

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВОЛИНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЛЕСІ УКРАЇНКИ**

Кафедра геодезії, землевпорядкування та кадастру

На правах рукопису

ПАВЛЮК СЕРГІЙ КОСТЯНТИНОВИЧ

**ДИСТАНЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ СТАНУ
ЗЕМЕЛЬНОГО ПОКРИВУ НПП ПРИП'ЯТЬ-СТОХІД**

Спеціальність: 193 Геодезія та землеустрій
Освітня програма Геодезія та землеустрій
Робота на здобуття другого (магістерського) освітнього рівня

Науковий керівник:
Іванчук Олег Михайлович
доктор технічних наук, професор

РЕКОМЕНДОВАНО ДО ЗАХИСТУ

Протокол №
засідання кафедри геодезії,
землевпорядкування і кадастру
Від . . 2024 р.

Завідувач кафедри
д.т.н., проф. А.В. Уль _____

ЛУЦЬК - 2024

Анотація

Павлюк С.К. *Дистанційний моніторинг стану земельного покриву НПП Прип'ять-Стохід. Кваліфікаційна робота на правах рукопису. –ВНУ імені Лесі Українки, МОН України, Луцьк, –2024. -43 с.*

В магістерській роботі розглянуто методологічні та практичні аспекти дистанційного моніторингу землекористувань та земельного покриву. Проведено аналіз літературних джерел, що стосуються досліджень змін земельного покриву. Досліджено стан земельного покриву НПП Прип'ять-Стохід на 2016 та 2024 роки. Зокрема, 21,95% (2835,42 га) територій змінились з лісу на трав'яну рослинність, тоді як зворотний процес — перехід трав'яної рослинності до лісів — становив 26,5% (3423,79 га). Це може свідчити про активну вирубку лісів та водночас про заходи з їх відновлення, такі як посадка молодих дерев на звільнених ділянках.

Варто також зазначити помітну зміну площ із чагарників у лісову рослинність, що склала 9,97% (1288,01 га). Це свідчить про природний процес дозрівання молодих лісів або переростання чагарників у високорослі насадження.

Ключові слова: *дистанційний моніторинг, google earth engine, землекористування, земельний покрив, динаміка змін.*

Annotation

Pavliuk S.K. *Remote monitoring of the state of land cover of the Prypiat-Stokhid NNP. Qualification work on the rights of manuscript. -Lesya Ukrainka National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Lutsk, -2024. -43 c.*

The master's thesis deals with methodological and practical aspects of remote monitoring of land use and land cover. An analysis of literature sources related to land cover change studies was carried out. The state of the land cover of the Prypiat-Stokhid NNP for 2016 and 2024 was studied. In particular, 21.95% (2835.42 ha) of the territories changed from forest to grass vegetation, while the reverse process - the transition of grass vegetation to forests - amounted to 26.5% (3423.79 ha). This may indicate active deforestation and, at the same time, restoration measures, such as planting young trees on vacated areas.

It is also necessary to note a noticeable change in the area from shrubs to forest vegetation, which amounted to 9.97% (1288.01 ha). This indicates the natural process of maturation of young forests or the growth of shrubs into tall plantations.

Keywords: remote monitoring, google earth engine, land use, land cover, dynamics of changes.

ЗМІСТ

Вступ	5
РОЗДІЛ 1. дистанційне зондування землі у завданнях дослідження земельного покриву	7
1.1. Дистанційне зондування землі та його типи.....	7
1.1.1. Галузі застосування дистанційного зондування	8
1.1.2. Обробка даних дистанційного зондування	8
1.2. Історичні аспекти дослідження змін земельного покриву	9
1.3. Огляд літератури з дослідження змін земельного покриву	12
РОЗДІЛ 2. Дослідження землекористування/земного покриву з використанням методів дистанційного зондування та ГІС	14
2.1. дослідження землекористування/земного покриву за даними ДЗЗ	16
2.2. Класифікація систем ДЗЗ	18
2.2.1. Класифікація систем ДЗЗ за типом носія	19
2.3. Глобальні набори даних про стан земельного покриву	22
2.4. Загальні відомості про КА Sentinel-2	29
РОЗДІЛ 3. Дистанційний моніторинг НПП «Прип'ять-стохід»	31
3.1. Загальні відомості про НПП «Прип'ять-стохід»	31
3.2. дані дзз та їх аналіз	32
Висновки	40
Список використаних джерел.....	42

Вступ

Актуальність теми.

Людська діяльність є ключовим фактором змін поверхні Землі, оскільки вона використовується для вирощування продовольства, видобутку енергії та розвитку міст. У результаті антропогенні впливи суттєво змінюють біофізичні характеристики поверхні. Зокрема, трансформація природних екосистем у сільськогосподарські є однією з основних змін, які впливають на існуючі природні системи. Карти землекористування та земельного покриття відіграють важливу роль у розумінні взаємодії між людськими та екологічними системами. Вони також є важливими інструментами для екологічного моделювання та управління водними ресурсами.

Актуальність цього дослідження зумовлена тим, що земельні ресурси є основним природним капіталом для людства. Тому важливо моніторити та аналізувати зміни у землекористуванні та покритті землі, щоб забезпечити раціональне планування територій, сталий розвиток та збереження біорізноманіття.

Технології дистанційного зондування надають великий обсяг інформації про земельний покрив і землекористування, що відкриває можливості для впровадження цифрових методів аналізу. Це сприяє точнішому моніторингу змін, покращенню рішень у сфері збереження земельних ресурсів, зниженню антропогенного впливу, підвищенню економічної стійкості регіонів і створенню умов для швидкого аналізу великих масивів даних. Отже, дослідження картографування змін земельного покриття та землекористування із застосуванням цифрових методів навчання є надзвичайно важливим у сучасній геоінформації та управлінні земельними ресурсами.

Об'єкт дослідження є структура земельного покриття та землекористувань НПП Прип'ять-Стохід

Предмет дослідження аналіз зміни структури земельного покриття НПП Прип'ять-Стохід за період з 2016 по 2024 роки.

Мета дослідження полягає в дослідженні можливості використання даних дистанційного зондування землі у поєднанні із хмарними сервісами Google Earth Engine для картографування змін земельного покриття та землекористування.

Мета цієї роботи передбачає виконання наступних **завдань**:

- Огляд наукової літератури та аналіз попередніх досліджень з теми дослідження.
- Зібрати та обробити дані дистанційного зондування землі для території НПП Прип'ять-Стохід.
- Застосувати набори глобальних даних стану земельного покриття для картографування змін земельного покриття та землекористування.
- Порівняти результати змін земельного покриття та землекористування за 2016-2024 роки.
- Встановити основні зміни класів в межах території НПП Прип'ять-Стохід

Методи дослідження — під час виконання роботи використовувались методи спостереження, аналізу, синтезу, дедукції, моделювання, збору інформації, її обробки.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані результати можуть бути використані для розробки подальших рішень щодо сталого землекористування в межах НПП Прип'ять-Стохід а також розробки заходів щодо усунення впливу негативних явищ.

Структура і обсяг роботи - Випускна кваліфікаційна робота складається із вступу, 3 розділів, висновків, списку використаних джерел, що містить 48 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 45 сторінок основного тексту, у тому числі 2 таблиці та 9 рисунків.

РОЗДІЛ 1. ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ У ЗАВДАННЯХ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗЕМЕЛЬНОГО ПОКРИВУ

1.1. ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ТА ЙОГО ТИПИ

Одним із головних викликів сучасного екологічного моніторингу є отримання достовірних даних про стан навколишнього середовища. Використання штучних супутників Землі є перспективним методом дослідження поверхні нашої планети та атмосфери.

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) — це безконтактний метод отримання інформації про об'єкти на поверхні Землі, її атмосферу, океани та верхні шари земної кори. Реєструючі пристрої знаходяться на значній відстані від об'єкта, а отримані дані ґрунтуються на залежності між параметрами випромінювання (власного чи відбитого) та характеристиками об'єкта.

Суть методу полягає в аналізі електромагнітного випромінювання, яке відбивається чи випромінюється об'єктом і фіксується спеціальними приладами. Цей метод дозволяє оцінювати фізичні та хімічні властивості об'єктів. Прикладами природних форм ДЗ є зір, нюх і слух людини. З технічних методів можна виділити фотографічну зйомку, хоча її обмеженням є чутливість фотоплівки лише до видимого або близького до нього спектра.

Матеріали дистанційного зондування, особливо космічні зйомки, забезпечують актуальну та об'єктивну інформацію про стан компонентів природного середовища, що робить їх основою для аналізу, картографування та прогнозування. Повторна зйомка через задані інтервали часу дозволяє вивчати динаміку змін середовища та створювати різні моделі.

У дистанційному зондуванні виділяють два напрями:

- Природничий, орієнтований на дослідження природних процесів і явищ.
- Інженерно-технічний, пов'язаний із розробкою і вдосконаленням методів реєстрації даних.

Результатом дистанційного зондування є двовимірні зображення (знімки), отримані з космосу або повітря, що відображають просторово-часові характеристики об'єктів. Метод аерокосмічного зондування, заснований на аналізі знімків, є найефективнішим для комплексного вивчення земної поверхні. Технології ДЗ сьогодні використовуються майже в усіх передових галузях, таких як екологія, геологія, сільське господарство, містобудування та безліч інших.

1.1.1. Галузі застосування дистанційного зондування

Геологія. Однією з перших сфер, де почали активно застосовувати зйомки з повітряних і космічних платформ, стала геологія. Дані ДЗ використовуються для розрізнення типів гірських порід, картографування великих геологічних структур, оновлення геологічних карт і пошуку свідчень про наявність корисних копалин.

Охорона навколишнього середовища. Це одна з ключових сфер використання ДЗ, де дані застосовуються для моніторингу видобутку корисних копалин, забруднення поверхневих вод і атмосфери, оцінки наслідків стихійних лих і впливу людської діяльності на екосистеми.

Водні ресурси. Технології ДЗ дозволяють визначати межі водних об'єктів, їх площі та об'єми, досліджувати каламутність і турбулентність вод, картографувати зони затоплення, а також вивчати динаміку зміни снігового покриву.

Сільське, лісове і мисливське господарство. Завдяки даним ДЗ фахівці можуть оцінювати типи та стан рослинності, площі посівів, визначати стан ґрунтів і пошкоджені ділянки, а також проводити інвентаризацію мисливських угідь.

Картографування і землекористування. Дані ДЗ застосовують для класифікації земель, оновлення карт, планування урбанізованих і сільських територій, картографування транспортних мереж і водосуші.

1.1.2. Обробка даних дистанційного зондування

Процес аналізу даних дистанційного зондування включає два ключові етапи:

Попередня обробка, що спрямована на усунення спотворень зображення (геометрична, радіометрична, спектральна та атмосферна корекція).

Тематична обробка, яка включає розпізнавання об'єктів і явищ за ознаками, отриманими зі знімків.

Етапи дешифрування даних:

- Вибір інформативних спектральних каналів.
- Корекція зображень та маскування дефектів.
- Аналіз локальних особливостей і напівавтоматичне дешифрування.
- Оцінка точності результатів.

Сучасні методи ДЗ забезпечують доступ до реальних даних у різних форматах. Це сприяє ефективному управлінню природними ресурсами, створенню тематичних карт і прийняттю рішень у таких сферах, як екологія, сільське господарство, лісове господарство та урбаністика.

1.2. ІСТОРИЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІН ЗЕМЕЛЬНОГО ПОКРИВУ

Земля визначається як місце, на якому здійснюється вся людська діяльність. Використання земельних ресурсів людьми призводить до «землекористування», яке варіюється залежно від цілей, яким воно слугує, чи то виробництво продуктів харчування, забезпечення житлом, рекреація, видобуток і переробка матеріалів, а також від біофізичних характеристик самої землі. Таким чином, землекористування формується під впливом двох широких груп сил - людських потреб і природних особливостей та процесів. Терміни «землекористування» і «грунтовий покрив» не є синонімами, і в літературі звертається увага на їх використання та зміни ґрунтового покриття. Земний покрив - це біофізичний стан відмінностей земної поверхні, що дозволяє використовувати їх належним чином у дослідженнях суші та безпосередніх надр [1]. Він описує фізичний стан земної поверхні, наприклад, орних земель, гір або лісів [2]. Земний покрив стосується кількості та типу поверхневої рослинності, води та ґрунтових матеріалів [3], тобто штучних споруд (будівель тощо), типу

матеріалу, що використовується в житловій структурі [4]. Термін «грунтовий покрив» спочатку означав тип рослинності, що вкриває поверхню землі, але згодом розширився до інших аспектів фізичного середовища, таких як ґрунти, біорізноманіття, поверхневі та ґрунтові води [2]. У зсувонебезпечних регіонах знищення лісів і рослинного покриву, що зв'язує верхній шар ґрунту, зростаючими темпами, а також перетворення лісових земель на сільськогосподарські та садівничі угіддя [5] призводить до змін у землекористуванні та ґрунтовому покриві.

За останні десятиліття розуміння змін у землекористуванні/земному покриві пройшло шлях від простоти до реалізму і складності. Спочатку дослідження стосувалися здебільшого фізичного аспекту змін, але згодом до порядку денного досліджень глобальних екологічних змін увійшли питання зміни клімату. Вчені зрозуміли, що процеси на поверхні землі впливають на клімат через зміни у землекористуванні/покриві. У середині 1970-х років було визнано, що зміна ґрунтового покриву змінює альбедо поверхні і, таким чином, енергетичний обмін між поверхнею і атмосферою, що впливає на регіональний клімат [6, 7]. Надалі було виявлено набагато ширший діапазон впливу змін у землекористуванні/покриві на екосистему, товари та послуги. Найбільше занепокоєння викликає вплив на біотичне різноманіття в усьому світі [8], деградація ґрунтів [8] і здатність біологічних систем задовольняти потреби людини [9, 10]. Історично склалося так, що люди змінювали землю для отримання необхідних для свого виживання ресурсів, але темпи експлуатації не були такими, як сьогодні. Нещодавні швидкі темпи експлуатації призвели до безпрецедентних змін в екосистемах та екологічних процесах на місцевому, регіональному та глобальному рівнях. Сьогодні зміни у землекористуванні/земному покриві охоплюють екологічні проблеми людства, включаючи зміну клімату, виснаження біорізноманіття та забруднення води, ґрунту і повітря. Сьогодні моніторинг та пом'якшення негативних наслідків змін у землекористуванні/земляному покриві з одночасним забезпеченням виробництва необхідних ресурсів стали головним пріоритетом для дослідників і

політиків у всьому світі [11]. Нестала людська діяльність стає ключовою екологічною проблемою, оскільки вона погіршує якість води у водоймах. Взаємозв'язок між землекористуванням та якістю води допомагає виявити загрози для якості води в річках [12] і формує розуміння того, що «доступ» до санітарії має вирішальне значення для виживання людини [4]. Існуюча література про дослідження землекористування/зміни ґрунтового покриву:- Людське населення та його землекористування перетворили більшу частину земної біосфери на антропогенні біоми. Така трансформація спричинила появу цілого ряду нових екологічних моделей і процесів, які були значними протягом більш ніж 8000 років [13]). Останнім часом питання, пов'язані зі змінами земельного покриву, викликають інтерес серед широкого кола дослідників - від прихильників моделювання просторово-часових моделей перетворення земель до тих, хто намагається зрозуміти причини, вплив і наслідки [14, 15]. Землекористування впливає на земний покрив, а зміни в земному покриві впливають на землекористування. Однак зміна одного з цих факторів не обов'язково є результатом іншого. Зміни в рослинному покриві внаслідок землекористування не обов'язково означають деградацію земель. Однак багато змін у структурі землекористування, спричинених різними соціальними причинами, призводять до змін у ґрунтовому покриві. Ці зміни впливають на біорізноманіття, водний і радіаційний баланси та інші процеси, які в сукупності впливають на клімат і біосферу [16]. Людська діяльність, яка в основному зумовлена соціально-економічними факторами, призводить до змін на незабудованих і забудованих землях, незважаючи на обмеження, зумовлені фізичними умовами [17]. Зміна землекористування, включаючи трансформацію земель з одного типу в інший і модифікацію ґрунтового покриву через управління землекористуванням, змінила значну частину земної поверхні. Мета полягає в тому, щоб задовольнити нагальні потреби людства в природних ресурсах [10]. Глобальні зміни в лісах, сільськогосподарських угіддях, водних шляхах і повітрі зумовлені необхідністю забезпечити їжею, клітковиною, водою і житлом понад шість мільярдів людей. За останні десятиліття площі орних

земель, пасовищ, плантацій і міських територій у світі збільшилися. Це розширення супроводжується значним збільшенням споживання енергії, води та добрив, а також значними втратами біорізноманіття [18]. Земний покрив може змінюватися під впливом інших сил, окрім антропогенних. Наприклад, природні явища, такі як погодні умови, повені, пожежі, кліматичні коливання та зміни екосистем, також можуть ініціювати зміни ґрунтового покриву. Існують також випадкові впливи на ґрунтовий покрив інших видів людської діяльності, таких як ліси та озера, пошкоджені кислотними дощами внаслідок спалювання викопного палива, та посіви поблизу міст, пошкоджені тропосферним озоном внаслідок автомобільних вихлопів.

1.3. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ З ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІН ЗЕМЕЛЬНОГО ПОКРИВУ

Тобіас Куммерле [19] спостерігав перетворення орних земель на пасовища в повіті Арджеш в Румунії, що він пов'язує зі швидкими змінами соціально-економічних, демографічних та інституційних умов після 1989 року. Аналогічно, Браун [20] стверджує, що нещодавні зміни у землекористуванні домінували у втраті сільськогосподарських земель. Зокрема, у східному Китаї відбулося безпрецедентне перетворення орних земель на забудову після швидкої індустріалізації. У той час як Кебром Текле [21] вказував про збільшення площі відкритих територій і поселень за рахунок чагарників і лісів за двадцять вісім років (між 1958 і 1986 роками) в окрузі Калу, Південний Велло, Ефіопія. Аналогічно, Войєн [22] повідомляє про збільшення кількості садіб у дослідженнях, проведених у центральному нагір'ї, протягом 1957-1986 років, пояснюючи це зростанням щільності населення. Марк і Кудакваше [23] у своєму дослідженні в районі Шуругві в провінції Мідлендс у Зімбабве спостерігали збільшення площі орних земель. Він пов'язує це збільшення з Програмою земельної реформи та переселення. Великі площі лісів були розчищені для різних видів діяльності, пов'язаних з сільським господарством, таких як відкриття нових фермерських ділянок, заготівля деревини для палива, стовпів для будівництва

будинків і загонів для худоби, серед іншого. Площа забудови навколо водойм у місті Давангере, штат Карнатака, Індія, майже подвоїлася між 1970 і 2005 роками за рахунок сільськогосподарських угідь і чагарників [24].

Пракасам [25] вивчав зміни землекористування/земного покриву за 40 років у талуку Кодайканал, штат Тамілнад (Tamil Nadu) . У цьому дослідженні спостерігалися значні зміни: площа забудованих земель і ріллі збільшилася, тоді як площа лісів і водних об'єктів зменшилася. Джавед і Хан [26] вивчали зміни рослинного покриву в землекористуванні внаслідок гірничодобувної діяльності з 2001 по 2010 рік. Дослідження показало, що спостерігається значне зменшення площі густих лісів, оброблюваних земель та водних об'єктів, проте площі населених пунктів, пустирів та необроблюваних земель збільшилися, головним чином, через антропогенну діяльність.

РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ/ЗЕМНОГО ПОКРИВУ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ТА ГІС

Для того, щоб оптимально використовувати землю, необхідно мати інформацію про існуюче землекористування та земний покрив (Land Use and Land Cover (LULC)). Важливо також мати можливість моніторингу динаміки землекористування, що зумовлена як зміною потреб населення, яке зростає, так і силами природи, які формують ландшафт. Земля перебуває у стані безперервної трансформації в результаті різних природних і антропогенних процесів. Вивчення просторово-часових закономірностей внутрішньо- та міжміських форм і розуміння еволюції міських систем все ще залишаються основними завданнями в урбаністичних дослідженнях.

Тому інформація про зміни необхідна для оновлення карт ґрунтового покриву та управління природними ресурсами [26].

Виявлення змін у землекористуванні/земному покриві - це процес визначення відмінностей у стані об'єкта або явища шляхом спостереження за ним у різний час [27]. Виявлення змін є важливим процесом у моніторингу та управлінні природними ресурсами і міським розвитком, оскільки він забезпечує кількісний аналіз просторового розподілу популяції, яка нас цікавить. У роботі [28] перелічують чотири аспекти виявлення змін, які є важливими при моніторингу природних ресурсів. Вони включають: по-перше, виявлення змін, що відбулися; по-друге, визначення характеру змін; по-третє, вимірювання площі змін і, нарешті, оцінку просторової структури змін. Основою використання даних дистанційного зондування для виявлення змін є те, що зміни в рослинному покриві призводять до змін у значеннях радіації, які можна виміряти за допомогою дистанційного зондування. Методи виявлення змін за допомогою супутникових знімків стали численними завдяки зростаючій універсальності маніпуляцій з цифровими даними та збільшенню потужності комп'ютерів.

Традиційні наземні методи картографування землекористування є трудомісткими, довготривалими і виконуються нечасто. Ці карти швидко застарівають з плином часу в умовах швидких змін у навколишньому середовищі. В останні роки були розроблені методи супутникового дистанційного зондування, які довели свою величезну цінність для підготовки точних карт землекористування/земного покриву та моніторингу змін через регулярні проміжки часу. Незважаючи на проблеми просторової та спектральної неоднорідності міського середовища, дистанційне зондування є підходящим джерелом достовірної інформації про численні аспекти міського середовища [29, 30]. Таким чином, для аналізу драматичних змін у землекористуванні/земному покриві на глобальному, континентальному та місцевому рівнях, а також для подальшого вивчення масштабів майбутніх змін, важливу роль відіграє поточна геопросторова інформація про моделі та тенденції землекористування/земного покриву.

Знімки дистанційного зондування забезпечують ефективний засіб отримання інформації про часові тенденції та просторовий розподіл міських територій, необхідної для розуміння, моделювання та прогнозування земельних змін [31]. У випадку важкодоступних регіонів цей метод є чи не єдиним способом отримання необхідних даних з мінімальними витратами коштів і часу [32]. На відміну від аерофотознімків, супутникові знімки здатні забезпечити більш частий збір даних на регулярній основі. Хоча аерофотозйомка може забезпечити більш геометрично точні карти, але вона обмежена за обсягом покриття та витратами. Важливість техніки дистанційного зондування була усвідомлена Олорунфемі в 1983 році, коли він використовував традиційний метод зйомки, тобто аерофотозйомку, для моніторингу міського землекористування в країнах, що розвиваються, на прикладі міста Ілорін в Нігерії.

Пристрій дистанційного зондування реєструє реакцію, яка базується на багатьох характеристиках поверхні землі, включаючи природний і штучний покрив. Інтерпретатор використовує елементи тону, текстури, візерунку, форми, розміру, тіні, ділянки та асоціації для отримання інформації про земельний

покрив. Генерування даних/зображень дистанційного зондування різними типами датчиків, що летять на борту різних платформ на різній висоті над місцевістю і в різний час доби і року, не призводить до створення простої системи класифікації. Часто вважається, що жодна класифікація не може бути використана з усіма типами знімків і в усіх масштабах. Успішна спроба розробити схему класифікації загального призначення, сумісну з даними дистанційного зондування, була здійснена Андерсоном у 1976 році, яку також називають схемою класифікації Геологічної служби США (United States Geological Survey, USGS).

2.1. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ/ЗЕМНОГО ПОКРИВУ ЗА ДАНИМИ ДЗЗ

З моменту запуску першого супутника дистанційного зондування Землі (Landsat-1) у 1972 році дослідження землекористування/земного покриву проводилися в різних масштабах для різних користувачів. Наприклад, картографування відпрацьованих земель Індії було виконано NRSA в масштабі 1:1 мільйон 55 з використанням даних мультиспектрального сканера Landsat 1980-82 років. На основі дослідження було оцінено близько 16,2% відпрацьованих земель. Згодом, в результаті низки досліджень, було встановлено, що тематичний картограф Landsat є адекватним для загального екстенсивного синоптичного покриття великих територій. Як наслідок, це зменшує потребу в дорогих і трудомістких наземних дослідженнях, що проводяться для перевірки даних.

Комісія штату Меріленд з планування ресурсів охорони здоров'я використовувала дані Landsat TM для створення набору даних про земний покрив для включення в базу даних географічної інформації штату Меріленд (MAGI). У 1985 році Геологічна служба США також здійснила дослідницьку програму зі створення карт земного покриву масштабу 1:250 000 для Аляски з використанням даних Landsat MSS (Fitzpatrick et al. 1987). Для створення карти земного покриву з 21 класом використовувалися всі сім діапазонів TM (EOSAT,

1992). Департамент природних ресурсів штату Джорджія у 1992 році використав дані тематичного картографа Landsat для завершення картографування всього штату Джорджія з метою виявлення та кількісної оцінки водно-болотних угідь та інших типів земного покриву [33]. Аналогічно, Комісія з охорони земельних ресурсів штату Південна Кароліна склала детальну карту ґрунтового покриву, що складається з 19 класів, на основі різночасових і різноспектральних даних ТМ [34].

В Індонезії для аналізу структури землекористування/земляного покриву було здійснено поєднання даних MSS Landsat і карти землекористування [34] з використанням методів дистанційного зондування для розрахунку індексу змін. Це було зроблено шляхом накладання зображень землекористування/земного покриву 1972, 1984 років і карт землекористування 1990 року. У своїй оцінці змін у землекористуванні та ґрунтовому покриві в басейні річки Сокото-Ріма на північному заході Нігерії [35] використовували методи дистанційного зондування та ГІС для вивчення змін у двох греблях (Сокото і Гуроньо) між 1962 і 1986 роками. Робота показала, що класи землекористування/земляного покриву змінилися, але при цьому поселення все ще залишаються найбільшими.

В Індії Національне агентство дистанційного зондування (NRSA) Департаменту космічного простору в рамках Національної міської інформаційної системи (NUIS) використало об'єднані супутникові дані Cartosat-1, Resourcesat-1 та LISS-VI+PAN для створення тематичного картографування міського землекористування на національному рівні в масштабі 1:10 000 564 міст/містечок, включаючи столиці штатів та союзних територій; 23 міста з населенням понад мільйон осіб; міста NCR; та по одному місту кожного класу (від класу I до класу VI) з кожного штату. Для цього картографування міського землекористування було розроблено стандарт класифікації.

Для цього картографування міського землекористування було розроблено стандарт класифікації з ієрархічно розташованими класами, інформативність яких зростає від рівня I до рівня V. Класифікація також складається з певних

класів земного покриття до рівня II, призначених для розміщення класів сільської місцевості, що знаходяться в межах адміністративних кордонів міста.

На рівні I землекористування включає забудову, сільське господарство, ліси, пасовища/пустки, водно-болотні угіддя, водні об'єкти, інші. На рівні II забудована територія класифікується на забудовану міську та сільську, і на цьому ж рівні сільське господарство, ліси, пасовища/пустища, водно-болотні угіддя, водні об'єкти та інші класифікуються на 3, 4, 5, 3, 7, 3 підкласи відповідно. На рівні-III забудована територія поділяється на житлову, промислову, змішану, рекреаційну, громадську та напівгромадську, комунікації, комунальні послуги та споруди, комерційну, транспортну, рекультивовану/пустуючу землю, рослинність/дерева. Аналогічно, на рівні IV житловий клас «Забудовані (міські) території» було класифіковано на житлові території з високою, середньою та низькою щільністю забудови, і на цьому ж рівні класи «Промислові, рекреаційні, громадські та напівгромадські території», «Комунікації, комунальні підприємства та споруди», «Комерційні, транспортні, меліоровані землі/пустирі» було класифіковано на 6, 10, 15, 4, 6, 8, 9, 1 класи відповідно.

У цьому дослідженні картографування землекористування/земного покриття міста Срінагар, Індія, було виконано із застосуванням вищезазначених стандартів класифікації землекористування, розроблених NRSA.

В Україні дослідженням земельного покриття присвячені роботи [36, 37], а також [38–40].

2.2. КЛАСИФІКАЦІЯ СИСТЕМ ДЗЗ

Аерокосмічну зйомку можна класифікувати за видами розрізнення й охоплення, за типом носія даних (фотографічні і цифрові), за принципом роботи сенсора (фотоефект, піроефект тощо), за способом формування (розгортки) зображення, за спеціальними можливостями (стереорежим, складна геометрія зйомки), за типом орбіти, з якої здійснюється зйомка, тощо.

2.2.1. Класифікація систем ДЗЗ за типом носія

За типом носіїв, що використовуються для систем ДЗЗ, їх поділяють на основні групи (рис. 7.1): *авіаційні* – літаки, гелікоптери, планери, мотодельтаплани, безпілотні літальні апарати, аеростати (дирижаблі та повітряні кулі), *космічні* – штучні супутники Землі та інших планет, орбітальні станції, міжпланетні апарати, *наземні та морські*.

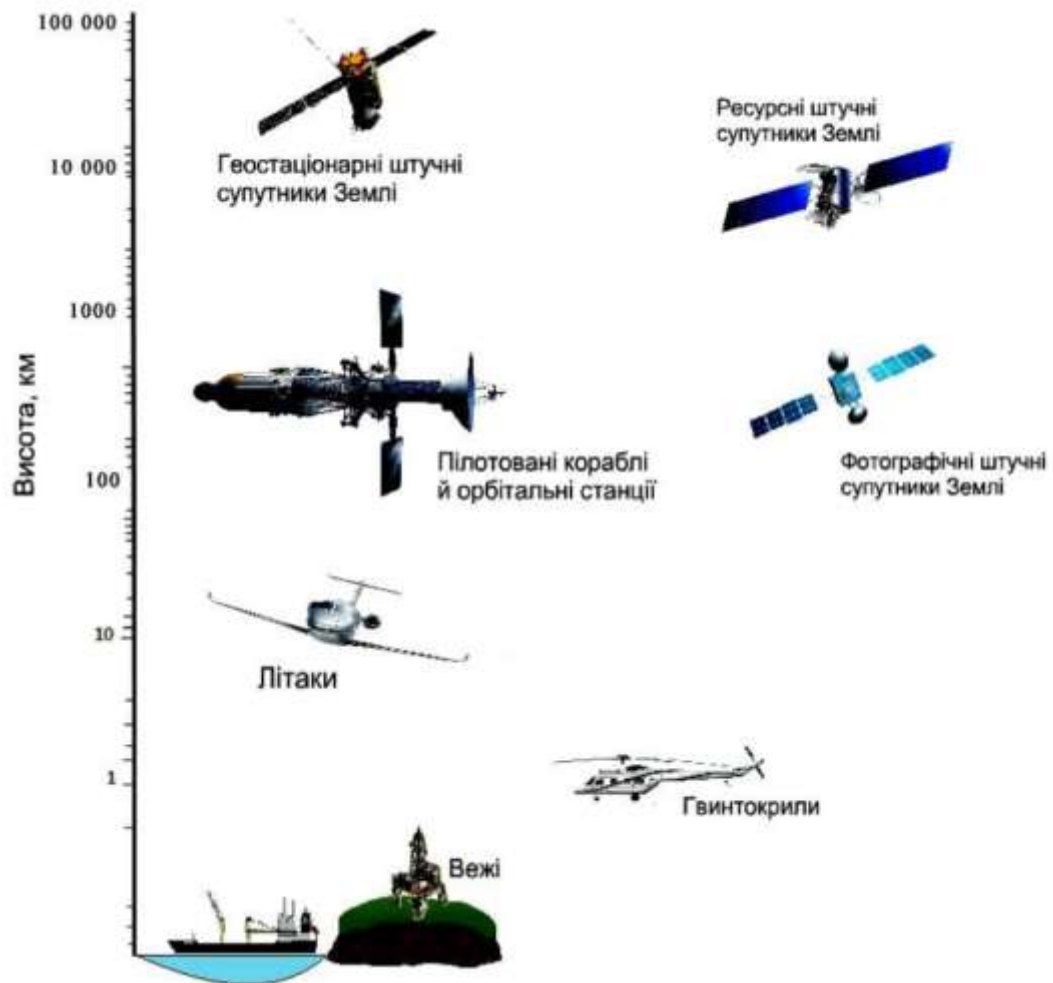


Рис. 2.1. Носії знімальних систем ДЗЗ

2.2.2. Класифікація систем ДЗЗ за видом використовуваної знімальної апаратур

За видом використовуваної знімальної апаратури розрізняють зйомки:

- фотографічні (photography);
- телевізійні (television, photovision);
- фототелевізійні (phototelevision);

- сканерні (scanner);
- радіолокаційні (radar, radiolocation);
- гідролокаційні (sounding);
- лазерні (laser, optical maser) та лідарні (lidar).

Фотографічна зйомка – фотографування поверхні в усьому видимому діапазоні спектра або певній його частині, а також в інфрачервоному діапазоні. Широко застосовується при повітряній та космічній зйомці з метою одержання даних для створення та оновлення карт.

Телевізійна зйомка ("теле" – "далеко", а "візі" – "бачення") – отримання зображень місцевості на електронно-променевій трубці з наступним фотографуванням чи передачею аналоговими чи цифровими радіолініями на наземні пункти.

Телевізійна зйомка використовує головним чином видимий діапазон спектра і ближній ІЧ діапазон 0,8–1,1 мкм. Особливістю телезйомки порівняно з фотозйомкою є те, що зображення земної поверхні проектується не на фотошар, а на приймальний пристрій – відікон.

Зображення відтворюється в режимі реального часу як безпосередньо на екрані приймача, так і з магнітних цифрових записів. Розрізнення телевізійних знімальних систем невисоке, тому їх використовують для розв’язання оглядових завдань, наприклад, оцінювання результатів стихійних явищ, повеней, катаклізмів тощо.

Телевізійні системи бувають:

- сканерного типу – розгортка зображення по рядку здійснюється електронним способом;
- кадрового типу – розгортка зображення по рядку здійснюється за рахунок переміщення носія.

Досить поширена багатозональна зйомка, що виконується у вузьких спектральних діапазонах.

Сканерна зйомка – зйомка поверхні за допомогою оптичних або багатоспектральних пристроїв – сканерів. Відмінність таких пристроїв від

звичайних фотокамер полягає в тому, що сканер, рухаючись уздовж або поперек маршруту зйомки, фіксує відбиття променя від поверхні і спрямовує його до об'єктива.

Під час зйомки поверхні за допомогою сканера формується зображення з окремих елементів (пікселів), кожному з яких відповідає яскравість випромінювання ділянки поверхні.

Радарна зйомка – активний метод зйомки, заснований на випромінюванні в напрямку поверхні зйомки сигналу та прийому його відбиття. Зазвичай радарна зйомка здійснюється в радіодіапазоні за допомогою локаторів бокового обстеження (ЛБО). Перевагою цього методу є можливість виконання знімків у темну пору доби та незначний вплив на нього погодних умов: туману, хмарності. Радарна зйомка використовується для визначення форми поверхні (рельєфу) та вивчення її геологічної структури.

Теплова зйомка відбувається в ІЧ діапазоні і заснована на фіксації теплового випромінювання поверхні та об'єктів, зумовленого сонячним випромінюванням або ендегенними процесами та виявленні аномалій. Теплова зйомка дозволяє виявляти елементи гідрографії, вивчати геологічну структуру поверхні, льодовий стан, вулканічну діяльність, температурну неоднорідність водного середовища, виявляти рельєф дна тощо.

Спектрометрична зйомка – вимірювання відбивної здатності поверхні чи шарів речовини. Проводиться в мікрохвильовому, видимому та ближньому ІЧ діапазоні.

Виділення робочих зон спектра (монохроматизація випромінювання) в спектрорадіометрах виконується за допомогою призм, дифракційних решіток, інтерференційних світлофільтрів. Комплексний аналіз даних, отриманих у кількох спектральних інтервалах, дозволяє істотно підвищити інформативність зйомки. Можна виділити такі переваги спектрорадіометрів:

- можливість роботи у всьому оптичному діапазоні спектра;
- широкий динамічний діапазон (реєстроване випромінювання може змінюватись в інтервалі $1 \cdot 10^4$ і більше (у фотоплівки $\sim 10^2$);

- можливість роботи у вузьких інтервалах спектра (до кількох нанометрів; у фотоплівки спектральний інтервал, що реєструється, ~ 100 нм);
- реєстрація даних у форматі, сумісному з комп'ютером.

Лазерна (лідарна) зйомка – активна зйомка поверхні шляхом безперервної фіксації відбиття від поверхні, яка опромінюється монохроматичним лазерним випромінюванням з фіксованою довжиною хвилі.

Лідарна зйомка ведеться з носіїв з невеликою висотою польоту. Застосовується для вивчення нижніх шарів атмосфери, виявлення концентрації певних елементів та з'єднань.

Окремо виділяють аероспектрометрування (aerial spectrophotometry, aerial radiometry), яке являє собою реєстрацію за допомогою спектрографів спектральної яскравості (spectral brightness, spectral radiance) певної поверхні вздовж напрямку руху літального апарата.

2.3. ГЛОБАЛЬНІ НАБОРИ ДАНИХ ПРО СТАН ЗЕМЕЛЬНОГО ПОКРИВУ

2.3.1. Copernicus CORINE

Copernicus CORINE (coordination of information on the environment) Land Cover (CLC) [41] була започаткована в 1985 році для стандартизації збору даних про землю в Європі для підтримки розробки екологічної політики. Проект координується Європейським агентством з навколишнього середовища (ЕЕА) в рамках програми ЄС Copernicus і виконується національними командами. Кількість країн-учасниць з часом зросла, включаючи 33 країни-члени (ЄЕЗ) і шість країн-учасниць (ЄЕЗ39) із загальною площею понад 5,8 млн км².

CLC2018 — це один із наборів даних, створених у рамках програми Corine Land Cover, що стосується стану землекористування та ґрунтового покриття за 2018 рік. Базовим роком першої інвентаризації CLC був 1990 рік, а перше оновлення було створено у 2000 році. Пізніше цикл оновлення виконували щод 6 років. Супутникові зображення забезпечують геометричну та тематичну основу для картографування з використанням даних на місці як важливої допоміжної

інформації. Основні технічні параметри CLC (тобто 44 класи в номенклатурі, 25 гектарів мінімальної одиниці картування (MMU) і 100 метрів мінімальної ширини картування) не змінилися з самого початку, тому результати різних інвентаризацій можна порівняти.

Період часу, охоплений кожним активом, становить:

1990 актив: з 1989 по 1998 рік

2000 актив: 1999-2001

2006 актив: 2005-2007

2012 актив: 2011-2012

2018 актив: 2017-2018

2.3.2. GlobCover

GlobCover v2.2 стала великим успіхом для ESA та її партнерів [42]. Ініціатива була започаткована в рамках Data User Element (DUE) і завершилася в жовтні 2008 року створенням найчіткішої на сьогоднішній день (300 м) глобальної карти земного покриву, що має LCCS-сумісну легенду з 22 інформаційними класами. Спільнота користувачів GlobCover налічує 4800 зареєстрованих користувачів з різних дисциплін, що доводить потребу та інтерес до глобальних продуктів для покриття земель. Паралельно було оприлюднено, що регулярне оновлення інформації про земельний покрив має важливе значення для кращого розуміння поточних процесів, які впливають на динаміку використання земельного покриву. У зв'язку з цим, в рамках GlobCover ESA підкреслило необхідність побудови і демонстрації використання систем, здатних обробляти великі обсяги даних і створювати глобальні інформаційні карти без будь-якого серйозного втручання людини. Це уможливить майбутні ланцюжки plug-and-get і полегшить рутинне виробництво карт. В результаті, було прийнято рішення про продовження GlobCover для створення оновленої глобальної карти земного покриву на 2009 рік. Ґрунтуючись на досвіді, отриманому під час GlobCover v2.2, а також на інфраструктурі, яка була побудована, ESA проводить подальшу розробку GlobCover.

2.3.3. WorldCover

У постійно мінливому середовищі потреба в точній, своєчасній інформації з високою роздільною здатністю про землекористування/земний покрив та його зміни надзвичайно зросла. Однак до цього часу регіональні або континентальні карти земного покриву або використовували як вхідні дані зображення з низькою роздільною здатністю (>100 м), або ґрунтувалися виключно на даних оптичного спостереження Землі з високою роздільною здатністю, таких як Sentinel-2 або Landsat. Використання даних радіолокаційних супутників, таких як Sentinel-1, для створення карт ґрунтового покриву великих територій все ще перебуває на початковій стадії.

З цією метою, натхненне конференцією WorldCover 2017 року, Європейське космічне агентство (ЄКА) ініціювало проєкт WorldCover [43]. Ключовим результатом цього проєкту став випуск у жовтні 2021 року у вільному доступі глобального продукту ґрунтового покриву з роздільною здатністю 10 м за 2020 рік на основі даних Sentinel-1 і Sentinel-2, що містить 11 класів ґрунтового покриву і пройшов незалежну перевірку з загальною глобальною точністю близько 75%.

Отримавши позитивні відгуки від користувачів, ЄКА вирішило продовжити проєкт WorldCover і звернулося до консорціуму WorldCover з проханням підготувати нову версію продукту за 2021 рік з ще вищою якістю. Ця нова карта WorldCover за 2021 рік була випущена 28 жовтня 2022 року, і її загальна точність склала 76,7%.

Одночасний прогрес у великомасштабних хмарних обчисленнях та алгоритмах машинного навчання у високопродуктивних програмних фреймворках з відкритим вихідним кодом (наприклад, TensorFlow), а також розширення доступу до колекцій супутникових зображень через такі платформи, як Google Earth Engine відкрили нові можливості для створення глобальних наборів даних LULC з вищою просторовою роздільною здатністю та більшою часовою частотою, ніж будь-коли раніше.

2.3.4. Dynamic World

Dynamic World - це новий набір даних землекористування та ґрунтового покриття (LULC) [44] близьких до реального часу, створений за допомогою підходу моделювання глибокого навчання. Дана модель, яка була навчена з використанням комбінації зображень з ручними анотаціями та неконтрольованих методів, використовується для оперативного генерування прогнозів ймовірностей класів землекористування та ґрунтового покриття для нових та історичних зображень Sentinel-2 за допомогою хмарних обчислень на Earth Engine та Google Cloud AI Platform. Ці продукти, які отримали назву Dynamic World, доступні як колекція зображень Earth Engine, що постійно оновлюється, що дозволяє користувачам використовувати як ймовірності класу, так і багаточасові результати для відстеження динаміки LULC у NRT і створення спеціальних продуктів, що відповідають їхнім конкретним потребам.

Дана модель пропонує класифікацію зображень Sentinel 2 на 9 класів (Табл. 2.1).

Таблиця 2.1.

Класи набору даних Dynamic World V1

Ідентифікатор класу	Тип земельного покритву	Опис	Приклади
0	Вода	На зображенні присутня вода. Майже не містить розрідженої рослинності, скельних відслонень і забудованих об'єктів, таких як доки. Не включає землі, які можуть або раніше були покриті водою.	Річки Ставки та озера Океан Затоплені солончаки
1	Дерева	Будь-яке значне скупчення густої рослинності, як правило, із замкнутим або щільним пологом. Вищий і темніший, ніж навколишня рослинність (якщо оточений іншою рослинністю).	Лісиста рослинність Густі зелені чагарники Скупчення густої високої рослинності в межах саван Плантації, такі як яблука, банани, цитрусові та каучук Болото (густа/висока рослинність без явної води) Будь-який мікс з перерахованого вище Будь-які обпалені ділянки перераховані вище
2	Трава	Відкриті ділянки вкриті однорідними травами з невеликою кількістю рослинності або без неї. Інші однорідні ділянки трав'янистої рослинності (листки лопатевого типу), які виглядають інакше, ніж дерева та чагарники. Дикорослі злаки і трави без явного людського креслення (тобто не структуроване поле).	Природні луки та поля з рідкісним або відсутнім деревним покривом Відкрита савана практично без деревного покритву Парки, поля для гольфу, доглянуті людські газони, включаючи великі

			поля в міських умовах, такі як футбол і бейсбол. Прорізи дерев для ліній електропередач, газу і т.д. Пасовища Очерет і болота без явного затоплення
3	Затоплена рослинність	Ділянки будь-якого типу рослинності з явним перемішуванням води. Сезонно затоплювані ділянки, які є сумішшю трави/кущів/дерев/голої землі.	Затоплені мангрові зарості Поява рослинності
4	Сільсько-господарські угіддя	Посаджені людиною зернові, трави та зернові культури.	Кукурудза, пшениця, соя та ін. Сінокос і парові ділянки структурованих земель
5	Чагарники	Суміш невеликих скупчень рослин або окремих рослин, розсіяних по ландшафту, який показує відкритий ґрунт і скелі. Зарослі чагарниками галявини в густих лісах, які явно не вищі за дерева. Виглядають більш сірими/коричневими через менш щільний листовий покрив.	Помірний або розріджений покрив чагарників, кущів і пучків трави Савани з дуже рідкісними травами, деревами або іншими рослинами
6	Забудова	Скупчення споруд, створених людиною, або окремі дуже великі споруди, створені людиною. Містить промислову, комерційну та приватну забудову та пов'язані з ними автостоянки. Суміш житлових будинків, вулиць, газонів, дерев, ізольованих житлових споруд або будівель, оточених рослинним покривом землі. Основні автомобільні та залізничні мережі за межами переважаючих житлових районів.	Скупчення будинків може включати невеликі галявини або невеликі ділянки дерев Густонаселені села, містечко та міський пейзаж (будівлі та дороги разом) Скупчення доріг з твердим покриттям і великих автомагістралей Асфальт та інші рукотворні поверхні

		Великі однорідні непроникні поверхні, включаючи паркувальні споруди, великі офісні будівлі та житлові будинки, що містять скупчення тупиків.	
7	Відкритий ґрунт	Ділянки гірських порід або ґрунтів, що містять дуже рідкісну рослинність або її відсутність. Великі площі піску та пустелі без рослинності або з невеликою кількістю рослинності. Великі індивідуальні або щільні мережі ґрунтових доріг.	Оголена скеля Оголений ґрунт Пустеля і піщані дюни Сухі солончаки та солончаки Висохле дно озер Міни Великі порожні ділянки в міських районах
8	Сніг і лід	Великі однорідні ділянки з товстим снігом або льодом, як правило, тільки в гірських районах або в найвищих широтах. Великі однорідні площі снігопадів.	Льодовики Постійний сніговий покрив

2.4. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО КА SENTINEL-2

Sentinel-2 (англ. Sentinel-2) - місія дистанційного зондування Землі, реалізована Європейським космічним агентством (ESA) у рамках програми "Коперник", спрямована на дистанційне спостереження і підтримку таких послуг, як моніторинг лісів, виявлення змін покриву Землі та відстеження наслідків стихійних лих. Місія складається з двох ідентичних супутників - Sentinel-2A і Sentinel-2B. Основні характеристики місії Sentinel-2 включають:

1. Мультиспектральні дані в 13 діапазонах: видимому, близькому інфрачервоному та інфрачервоному короткохвильовому спектрі.
2. Систематичне покриття поверхні Землі від 56° S до 84° N, узбережжя та всього Середземного моря.
3. Проходить ті самі зони кожні 5 днів під однаковими кутами огляду, з перекриттям високих широт, що дозволяє спостерігати деякі регіони двічі або більше разів кожні 5 днів, але під різними кутами огляду.
4. Роздільна здатність в 10 м, 20 м і 60 м.
5. Поле зору 290 км.
6. Безкоштовний та відкритий доступ до даних. [45]

Для забезпечення постійної відвідуваності і доступності місії заплановано два ідентичних супутники Sentinel-2 (Sentinel-2A і Sentinel-2B), які працюють синхронно. Орбіта має сонячно-синхронний режим на висоті 786 км, 14.3 обертання на день, з вузлом орбіти о 10:30 ранку. Цей місцевий час обраний для мінімізації покриття хмарами та забезпечення достатнього освітлення Сонцем, що сприяє поєднанню даних Sentinel-2 з історичними знімками для створення довгострокових послідовностей. Кожен супутник Sentinel-2 оснащений мультиспектральним приладом (MSI) з 13 спектральними каналами у видимому, близькому інфрачервоному (VNIR) і інфрачервоному з короткими хвилями (SWIR) спектральних діапазонах (Табл. 2.2). Характеристика смуг зображень Sentinel-2 представлена в додатку 1.

Камера MSI використовує концепцію поздовжнього сканера та має високу роздільну здатність і спектральні характеристики, необхідні для вимірювань. Діафрагма камери має діаметр 150 мм, конструкція включає тридзеркальний антистигмат з фокусною відстанню близько 600 мм, а кути зору становлять приблизно 21 градус на 3.5 градуси. Дзеркала виготовлені з карбїду кремнію, що застосовується в місії Gaia.

Таблиця 2.2.

Характеристика смуг знімальної системи КА Sentinel - 2

Смуги Sentinel-2	Центральна довжина хвилі (μм)	Роздільна здатність (м)	Ширина смуги (нм)
Смуга 1 — Прибережні аерозолі	0.443	60	20
Смуга 2 — Синій	0.490	10	65
Смуга 3 — Зелений	0.560	10	35
Смуга 4 — Червоний	0.665	10	30
Смуга 5 — Вегетаційний червоний край	0.705	20	15
Смуга 6 — Вегетаційний червоний край	0.740	20	15
Смуга 7 — Вегетаційний червоний край	0.783	20	20
Смуга 8 — NIR	0.842	10	115
Смуга 8A — Вузкий NIR	0.865	20	20
Смуга 9 — Водяна пара	0.945	60	20
Смуга 10 — SWIR — Cirrus	1.375	60	20
Смуга 11 — SWIR	1.610	20	90
Смуга 12 — SWIR	2.190	20	180

РОЗДІЛ 3. ДИСТАНЦІЙНИ МОНІТОРИНГ НПП «ПРИП'ЯТЬ-СТОХІД»

3.1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО НПП «ПРИП'ЯТЬ-СТОХІД»

У 1980-х роках на території Любешівського району було створено декілька заказників. У 1995 році було створено регіональний ландшафтний парк «Прип'ять-Стохід», який об'єднав частину цих територій. 13 серпня 2007 року створено національний природний парк «Прип'ять-Стохід», який об'єднав усі заповідні об'єкти Любешівського району. Загальна площа парку становить 39315,5 га, з них 5961,93 га земель довгострокового користування. Північна межа національного парку проходить по кордону з Республікою Білорусь. Рельєф парку рівнинний з переважанням поверхонь акумуляції, клімат помірно-континентальний з м'якою вологою зимою та м'яким літом з невеликою кількістю опадів [1]. У заплавах Прип'яті і Стоходу переважають злакові і болотні ґрунти, в пониженнях надзаплавних терас - торфовища і торфовища, в моренних рівнинах-песандрах межиріччя - трав'яно-слабопідзолисті і трав'яно-піщані. На території національного парку багато боліт і висока густота річкової мережі. Русла найбільших річок Прип'яті та Стоходу розбиваються на кілька «рукавів», лабіринтів, з болотистими та піщаними островами. Зазвичай проголошенню створення національного парку або заповідної території передує створення одного або кількох об'єктів природно-заповідного фонду місцевого значення. У результаті велика атомна електростанція фактично поглинає раніше згенерований ПЗФ. Однак їх стан зазвичай зберігається.

До території національного природного парку «Прип'ять-Стохід» входять такі суб'єкти ПЗФ України:

Лісовий заказник місцевого значення "Дольський"

Лісовий заказник місцевого значення «Білоозерський»

Гідрологічний заказник місцевого значення "Рогізненьський"

Гідрологічний заказник місцевого значення «Цірський»

Гідрологічний заказник місцевого значення «Великоглушанський»

Гідрологічний заказник місцевого значення «Ветловський»
 Гідрологічний заказник місцевого значення «Бірківський»
 Гідрологічний заказник місцевого значення "Прип'ятський-1"
 Гідрологічний заказник місцевого значення "Прип'ятський-2"
 Гідрологічний заказник місцевого значення "Прип'ятський-3"
 Гідрологічний заказник місцевого значення "Ямно"
 Гідрологічний заказник місцевого значення «Гірківський»
 Природний рослинний релікт місцевого значення «Дуб групи-1»
 Природний рослинний релікт місцевого значення «Дуб групи-2»
 Природний рослинний релікт місцевого значення «Ліс-1»
 Природний рослинний релікт місцевого значення «Ліс-2»

3.2. ДАНІ ДЗЗ ТА ЇХ АНАЛІЗ

Для оцінки стану землекористувань нами було використано набір даних Dynamic World, доступні як колекція зображень Google Earth Engine, що дозволяє користувачам використовувати як ймовірності класу, так і багаточасові результати для відстеження динаміки LULC близько до реального часу, завдяки тому, що цей набір даних основний на даних ДЗЗ Sentinel-2. На основі цього набору даних кінцеві користувачі мають змогу створювати спеціальні продукти, що відповідають їхнім конкретним потребам та об'єктам.

Нами було запропоновано схему проведення досліджень (рис. 3.1) для різночасового аналізу стану земельного покриття та землекористувань (LULC) на територію НПП Прип'ять-Стохід.

В нашому випадку ми використали шейп-файл із межею НПП Прип'ять-Стохід для визначення області інтересу. В подальшому ми створили композити із 44 та 36 зображень Sentinel-2 на період літніх місяців у період з 01.07.2016 р по 01.09.2016 р та з 01.07.2024 р по 01.09.2024 р відповідно (рис. 3.2-3.3). По кожному з років було проаналізовано розподіл площ за кожним із класів (рис. 3.4). В подальшому, на основі композитного зображення із 1116 сцен Sentinel-2

було проаналізовано динаміку змін земельного покриття за період з 01.07.2016 року по 01.09.2024 року (рис. 3.5).

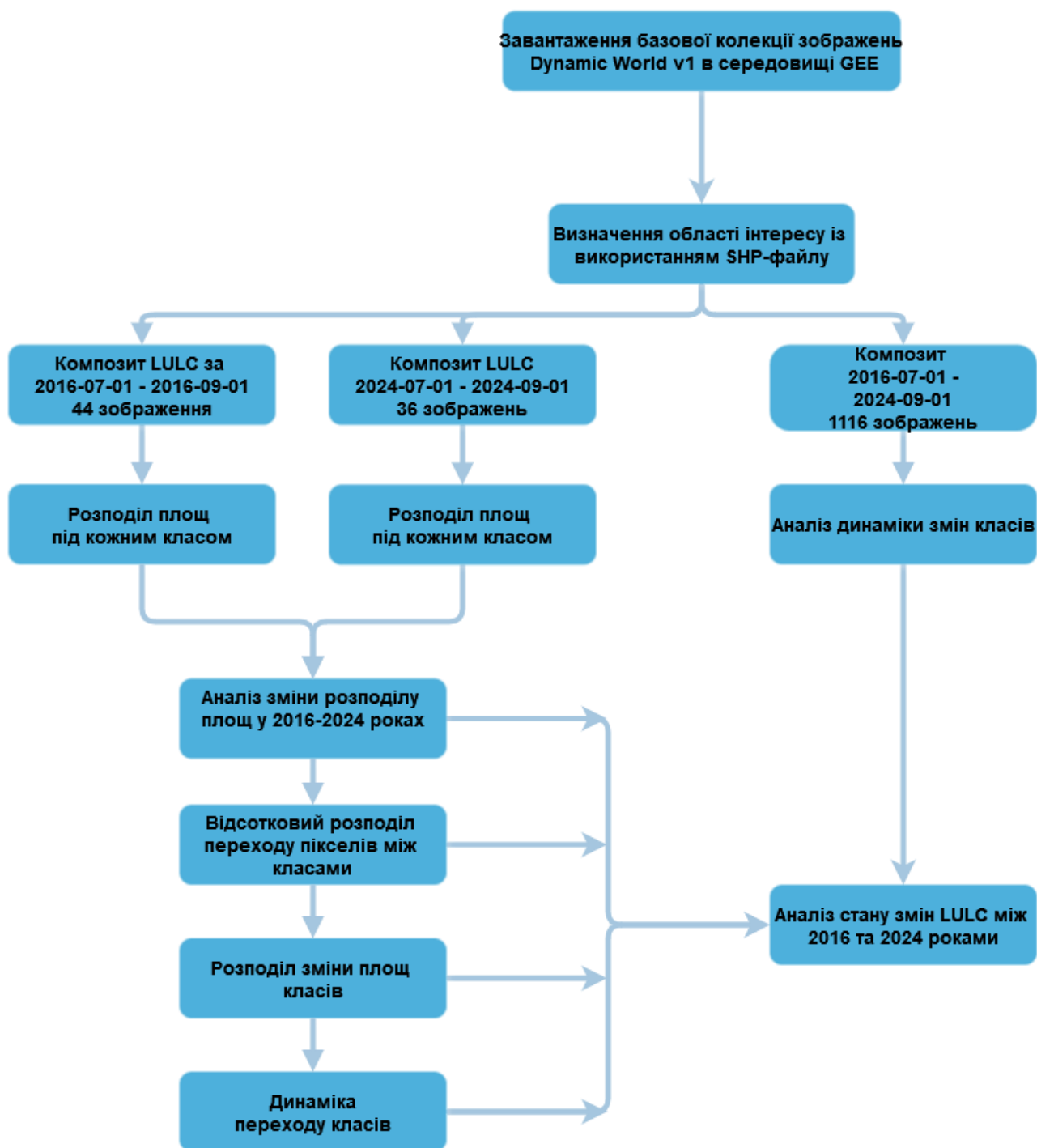


Рис. 3.1. Схема проведення дослідження

На основі отриманих композитних зображень за 2016 та 2024 роки було обчислено відсотковий розподіл переходу пікселів зображень між класами у вигляді матриці переходу, в якій було відображено лише пікселі, які змінили свій клас (рис. 3.6).

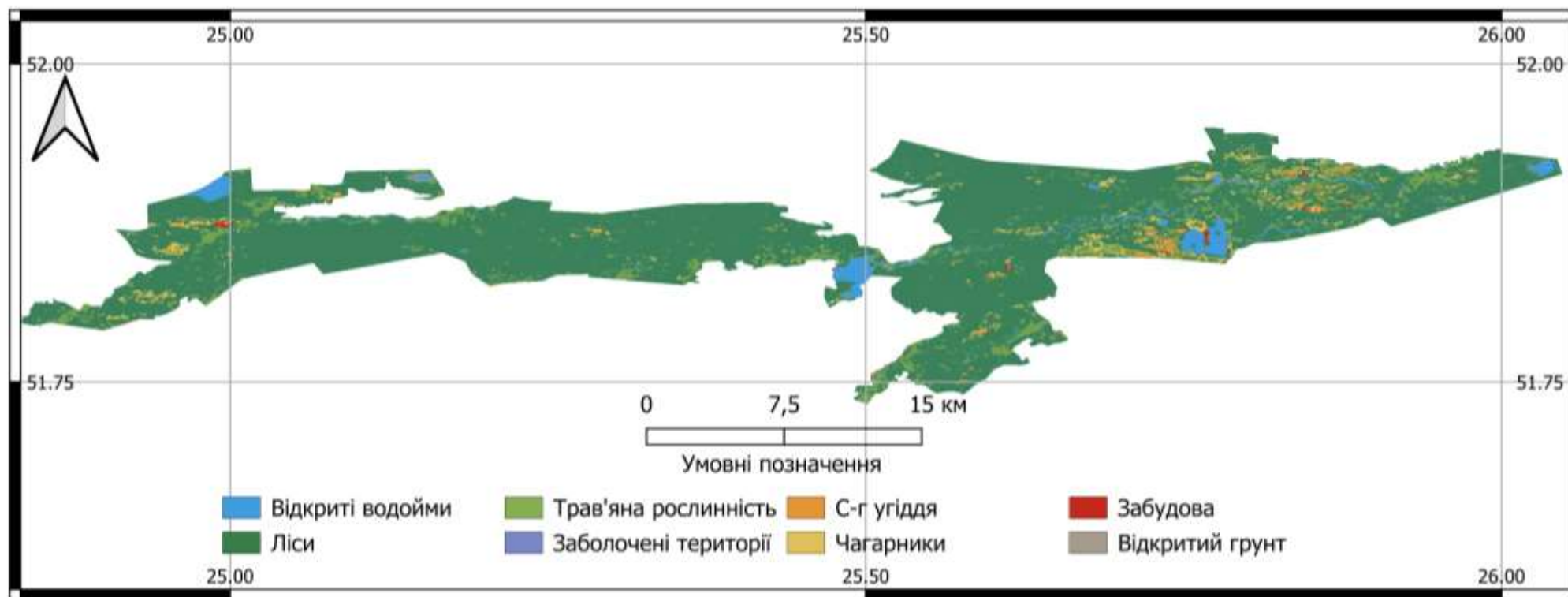


Рис. 3.2. Стан земельного покриву та землекористувань станом на 2016 рік.

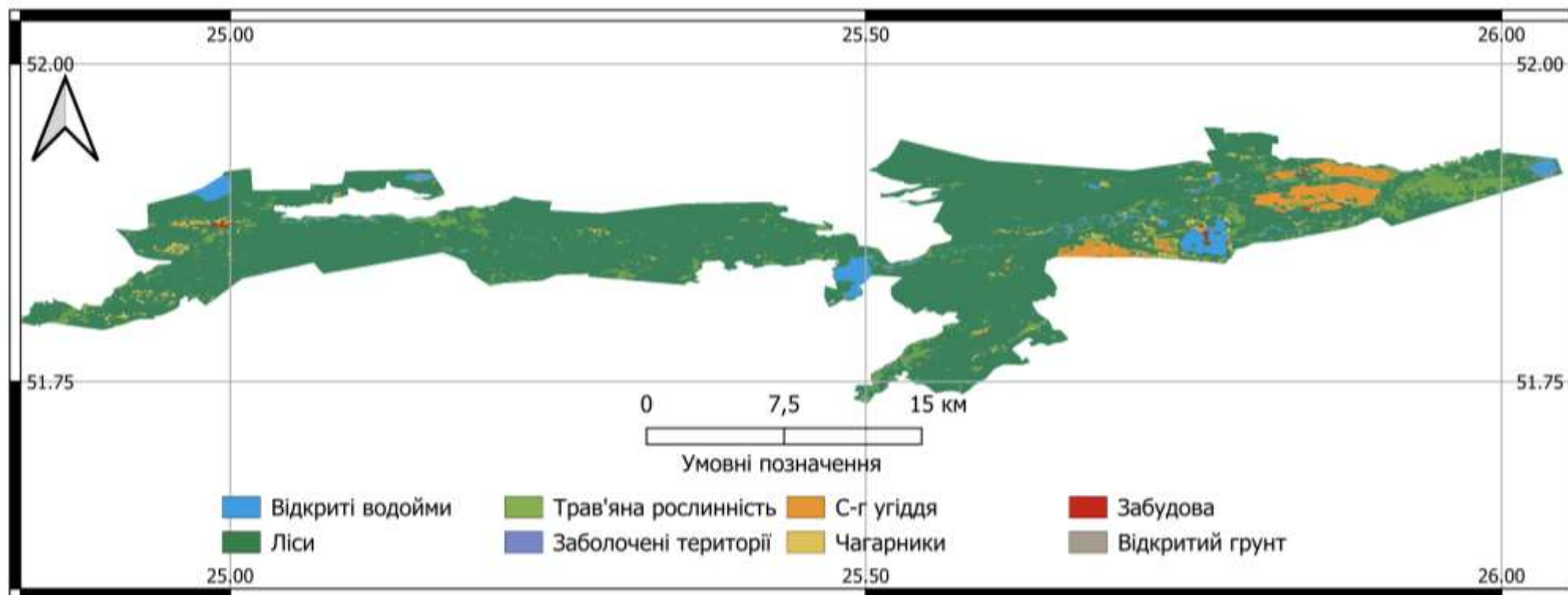


Рис. 3.3. Стан земельного покриття та землекористувань станом на 2024 рік.

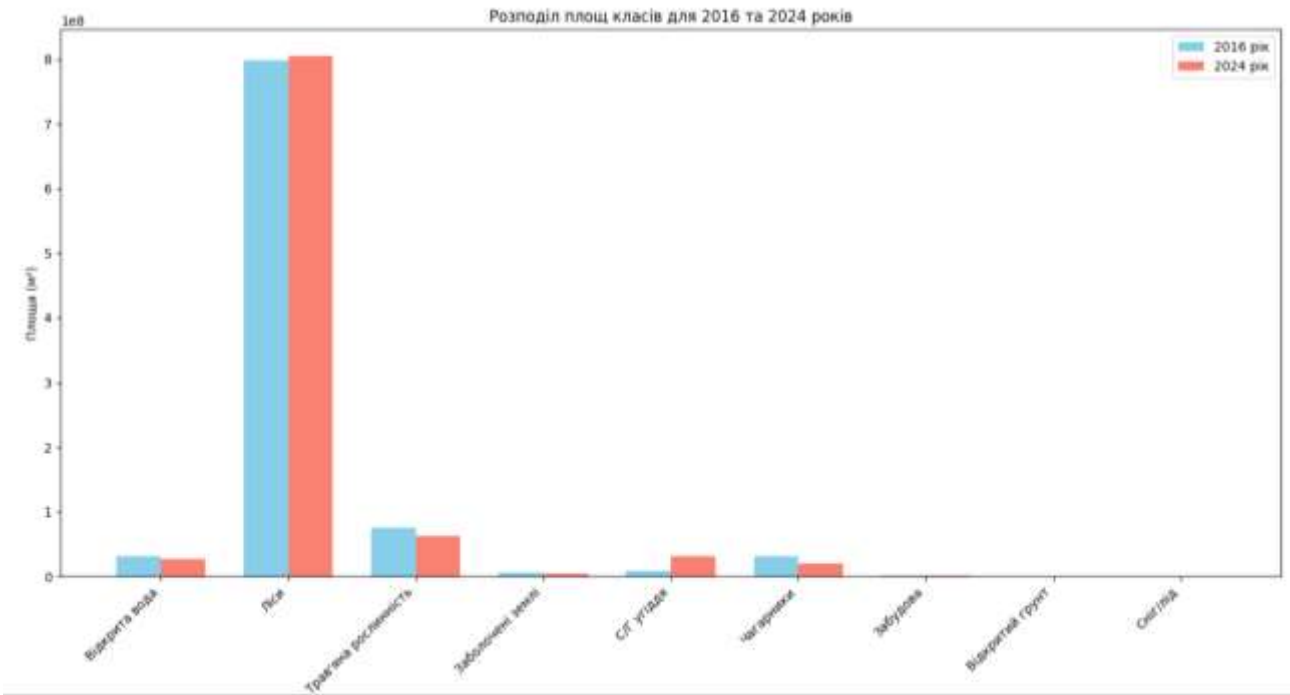


Рис. 3.4. Розподіл площ класів за 2016 та 2024 роки



Рис. 3.6. Матриця переходу класів між 2016 та 2024 роками

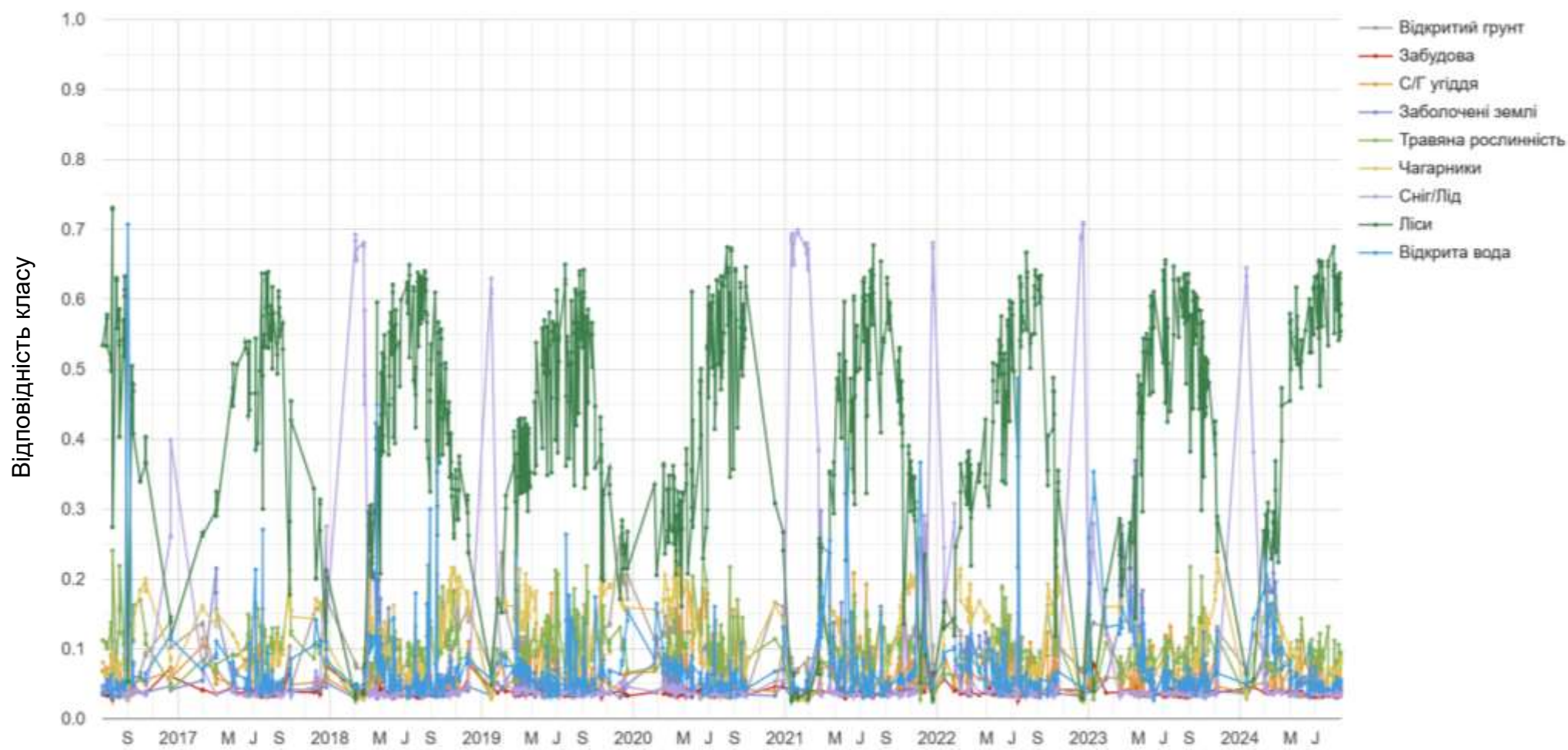


Рис. 3.5. Динаміка змін земельного покриття за період з 01.07.2016 року по 01.09.2024 року

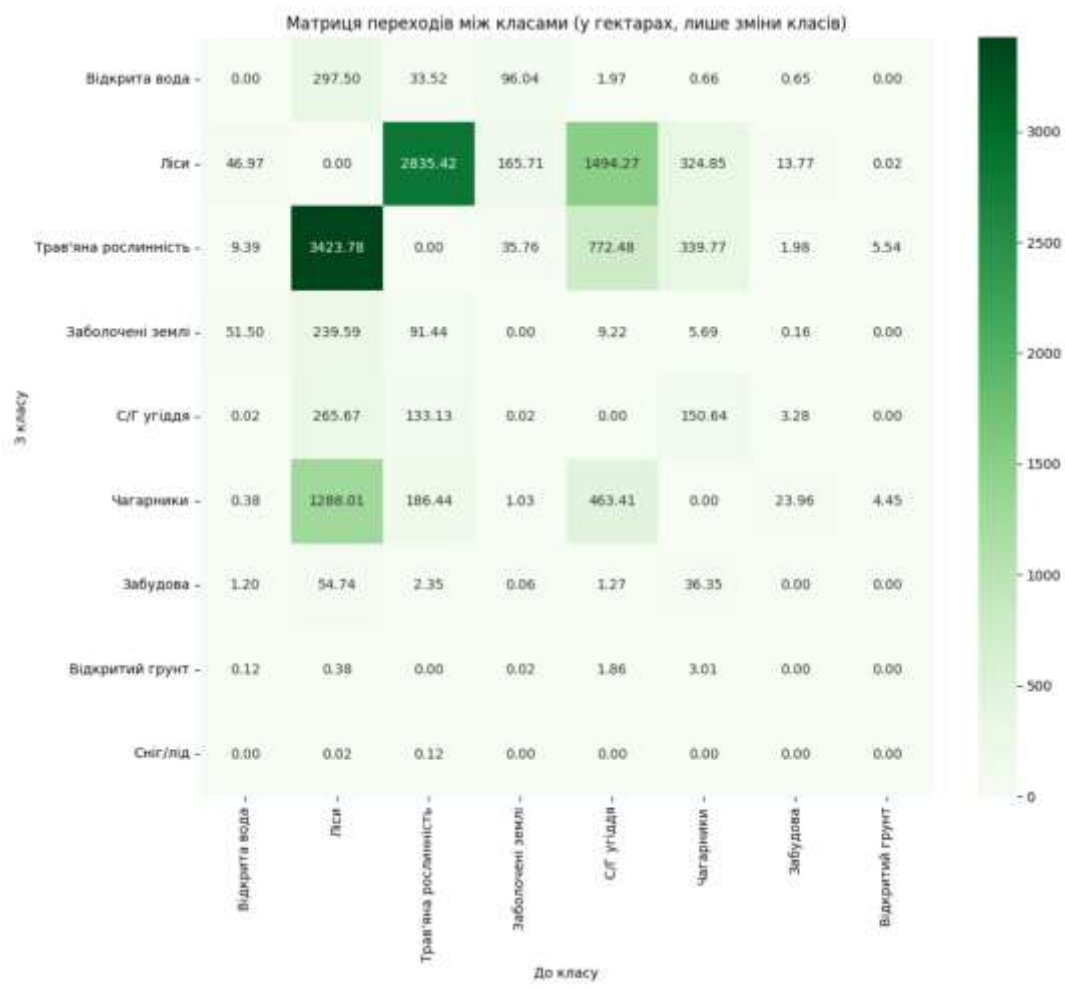


Рис. 3.7. Матриця переходу площ класів між 2016 та 2024 роками

Для візуалізації отриманих даних пропонується використовувати діаграму Санкі названі на честь ірландського капітана Метью Генрі Фінеаса Ріалла Санкі, який використав цей тип діаграм у 1898 році для відображення енергоефективності парового двигуна. Оригінальні чорно-білі діаграми відображали лише один тип потоку (наприклад, пару); використання кольорів для різних типів потоків дозволяє діаграмі виражати додаткові зміни.

З часом вона стала стандартною моделлю, що використовується в науці та інженерії для представлення теплового балансу, потоків енергії, матеріальних потоків, а з 1990-х років ця візуальна модель використовується в оцінці життєвого циклу продуктів [46–48]. В нашому випадку діаграма Санкі переходу класів між 2016 та 2024 роками представлена на рис. 3.8.

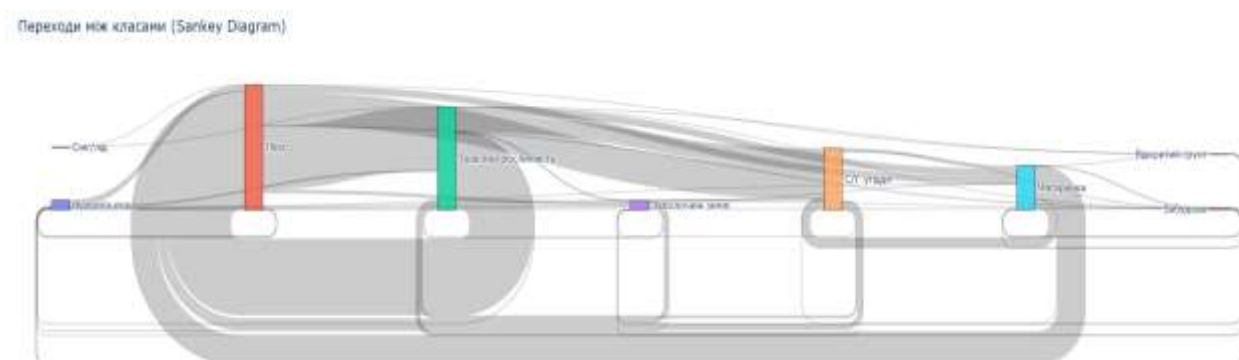


Рис. 3.8. Діаграма-Санкі зміни класів між 2016 та 2024 роками.

З отриманих в результаті обробки даних дистанційного зондування розподілу площ за класами видно, що в загальному, по території НПП Прип'ять-Стохід між 2016 та 2024 роками не відбулось кардинальних змін у земельному покритті. Найзначніші зміни відбувались у переходах між класами з лісу до трав'яної рослинності, що становить 21,95% або 2835,42 га, та навпаки – з класу трав'яної рослинності у клас лісів, що становить 26,5% або 3423,79 га. Це може свідчити про активну лісозаготівельну діяльність, а також у заходи щодо відновлення лісового покриття шляхом посадки молодняку на вільних виділах лісових масивів.

Слід також відзначити досить високе значення зміни класів з чагарників до лісової рослинності (9,97% або 1288,01 га), що свідчить про перехід молодих лісів у пристигаючі та переростання чагарників у високорослу рослинність.

Що стосується сільськогосподарських угідь в межах НПП Прип'ять-Стохід, то можна відзначити значний ріст оброблюваних площ. Зокрема із класу лісів трансформувалось 11,57% (1494,27 га), з класу трав'яної рослинності – 5,98% (722,48 га), з класу чагарників - 3,59% (463,41%) площ, що в загальному становить 21,15% (2680,16 га) змін.

Спостерігається незначний в масштабах НПП Прип'ять-Стохід перехід від класів відкритої води (2,30% або 297,50 га), заболочених угідь (1,85 або 239,59 га) та с/г угідь (2,06 % або 265,67 га) у клас лісів, що можна пояснити активним заростаннями даних територій самонасівною лісовою рослинністю. Аналогічним чином можна пояснити трансформацію класів лісів (2,51% або 324,85 га) та трав'яної рослинності (2,63% або 339,77 га) у клас чагарників.

Висновки

Виявлення змін у землекористуванні/земному покриві - це процес визначення відмінностей у стані об'єкта або явища шляхом спостереження за ним у різний час. Виявлення змін є важливим процесом у моніторингу та управлінні природними ресурсами і міським розвитком, оскільки він забезпечує кількісний аналіз просторового розподілу популяції, яка нас цікавить. Зазвичай, необхідно враховувати чотири базові аспекти виявлення змін, які є важливими при моніторингу природних ресурсів. Вони включають: по-перше, виявлення змін, що відбулися; по-друге, визначення характеру змін; по-третє, вимірювання площі змін і, нарешті, оцінку просторової структури змін.

Методи виявлення змін за допомогою супутникових знімків стали численними завдяки зростаючій універсальності маніпуляцій з цифровими даними та збільшенню потужності комп'ютерів та наявності новітніх хмарних сервісів..

В даній була здійснена спроба аналізу літературних джерел, що стосується дослідженню змін земельного покриву та землекористувань у різних частинах Світу. Встановлено, що найбільшим попитом при аналізі даних ДЗЗ користуються космічні апарати серій Landsat та Sentinel через свою високу роздільну здатність, час повторного знімання та часовий період.

Аналіз динаміки змін показав, що найбільш значні зміни були зафіксовані у переходах між класами земного покриву. Зокрема, 21,95% (2835,42 га) територій змінились з лісу на трав'яну рослинність, тоді як зворотний процес — перехід трав'яної рослинності до лісів — становив 26,5% (3423,79 га). Це може свідчити про активну вирубку лісів та водночас про заходи з їх відновлення, такі як посадка молодих дерев на звільнених ділянках.

Варто також зазначити помітну зміну площ із чагарників у лісову рослинність, що склала 9,97% (1288,01 га). Це свідчить про природний процес дозрівання молодих лісів або переростання чагарників у високорослі насадження.

У сільськогосподарських угіддях в межах НПП «Прип'ять-Стохід» спостерігається збільшення оброблюваних площ. Зокрема, із лісових територій було трансформовано 11,57% (1494,27 га), з трав'яної рослинності — 5,98% (722,48 га), а з чагарників — 3,59% (463,41 га), що загалом складає 21,15% (2680,16 га).

Незначні за масштабами парку переходи включають заростання відкритої води (2,30%, 297,50 га), заболочених угідь (1,85%, 239,59 га) та сільськогосподарських територій (2,06%, 265,67 га) лісовою рослинністю, що пояснюється природним самозасівом. Аналогічно, трансформація лісів (2,51%, 324,85 га) та трав'яної рослинності (2,63%, 339,77 га) у чагарники може бути результатом зміни умов середовища або етапів природної сукцесії.

Список використаних джерел

1. Turner, B. L., Lambin, E. F., Reenberg, A. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2007. Vol. 104, No. 52. C. 20666–20671.
2. Moser, C., S. A partial instructional module on global and regional land use/cover change: assessing the data and searching for general relationships. *GeoJo*. 1996. Vol. 39, No. 3. C. 241–283.
3. Meyer, W. B., Turner, B. L. Human Population Growth and Global Land-Use/Cover Change. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 1992. Vol. 23. C. 39–61.
4. Parveen, S., Ahmed, N. *International Journal of Scientific Research and Reviews A Comparative Analysis of the Materials used in Roof Building in Uttar Pradesh / 2018*.
5. Jabir, H., Khan, A., Parveen, S., та ін. *Regional Analysis of Sanitation Facilities in Uttar Pradesh / 2018*.
6. Otterman, J. Baring high-albedo soils by overgrazing: a hypothesized desertification mechanism. *Science (New York, N.Y.)*. 1974. Vol. 186, No. 4163. C. 531–533.
7. JG, C., Stone, P., Quirk, W. Drought in the Sahara: A Biogeophysical Feedback Mechanism. *Science (New York, N.Y.)*. 1975. Vol. 187. C. 434–435.
8. Sala, O., Chapin III, F. S., Armesto, J. J., та ін. Biodiversity - Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science (New York, N.Y.)*. 2000. Vol. 287. C. 1770–1774.
9. Praveen, B., Gupta, D. Multispectral-TIR Data Analysis by Split Window Algorithm for Coal Fire Detection and Monitoring. *International Journal of Humanities and Social Science*. 2017. Vol. 6. C. 33–37.
10. Vitousek, P., Mooney, H., Lubchenco, J., та ін. Human domination of Earth ecosystems. 1997. Vol. 277. C. 494–499.
11. Lambin, E. F., Geist, H. J. *Land-Use and Land-Cover Change: Local Processes and Global Impacts: Springer Berlin Heidelberg, 2008*.
12. Ding, J., Jiang, Y., Fu, L., та ін. Impacts of Land Use on Surface Water Quality in a Subtropical River Basin: A Case Study of the Dongjiang River Basin, Southeastern China. *Water*. 2015. Vol. 7, No. 8. C. 4427–4445.
13. Sun, X.-F., Yue, T.-X., Fan, Z. Scenarios of changes in the spatial pattern of land use in China. *Procedia Environmental Sciences*. 2012. Vol. 13. C. 590–597.
14. Verburg, P. H., Veldkamp, A., Fresco, L. O. Simulation of changes in the spatial pattern of land use in China. *Applied Geography*. 1999. Vol. 19, No. 3. C. 211–

233.

15. Theobald, D. M. Land-use dynamics beyond the American urban fringe. *Geographical Review*. 2001. Vol. 91, No. 3. C. 544–564.

16. Riebsame, W. E., Meyer, W. B., Turner, B. L. Modeling land use and cover as part of global environmental change. *Climatic Change*. 1994. Vol. 28, No. 1–2. C. 45–64.

17. Long, H., Tang, G., Li, X., та ін. Socio-economic driving forces of land-use change in Kunshan, the Yangtze River Delta economic area of China. *Journal of Environmental Management*. 2007. Vol. 83, No. 3. C. 351–364.

18. Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., та ін. Global consequences of land use. *Science*. 2005. Vol. 309, No. 5734. C. 570–574.

19. Kuemmerle, T., Müller, D., Griffiths, P., та ін. Land use change in Southern Romania after the collapse of socialism. *Regional Environmental Change*. 2008. Vol. 9. C. 1–12.

20. Brown, K., McIlveen, H., Strugnell, C. Nutritional Awareness and Food Preferences of Young Consumers. *Nutrition & Food Science*. 2000. Vol. 30. C. 230–235.

21. Tekle, K. Land Cover Changes Between 1958 and 1986 in Kalu District, Southern Wello, Ethiopia. *Mountain Research and Development*. 2009. Vol. 20. C. 42–51.

22. Wøien, H. Deforestation, information and citations. *GeoJournal*. 1995. Vol. 37, No. 4. C. 501–511.

23. Matsa, M., Muringaniza, K. C. R. Rate of land-use/land-cover changes in Shurugwi district, Zimbabwe: drivers for change. *JSDA*. 2010. Vol. 12.

24. Begum, N., Narayana, J., Kumar, A. Land Use/Land Cover Changes in the Catchment of Water Bodies in and Around Davangere City, Karnataka. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*. 2010. Vol. 36.

25. Rao, G., Sowjanya, A., Shekhar, D., та ін. Rainfall analysis over 31 years of Chintapalle, Visakhapatnam, High Altitude and Tribal zone, Andhra Pradesh, India. *MAUSAM*. 2023. Vol. 74. C. 685–698.

26. Javed, A., Khan, I. LAND USE/LAND COVER CHANGE DUE TO MINING ACTIVITIES IN SINGRAULI INDUSTRIAL BELT, MADHYA PRADESH USING REMOTE SENSING AND GIS. *Journal of Environmental Research And Development*. 2012. Vol. 6. C. 834–843.

27. Mahmoudzadeh, H. Digital Change Detection Using Remotely Sensed Data for Monitoring Green Space Destruction in Tabriz. *Int. J. Environ. Res*. 2007. Vol. 1. C. 35–411735.

28. Jovanović, D., Govedarica, M., Sabo, F., та ін. Land Cover change

detection by using Remote Sensing – A Case Study of Zlatibor (Serbia). *Geographica Pannonica*. 2015. Vol. 19. C. 162–173.

29. Herold, M., Couclelis, H., Clarke, K. “The Role of Spatial Metrics in the Analysis and Modeling of Urban Land Use Change.” *Computers Environment and Urban Systems*. 2005. C. 369–399.

30. Herold, M., Menz, G., Clarke, K. *Remote Sensing and Urban Growth Models – Demands and Perspectives ABSTRACT*. 2001.

31. Lunetta, R., Johnson, D., Lyon, J., та ін. Impacts of imagery temporal frequency on land-cover change detection monitoring. *Remote Sensing of Environment*. 2004. Vol. 89. C. 444–454.

32. Funso Olorunfemi, J. The growth of ilorin: a documentation in aerial photography. *Environment International*. 1985. Vol. 11, No. 6. C. 509–514.

33. The Field Guide: A Brief History of ERDAS IMAGINE: URL: <http://field-guide.blogspot.com/2009/04/brief-history-of-erdas-imagine.html>(дата звернення: 20.11.24).

34. Ajmi, D. Al, din, S. ud. *Remote Sensing: Fundamentals, Types and Monitoring Applications of Environmental Consequences of War: Environmental Consequences of War and Aftermath: / за ред. Т. А. Kassim, D. Barceló*. Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg, 2009.

35. Merugu, S., Tiwari, A., Nariah. *Change Detection and Estimation of Change Analysis using Satellite Images*13.

36. Burmeister, C., Schanze, J. Retrospective Analysis of Systematic Land-Cover Change in the Upper Western Bug River Catchment, Ukraine. *ACC Journal*. 2016. Vol. 22, No. 1. C. 7–18.

37. Денисюк, В., Мельник, О. ДИСТАНЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ ЗМІН ЗЕМЛЕКОРИСТУВАНЬ У МЕЖАХ ВОДОЗБОРУ РІЧКИ СТОХІД. *Географічний часопис Волинського національного університету імені Лесі Українки*. 2024. No. 4. C. 138–150.

38. Melnyk, O., Manko, P., Brunn, A. Remote sensing methods for estimating tree species of forests in the Volyn region, Ukraine. *Frontiers in Forests and Global Change*. 2023. Vol. 6. C. 5.

39. Morozyuk, V., Melnyk, O. ДИСТАНЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ РУСЛОВИХ ПРОЦЕСІВ Р. ЗАХІДНИЙ БУГ У МЕЖАХ ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ. *Містобудування та територіальне планування*. 2020. Vol. 0, No. 73. C. 194–204.

40. Уль, А. В., Мельник, О. В., Мельник, Ю. А., та ін. Дистанційний моніторинг урбанізованих територій. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. 2023. No. 18. C. 162–173.

41. CORINE Land Cover 2018 (raster 100 m), Europe, 6-yearly - version 2020_20u1, May 2020: URL: <https://sdi.eea.europa.eu/catalogue/copernicus/api/records/960998c1-1870-4e82-8051-6485205ebbac?language=all>(дата звернення: 13.04.24).

42. ESA Data User Element: URL: http://due.esrin.esa.int/page_globcover.php(дата звернення: 13.04.24).

43. Zanaga, D., Kerchove, R. Van De, Daems, D., та ін. ESA WorldCover 10 m 2021 v200 / Zenodo, 2022.

44. Brown, C. F., Brumby, S. P., Guzder-Williams, B., та ін. Dynamic World, Near real-time global 10 m land use land cover mapping. Scientific Data 2022 9:1. 2022. Vol. 9, No. 1. C. 1–17.

45. Copernicus: Sentinel-2 - eoPortal: URL: <https://www.eoportal.org/satellite-missions/copernicus-sentinel-2#copernicus-sentinel-2--the-optical-imaging-mission-for-land-services>(дата звернення: 13.04.24).

46. Otto, E., Culakova, E., Meng, S., та ін. Overview of Sankey Flow Diagrams: Focusing on Symptom Trajectories in Older Adults with Advanced Cancer. Journal of Geriatric Oncology. 2022. Vol. 13, No. 5. C. 742–746.

47. Schmidt, M. The Sankey Diagram in Energy and Material Flow Management - Part II: Methodology and Current Applications. Journal of Industrial Ecology. 2008. Vol. 12, No. 2. C. 173–185.

48. Schmidt, M. The Sankey Diagram in Energy and Material Flow Management - Part I: History. Journal of Industrial Ecology. 2008. Vol. 12, No. 1. C. 82–94.