

Міністерство освіти і науки України
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича
Географічний факультет
Кафедра геодезії, картографії та управління територіями

**Моніторинг лісових ресурсів із
використанням даних ДЗЗ
(на прикладі території Хустського району)**

Дипломна робота

Рівень вищої освіти - другий (магістерський)

Виконав (ла):
студент (ка) VI курсу, групи 628
спеціальності 193 «Геодезія та
землеустрій»

ОП «Геодезія»

(назва спеціальності)

Роман Євген Мирославович

(прізвище, ім'я та по-батькові)

Керівник:

к.геогр.н., доц. Дарчук К. В.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

До захисту допущено:

протокол засідання кафедри № 5

від «22» «листопада» 2022 р.

зав. кафедри _____ доц. Костянтин ДАРЧУК.

Зміст

Вступ.....	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ.....	6
1.1. Поняття, види й структура моніторингу природних ресурсів України.....	6
1.2. Основи про дистанційне зондування Землі й методи обробки космічних зображень.....	9
1.3. Методика виявлення змін стану природних ресурсів за аерокосмічними зображеннями.....	13
Висновки до розділу 1.....	19
РОЗДІЛ 2. СТАН ЛІСОВИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ Й ПИТАННЯ ЙОГО МОНІТОРИНГУ	20
2.1. Існуючий стан лісових ресурсів України	20
2.2. Функціональна структура моніторингу лісів.....	25
2.3. Екологічний моніторинг лісових ландшафтів.....	28
2.4. Аналіз підходів проведення моніторингу лісових ресурсів із використанням технологій ДЗ.....	35
Висновки до розділу 2.....	40
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗДІЙСНЕННЯ МОНІТОРИНГУ ЛІСІВ РЕГІОНУ	41
3.1 Загальна характеристика Хустського району	41
3.2. Базові ГІС-моделі для здійснення моніторингу лісових угідь та методика їх побудови і використання	46
3.3. Технологічна схема моніторингу лісів Хустського району з використанням даних ДЗ	53
3.4. Аналіз актуального стану лісових ресурсів регіону на основі моніторингового ГІС-картографування.....	59
Висновки до розділу 3.....	65
Висновки.....	66
Список використаних джерел.....	68

ВСТУП

Актуальність теми. Лісові ресурси є невід’ємною складовою геосистем будь-якого регіону. Вплив на ліси негативних чинників призводить до зниження їх продуктивності або навіть й загибелі. До таких чинників варто віднести, перш за все, антропогенне навантаження, катастрофічні природно-антропогенні й природні процеси. Масштаби впливу цих чинників є значними за глибиною, просторовим поширенням та ступенем, тому потребують детального вивчення динаміки лісів.

В Україні зазвичай проводиться аналіз існуючого стану лісових ресурсів, недостатня роль відводиться розробці підходів прогнозування їх змін у майбутньому із метою планування лісозахисних заходів. Дані ДЗЗ відкривають нові можливості для вивчення стану лісів. Тому, розробка технологій моніторингу динаміки лісових ресурсів, які заснованих на використанні матеріалів аерокосмічного знімання й методик їх дешифрування є достатньо актуальним напрямом наукових досліджень. Саме це й стало причиною обрання в нашому випадку теми наукових пошуків.

Метою нашого дослідження є апробація технологічних прийомів й методів моніторингу лісових ресурсів із використанням даних ДЗЗ та сучасних комп’ютерних технологій.

Для досягнення мети було виконано такі **завдання**:

- розкрити сутність категорії «лісові ресурси», як об’єкта управління та дослідження
- ознайомитись із основними теоретико-методичними засадами при дистанційному дослідженні Землі;
- визначити основні переваги й недоліки використання космічних методів при вирішенні лісогосподарських задач;
- ознайомитись з функціональними можливостями програмного комплексу ArcGIS v.10.8;
- виявити особливості геопросторового розподілу земель

лісогосподарського використання території Хустського району Закарпатської області, використовуючи дані ДЗЗ.

Об'єктом дослідження виступають лісовкритті землі укрупненого Хустського району Закарпатської області, які інтерпретовані на космічних зображеннях.

Предметом дослідження є інформаційна технологія моніторингу лісових ресурсів Хустського району з використанням даних ДЗЗ.

Теоретичним підґрунтям дослідження стали праці, у галузі землеустрою, картографії, геоінформатики, дистанційного зондування, відомих вчених: В. В. Миронюка, І. Ф. Букши, В. М. Боголюбова, Р. В. Норчевського, А. А. Маслова, І. А. Лабутіної, В. В. Омельчука, М. П. Фоміна, Б. В. Поліщука, Г. М. Жолобака, В. І. Лялька, І. В. Мельника, В. В. Дубровського, та ін.

В процесі магістерського дослідження використані як загальнонаукові, так й спеціальні методи: геоінформаційні, геодезичні, картографічні, економіко-статистичні, методи структурно-графічного моделювання, історичні, обробки цифрових знімків тощо.

За допомогою ретроспективного підходу було проаналізовано накопичений досвід проведення моніторингу лісів із використанням технологій ДЗ. Картографічні, геодезичні, геоінформаційні методи застосовувалися при створенні картографічних творів лісів регіону. Методи обробки цифрових знімків використовувались при роботі із даними ДЗ. Метод структурно-графічного моделювання застосовувався для синтезу інформації стосовно виявлення функціонування інформаційного забезпечення, структури та розробки технологій спостереження її у вигляді схем й рисунків.

Наукова новизна одержаних результатів пізнання полягає у розробці технології моніторингу лісових ресурсів, а також складання базової карти лісів Хустського району із використанням даних ДЗ.

Практичне значення одержаних результатів. Викладені у роботі положення, узагальнення й висновки можуть бути використанні у процесі подальшого удосконалення чи розробці нових технологій моніторингу

лісових ресурсів. Положення й висновки пізнання можуть бути рекомендовані для подальших наукових досліджень завдань моніторингу лісів України. Одержані результати можуть використовуватись органами державної влади й лісовими господарствами для прийняття ефективних управлінських рішень і контролю за станом лісових ресурсів.

Апробація результатів дисертаційного дослідження. Теоретичні висновки й практичні рекомендації, які містяться у дослідженні, доповідалися й обговорювалися на студентських наукових конференціях Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича.

Структура та обсяг. Робота представлена 71 сторінкою друкованого тексту і структурно складається зі вступу (3 ст.), трьох розділів (65 стор.), висновків (2 стор), списку використаних джерел (39 джерел). Робота проілюстрована рисунками (34) та таблицями (4).

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ

1.1. Поняття, види й структура моніторингу природних ресурсів України

Для розробки заходів, направлених на усунення негативних наслідків втручання людини у навколишнє природне середовище й поліпшення екологічної ситуації, застосування підходи оптимізації природокористування із одержанням певної кількості продукції при одночасному збереженні середовища необхідна організація моніторингу (спостереження).

Під моніторингом розуміють «комплекс наукових, технічних, технологічних, організаційних та інших засобів, які забезпечують систематичний контроль (стеження) за станом та тенденціями розвитку природних та техногенних процесів» [15].

Система моніторингу навколишнього середовища ґрунтується на наступних принципах [42]:

- систематичності спостережень за станом довкілля та об'єктами впливу на нього;
- об'єктивності і достовірності;
- узгодженості нормативного та методичного забезпечення;
- багаторівневості;
- комплексності в оцінці екологічної інформації;
- узгодженість технічного і програмного забезпечення;
- відкритості екологічної інформації для населення;
- оперативності проходження інформації між окремими ланцюгами системи та вчасне інформування органів державної й виконавчої влади.

Надійним підходом до визначення структури системи моніторингу господарських змін навколишнього природного середовища є його розподіл на ключові блоки: «Моніторингу», «Оцінка фактичного стану», «Прогноз стану

навколишнього середовища», «Оцінка й аналіз прогнозованого стану» й «Підтримка прийняття управлінських рішень» (рис. 1.1) [42].

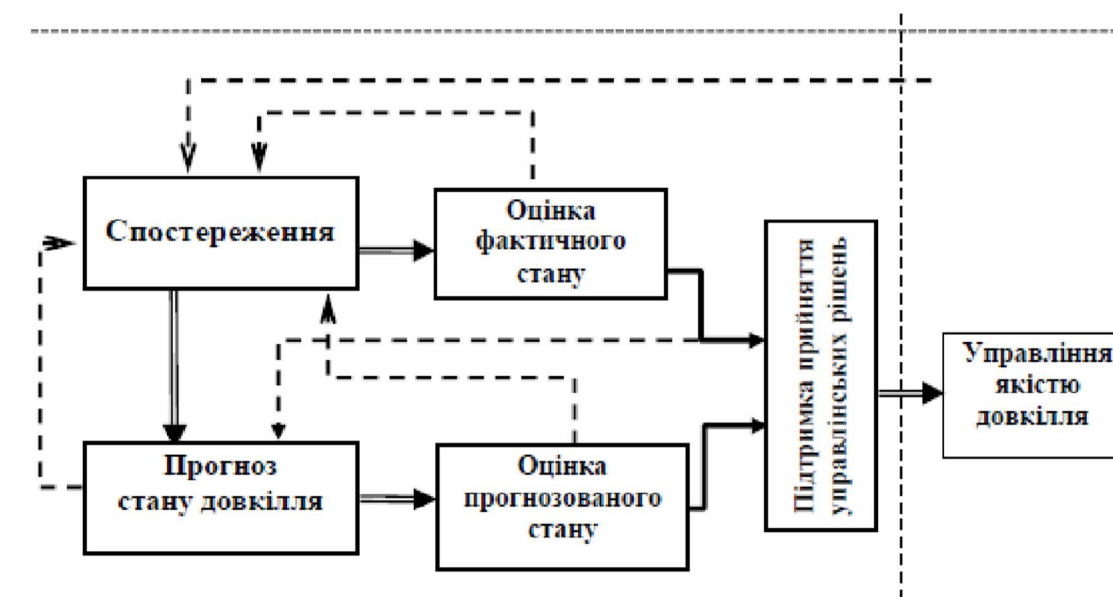


Рис.1.1. Структура системи спостережень [42]

Актуальність й невідкладність вирішення проблем моніторингу полягають у тому, що хоча снує низка відомчих спостережень систем за станом навколишнього середовища, але вони не зведені у єдиний комплекс й не можуть ефективно виконувати загальну функцію оцінки стану й рівня використання ресурсів, із тим щоб прогнозувати зміни й розробляти рекомендації для прийняття певних рішень щодо оптимізації господарської діяльності й природокористування в окремих регіонах.

Основними завданнями моніторингу є:

- налагодження автоматизованої системи збирання, обробки, узагальнення й зберігання інформації про кількісний і якісний стан природних ресурсів (банк даних);
- організація єдиної державної системи контролю за складовими навколишнього середовища;
- оцінка природно-ресурсного потенціалу й можливого рівня використання ресурсів;
- моделювання й прогноз змін екологічної ситуації і рівня здоров'я довкілля;

- розробка управлінських рішень, спрямованих на забезпечення раціонального природокористування й сталий розвиток регіону;
- інвентаризація джерел забруднення й вивчення ступеня антропогенного впливу на компоненти природного середовища.

Залежно від призначення здійснюється загальний, оперативний та фоновий моніторинг навколишнього природного середовища (рис. 1.2) [27].

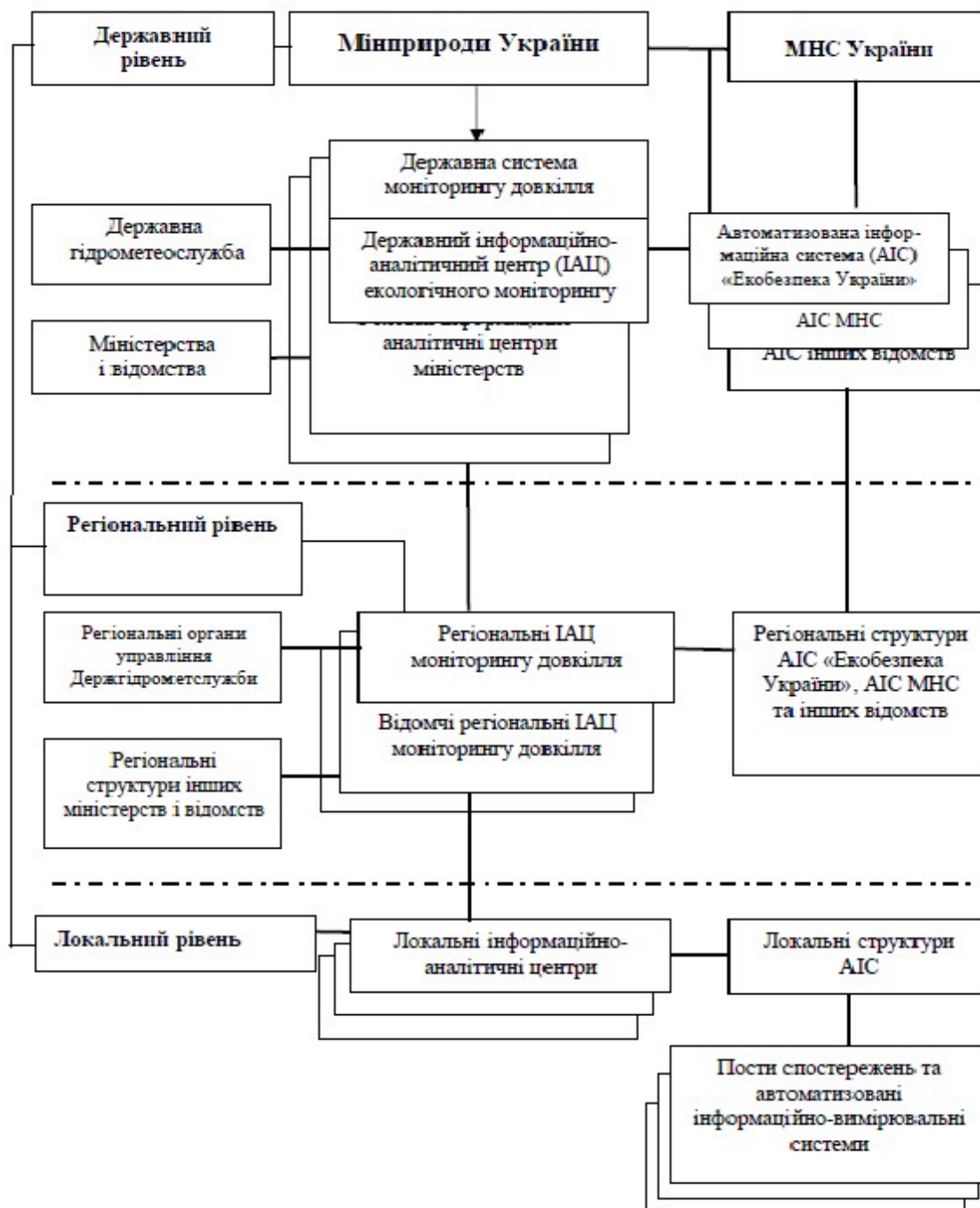


Рис. 1.2. Ієрархічна структура Державної системи моніторингу довкілля України [42]

Оперативний (кризовий) моніторинг довкілля полягає у спостереженні за параметрами у мережі пунктів в реальному масштабі часу за окремими об'єктами в окремих регіонах, які визначено як території надзвичайної екологічної ситуації, а також в районах аварій зі шкідливими екологічними наслідками, для того щоб забезпечити оперативне реагування на кризові ситуації й прийняття рішень щодо їхньої ліквідації, створити безпечні умови для населення.

Загальний (стандартний) моніторинг навколишнього середовища – це найоптимальніші за кількістю параметрів спостереження на точках, об'єднаних у єдину інформаційно-технологічну мережу, що дають змогу на основі оцінки й прогнозування стану довкілля регулярно розробляти управлінські рішення на усіх рівнях.

Фоновий (науковий) моніторинг довкілля – це спеціальні спостереження за усіма складовими довкілля, а також за складом, характером, кругообігом й міграцією забруднюючих речовин, за реакцією організмів на забруднення, на рівні окремих різновидів, екосистем й біосфери у цілому. Це спостереження здійснюється у природних й біосферних заповідниках, та на інших територіях, що охороняються.

Є також чимало інших підходів до класифікації систем моніторингу за різними критеріями [42].

1.2. Основи про дистанційне зондування Землі й методи обробки космічних зображень

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) – це спосіб отримання інформації про поверхню Землі та розташовані на ній об'єкти шляхом реєстрації ЕМВ, що відбивається від них. Досить часто, говорячи про ДЗ, мають на увазі знімання землі із космосу. Проте до цього способу збору даних відноситься й аерофотознімання, та повітряне лазерне сканування.

Космічні технології є ефективним засобом постійного й надійного глобального моніторингу земної поверхні. Завдяки оглядовості, об'єктивності й

оперативності одержання інформації, дані ДЗЗ із космосу виступають важливим джерелом просторових даних. Дистанційна інформація використовується для доповнення, узагальнення й деталізації даних, отриманих із наземних джерел і використовується у різних соціально-економічних сферах: гідрології, картографуванні, лісовому й сільському а також рибному господарствах, екологічному моніторингу, земельному кадастрі тощо [32].

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) – «це спостереження та вимірювання енергетичних і поляризаційних характеристик власного та відбитого випромінювання елементів суші, океану та атмосфери Землі в різних діапазонах електромагнітних хвиль, що сприяють опису місцезнаходження, характеру та тимчасової мінливості природних параметрів і явищ, ресурсів Землі, навколишнього середовища, а також антропогенних об'єктів і утворень» [8].

При вивченні Земної поверхні аерокосмічними методами джерелом інформації про навколишні об'єкти служить їх випромінювання. Випромінювання також поділяється на природне й штучне. Штучне випромінювання, це випромінювання, що створюється при опроміненні місцевості джерелом, яке розташоване на носії реєстрованого пристрою. Під природним випромінюванням розуміють природне освітлення поверхні Землі Сонцем чи теплове – власне випромінювання Землі. Випромінювання є електромагнітними хвилями різної довжини, спектр котрих змінюється у діапазоні від рентгенівського до радіовипромінювання. Для досліджень середовища використовують більш вузьку частину спектру від оптичних хвиль до радіохвиль у діапазоні довжин від 0,3 мкм до 3 м. Важливою особливістю ДЗ є наявність між об'єктами й реєструючими приладами проміжного середовища, яке впливає на випромінювання: це товща атмосфери й хмарність. Атмосфера поглинає частину відбитих променів. У атмосфері є декілька "вікон прозорості", які пропускають електромагнітні хвилі із мінімальним ступенем спотворень. Із цієї причини, логічно припустити, що усі знімальні системи працюють лише в тих спектральних діапазонах, що відповідають вікнам прозорості.

У даний час існує велика кількість систем ДЗ, що формують зображення Земної поверхні. У цьому випадку, можна виділити декілька підкласів апаратури, що розрізняються за спектральним діапазоном який використовує електромагнітне випромінювання й за типом приймача реєстрування випромінювання, а також за методом (активний або пасивний) зондування [8].

Сучасні системи дистанційного зондування (ДЗ) дозволяють спостерігати за об'єктами й явищами на поверхні Землі, й класифікувати їх за результатами дешифрування зображень. Але отримані від оптичного комплексу зображення для їх дешифрування й подальшого використання потребують якісної обробки, принаймні із метою видалення із зображень шуму й їх компресії для передачі на наземну станцію. Глибша й більш складна обробка зображень спрямована на детальне розпізнавання невеликих об'єктів і явищ, що не можна спостерігати на зображеннях, зроблених у певному спектральному діапазоні. Суттєвою особливістю таких зображень з позиції тематичної обробки є те, що вже на момент фотографування вони мають растрову структуру. Актуальною є також обробка декількох одночасових знімків, коли знімання ведеться на різних хвилях випромінювання і з різною просторовою розрізненістю, з метою одержання одного зображення з покращеними інформаційними показниками порівняно із первинними знінками. Результатом такої обробки є підвищена інформативність синтезованого зображення із позиції подальшого тематичного аналізу.

Методи обробки космічних зображень розділяють на методи попередньої й тематичної обробки (рис.1.3.). Попередня обробка космічних зображень – це комплекс операцій із зображеннями, спрямований на усунення різноманітних спотворень.

Тематична обробка космічних зображень – це комплекс операцій зі знінками, що дозволяє витягувати із них інформацію, що представляє інтерес із точки зору рішень різних тематичних завдань. Алгоритм обробки цифрових сигналів виконується у декілька етапів [18].

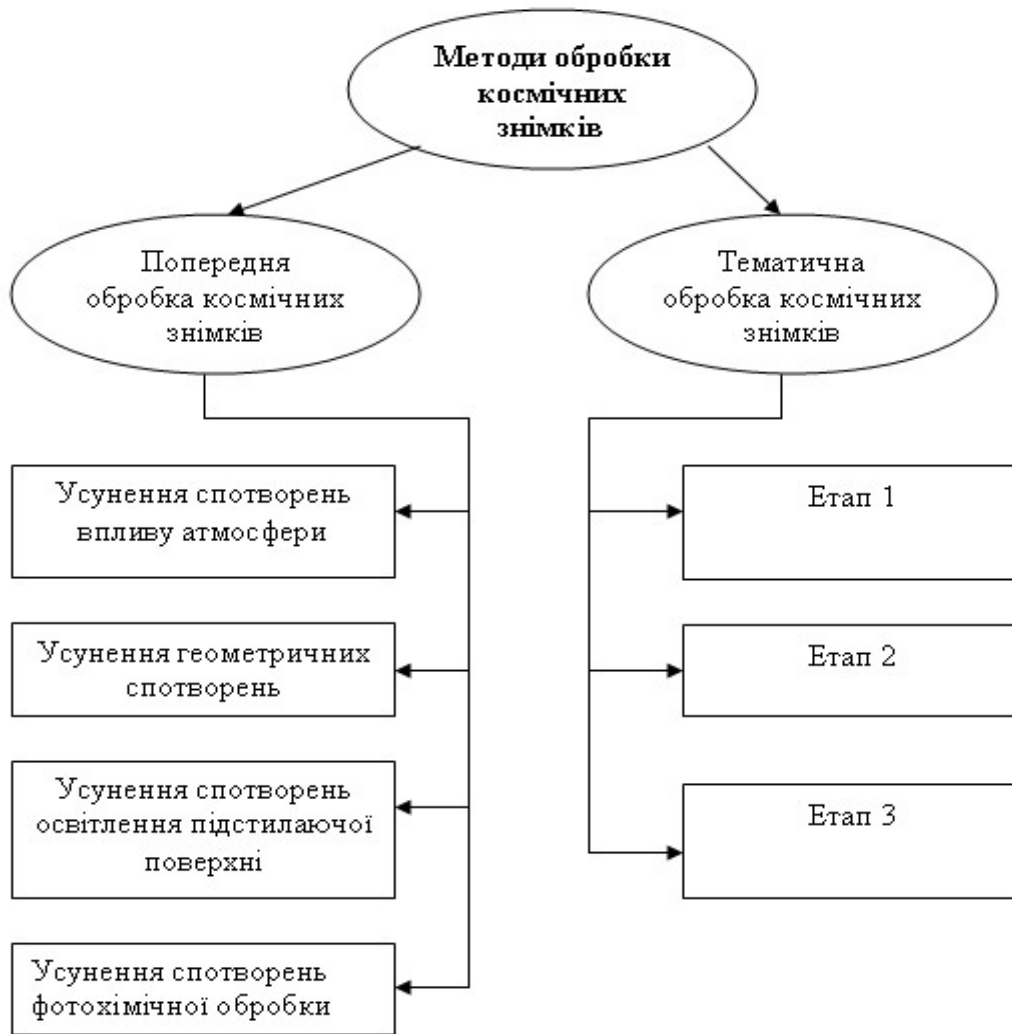


Рис. 1.3. Методи обробки космічних знімків (складено автором)

1-й Етап. Попередня обробка початкового зображення. Під час котрого отримують синтезоване зображення шляхом розкладання його за каналами. Здійснюється переміщення каналів відповідним чином – компоненті «R» відповідає зображення 4-го спектрального каналу, компоненті «G» – 3-го, компоненті «B» – 2-го. Отримане штучне зображення із кольоровою моделлю «RGB» переводиться до кольорової моделі «HSV», також до неї переводиться допоміжне зображення високої просторової роздільної здатності: або панхроматичний знімок, або 1-й канал для кольорових RGB-зображень. Наступний крок полягає, у використанні допоміжного зображення, здійснюється зміна яскравісних компонентів штучного зображення, й результат переводиться із кольорової моделі HSV до кольорової моделі «RGB». На виході цього етапу

маємо синтезоване RGB-зображення, яке поступає на вхід наступного етапу обробки.

2-й етап. Пошук аргументів, що мають бути отримані при максимальній функції інформаційної якості синтезованого знімка. На даному етапі використовуються RGB-зображення, яке надійшло після постобробки, і допоміжне зображення, яке є панхроматичним знімком, або перший канал відповідного RGB-зображення. Результатом цього етапу є коефіцієнти лінійних комбінацій, отримані при максимальних характеристиках інформативності, за допомогою яких на наступному етапі здійснюватиметься подальший аналіз оброблюваного зображення.

3-й етап. Використання одержаних аргументів для збільшення інформативності оброблюваного знімка. Отримання шуканого зображення із підвищеною інформативністю. На цьому етапі аналіз здійснюється на основі також штучного RGB-зображення, отриманого після попередньої обробки, та коефіцієнтів лінійних комбінацій, одержаних на попередньому етапі. Таким чином, результатом цього етапу має бути отримане зображення із підвищеною інформативністю.

1.3. Методика виявлення змін стану природних ресурсів за аерокосмічними зображеннями

Застосування космічних даних при проведенні моніторингу зводиться до співставлення різночасових зображень для явищ як короткоперіодичних, так і багаторічних змін. Ключові методичні прийоми спільного аналізу передбачають, по-перше, зіставлення різночасових зображень і результатів їх обробки, по-друге, картматеріалів, складених за різночасовими знімальними даними, і по-третє, архівних карт та знімків [31].

Найбільш проста з виконання - це операція із віднімання (чи сполучення) різночасових знімків. Однак у багатьох випадках зазначений підхід вимагає дотримання певних умов, котрі частково обмежують його застосування на

практиці. Зображення повинні бути отримані однією чи аналогічною знімальною системою й приведені до однакових умов знімання, для чого необхідно виконати додаткову корекцію – виключити вплив атмосферних явищ. У іншому випадку із достатньою впевненістю, можна виявляти лише значні зміни у зовнішньому вигляді території чи окремих об'єктів, а до кількісних оцінок змін у яскравості об'єктів підходити із обережністю (рисунк. 1.4).

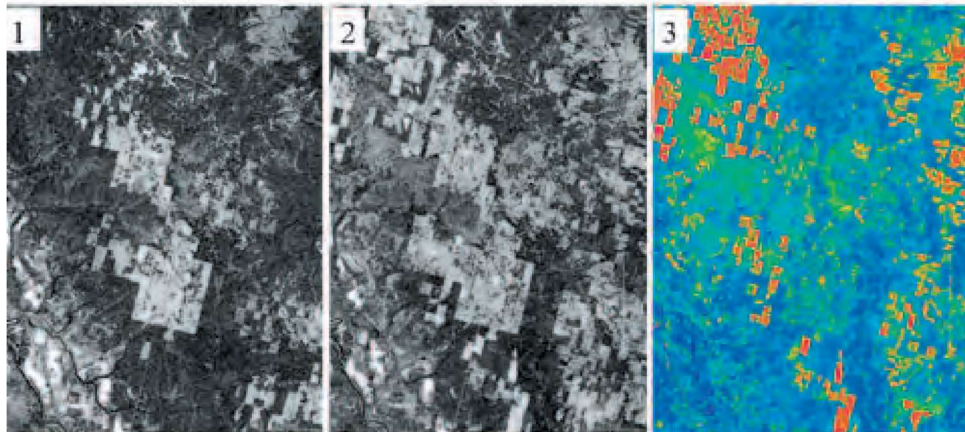


Рис. 1.4. Зображення, отримане у результаті віднімання фрагментів 2-х знімків Landsat 5: 1) травень 1985 р., 2) травень 2009 р., 3) різниці зображені, відтінками помаранчево-червоного кольору показані вирубки за минулий період [31].

Значно частіше виконується складання перетворених знімків: результатів квантування, обрахунків вегетаційного чи інших індексів, а також класифікації. До прикладу, обчислення зображень, попередньо квантованих на 2 рівня (вода й суша), показує зміни у сезонній заростаючій акваторії водною рослинністю. В усіх програмних пакетах, призначених для обробки растрів, передбачається процедура зіставлення двох зображень, у результаті виконання котрої створюється нове зображення чи таблиця, в якій зафіксовані усі співпадіння виділів, представлених на зіставлених знімках. Безпосереднє накладення різночасних даних ДЗ часто використовується при проведенні регулярних спостережень й моніторингу.

Варіант складання 3-х різночасових аерокосмічних зображень – це синтез кольорового зображення (рис. 1.5).

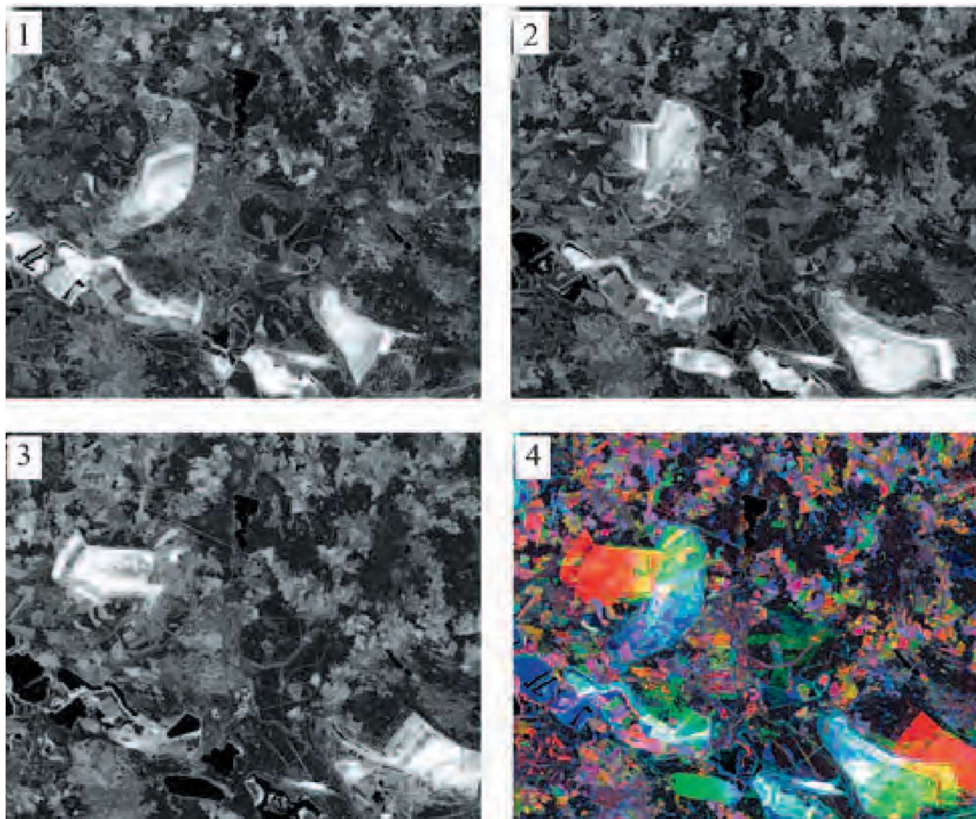


Рис. 1.5. Створення кольорового синтезованого зображення, з 3-х різночасових знімків Landsat 7 в каналі 1,55-1,75 мкм: 1) 1995 р., 2) 2004 р., 3) 2019 р. 4) динаміка рекультивації земель на місцях відкритих розробок бурого вугілля [31].

Так, синтез 3-х знімків в ближній ІЧ частині спектра чи результатів обчислення вегетаційного індексу, котрий відноситься до 3-х різних сезонів одного року, дозволить простежувати приріст зеленої маси рослин чи дати додаткові можливості для виділення рослинних видів, в котрих не збігаються фази вегетативного розвитку.

В усіх названих випадках потрібно геометричне узгодження різночасових зображень. «Більшість космічних зображень поставляються споживачам із виконаною радіометричною корекцією (одержання «сирих» даних спеціально обмовляється і не завжди можливо). Якщо потрібно кількісне порівняння значень яскравості на різночасових знімках, отриманих в різних умовах, необхідно виконати і інші види корекції: облік різної освітленості, виключення впливу атмосфери, рельєфу і геометрії зйомки. При виявленні якісних, а не кількісних параметрів об'єктів і наявності знімків, отриманих в безхмарних

умовах, корекція впливу атмосфери не обов'язкова. Можна використовувати простий, але не цілком точний метод корекції впливу атмосфери у видимому і ближньому інфрачервоному діапазоні. Значення яскравості найтемніших об'єктів на знімку (ділянок глибокої тіні від хмар, глибоких і чистих водойм у ближній інфрачервоній зоні) теоретично повинні бути нульовими. Якщо вони мають деяке значення, відмінне від нуля, то значення яскравості «еталонів» віднімаються зі значень яскравості всіх пікселів відповідного зонального знімка» [12].

При зіставленні 2-х різночасових знімків звичайна ситуація, коли гістограми різко відрізняються, наприклад один знімок виглядає темним, а інший засвітлим. У такому випадку необхідно так перетворити обидва знімки чи один з них, щоб мінімальні й максимальні значення яскравості були однаковими. Це перетворення відоме, як приведення зображень до одного виду.

Складання карт, побудованих за різночасовими зображеннями (перехідних карт) застосовується, якщо моменти знімання відстають у часі на десятки років й зіставляти, зазвичай, доводиться різнотипові дані, наприклад аерофотозображення чи фотоплани із космічними зображеннями чи космічні знімки, отримані різними аерокосмічними знімальними системами. Ще більше ускладнюється ситуація, коли для визначення стану досліджуваного об'єкта у кожний із моментів спостереження використано кілька джерел.

При використанні архівного картматеріалу особливе значення мають 2 взаємопов'язані обставини: дата знімання, за матеріалами котрих складені карти, й точність планового положення об'єктів на них. Дата знімання далеко не завжди вказується у вихідних матеріалах, більш того, рік видання карти й час, котрому відповідає зображена ситуація, можуть не збігатися й відставати один від одного на декілька років. Про точний стан об'єктів також свідчать тільки топографічні карти, котрі складаються за інструкціями. Проте важливо також враховувати метод складання архівних карт.

Результати спостережень можуть бути представлені у вигляді кількісних характеристик чи карт динаміки. У будь-якому разі розбіжності, які виявлені

шляхом поєднання різночасових даних, вимагають додаткового аналізу, метою якого є поділ трансформаційних змін, що відбулися на місцевості, й різного роду похибок. Такий аналіз більш важливий при використанні геоінформаційних технологій, ніж при традиційних картографічних підходах, коли виконавець обдуманно виконує зіставлення й викреслювання контурів змінених об'єктів, узагальнює чи відкидає непотрібні об'єкти та деталі. При комп'ютерній обробці, операція зіставлення даних виконується формально, а у результуючому зображенні й таблиці переходів з'являються фіктивні зміни, що може призвести дослідника до невірних висновків.

Поява фіктивних змін пов'язана із двома основними причинами. Перша з них – зіставлення при вивченні багаторічної динаміки зображень, що зафіксували різні сезонні стани території. В деяких випадках, внутрішньорічні зміни у площі об'єктів можуть переважати довгострокові, за десятки років. Так, до істотних похибок при вивченні річкової мережі може привести зіставлення зображень, зроблених в паводок й межень, а при визначенні меж зледеніння - зображень із зображенням сезонного снігового покриву. Виявлення сезонних змін географічних об'єктів – це необхідна умова отримання достовірної інформації про багаторічні зміни. Друга причина появи фіктивних змін – це неминучі «технічні» похибки у положенні меж об'єктів дешифрування на різночасових знімках [2].

У разі безпосереднього зіставлення растрів, що складають багаточасове зображення (або результати його перетворення), фіктивні зміни виникають як підсумок неоднозначності геометричних перетворень. Забезпечити ідеальне накладення пікселів по усій зіставленій площі зображень не можна. Помилку суміщення можна звести до мінімуму, коли знімки отримані в однією і тою ж або аналогічною знімальною системою, а при взаємному координуванні у якості опорних використовувалися ідентичні пікети. Точність положення контурів в цьому випадку залежить від розміру пікселя й точності визначення просторових координат опорних точок.

Під час зіставлення різночасових перехідних карт у векторному форматі, окрім похибок геометричних перетворень вихідних дистанційних даних, неминуче виникають похибки оцифровки. Положення дешифрованих контурів в певній мірі суб'єктивне унаслідок того, що для багатьох природних об'єктів чіткі межі атипові, їм більше властиві плавні переходи. При зіставленні побудованих незалежно одна від одної карт, через неоднозначне проведення меж, відбору дрібних деталей на кожній із них з'являються контури фіктивних видозмін. На відміну від ситуації із растровими моделями, на знімках, отриманих в результаті накладення векторних даних, фіктивні зміни визначити значно легше: їх можна виявити, як на самому знімку, так і при розумовому аналізі таблиці переходів. Під час використання цифрових методів можливі різні варіанти виявлення зайвих контурів: виявлення завідомо неможливих змін, пошук на гістограмі об'єктів розміром менше попередньорозрахованих тощо. Уникнути фіктивних змін або звести до мінімуму їх число можна, коли пов'язати між собою співставлені різночасові карти.

Послідовне зіставлення різночасових карт – це один із можливих методичних прийомів. Сенс котрого полягає в накладанні векторних шарів, що відноситься до одного із моментів спостереження, на зображення (растр), що відноситься до наступного моменту. Коли межі виділення на 2-х зображеннях співпадають чи розходяться не більше ніж на піксель, то положення векторної межі не змінюється. Якщо розбіжність перевищує допуски, тоді проводиться нова межа. Аналогічна процедура виконується й для інших термінів спостережень. Так, не змінні контури виявляються однаковими на всій серії перехідних різночасових знімках, а розбіжність меж із високим ступенем достовірності свідчить про дійсну наявність змін.

Висновки до розділу 1

Зменшення рівня господарського впливу на лісові ресурси можливе лише за умови прийняття ефективних управлінських рішень. Одним зі шляхів розвитку ефективного лісокористування є впровадження на усіх організаційних рівнях управління науково-обґрунтованої системи управління, який б будувався на об'єктивних даних моніторингу лісових ресурсів.

Базисом моніторингу покладено дані лісових інвентаризацій, декотрі види обстежень, регулярного чи періодичного наземного чи авіаційного патрулювання лісів лісоохоронні службами. Проте перелік завдань, що вирішуються у рамках моніторингу на різних територіях, різноманітний. Переважно це актуалізація даних лісових інвентаризацій, охорона лісовкритих площ від пожеж, частково – контроль за станом наділів, порядком лісокористування й ходом лісовідновлення.

У останні два десятиліття для моніторингу починають застосовуватися дані ДЗ. В основі існуючих методів використання супутникових знімків лежать знання особливостей спектрального відбиття різними компонентами лісів. При цьому варто враховувати, що на спектрально-відбивні властивості можуть впливати атмосферні явища, освітлення рельєф місцевості, геометричні умови. Використання космічних зображень при проведенні моніторингу полягає у зіставленні різночасових зображень й результатів їх обробки, а також у співставленні карт складених за різночасовими знімальними даними.

РОЗДІЛ 2. СТАН ЛІСОВИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ Й ПИТАННЯ ЙОГО МОНІТОРИНГУ

2.1. Існуючий стан лісових ресурсів України

Ліси відіграють велике і багатогранне значення. Як найважливіший планетарний акумулятор живої речовини ліс підтримує вуглеводневий й кисневий баланс землі, упливають на біологічний кругообіг ряду елементів. Вони значно впливають на кліматичні умови різних геозон, на циркуляцію тепла у атмосфері, на запас вологи к ґрунті, води у ріках й озерах. Лісові насадження значно не дають змоги розширюватись водній й вітровій ерозії.

Лісові масиви мають значне санітарно-гігієнічне значення: крони дерев не лише затримують тверді пилові частинки, а і детоксують різноманітні газоподібні інгредієнти. Зі зростанням рівня урбанізації підвищується й культурно-естетичне значення лісів: вони усе більше стають місцем рекреації та туризму, а позитивний вплив лісу на здоров'я й зростання працездатності людини загальновідомий. В лісі багато лікарських рослин, ягід, горіхів, він є місцем проживання цінних промислових тварин і птахів.

Статистика лісгоспу, котра має інформацію про наявний, кількісний і якісний стан лісових ресурсів та їх охорону, розглядає ліси насамперед як економічний ресурс. На основі цих показників розробляються плани розвитку лісового господарства і лісової промисловості, організовують лісогосподарське виробництво й лісоексплуатацію. Багато у чому виконання цих завдань визначається породним і віковим складом лісонасаджень. Тому облік лісів проводять виходячи від їх господарського призначення, місцезрештування і виконуваним природоохоронних функцій. Розрізняють 3 групи лісів [50].

До 1-ї належать ліси, що мають наступне значення:

- захисне (лісові смуги уздовж шляхів, протиерозійні ліси);
- водоохоронне (заборонені зони уздовж водних об'єктів, а також заборонені смуги лісів, які зберігають нерестилища цінних промислових риб);
- санітарно-гігієнічне і оздоровче (зелені зони довкола міст, курортів і

джерел водопостачання), а також заказники, заповідники, національні і природні парки.

До 2-ї групи належать ліси районів із розвинутою мережею транспорту, значною кількістю населення, тобто ті, які мають обмежене експлуатаційне значення. А ось, третя група об'єднує ліси лісистих районів.

Для лісів різних груп встановлено різний режим використання. Так, у лісах 1-ї групи вирубування насаджень обмежене, а ліси третьої групи переважно мають задовольняти потреби економіки щодо деревини без втрат захисних якостей лісів.

У складі лісового фонду України переважають ліси 1-ї групи загальна площа яких становить 5 100 тис га (52 %) Ліси цієї групи мають велике економічне й соціальне значення. Цінність їх визначається у першу чергу рекреаційними, захисними, охоронними й іншими численними корисними функціями, котрі вони виконують. У складі лісів 1-ї групи водоохоронні ліси становлять 315 тис. га із них лісосмуги по берегах озер, річок, водосховищ і інших водних об'єктів займають 270 тис га, заборонні смуги лісів, які захищають нерестовища цінних промислових риб 47 тис. га.

Лісові масиви України, що виконують захисні функції, становлять 1200 тис. га. Із них протиерозійні ліси мають площу 530 тис. га, захисні смуги лісів вздовж залізниць, автошляхів шляхів загальнодержавного і обласного значення – 230 тис. га, особливо цінні лісові масиви – 25 тис. га, державні захисні лісові смуги – 2,0 тис га, байракові ліси, стрічкові бори, степові – 405 тис. га. Ліси, що виконують санітарно-гігієнічні і оздоровчі функції, становлять 1755 тис. га з них ліси зелених зон довкола населених пунктів і промислових підприємств займають площу 1582 тис. га, санітарної охорони джерел водопостачання – 42 тис. га, санітарної охорони курортів – 117 тис. га, міські – 14 тис. га. Ліси спеціального цільового призначення становлять 203 тис. га, із них заповідників – 136 тис. га, національних й природних пам'яток – 58 тис. га, заповідних лісових ділянок, а також лісів, які мають наукове й історичне значення – 9,7 тис. га.

Найбільш детальна інформація про кількісний і якісний стан лісових масивів міститься у матеріалах періодичного обліку лісового фонду. Такий облік проводиться, як правило, 1 раз на 5 років. При цьому увесь лісовий фонд поділяється за категоріями земель на лісову й нелісову площі: остання включає у себе невикористані у лісовому господарстві площі всередині лісового фонду (болота, шляхи, канали, яри тощо) з виокремленням груп і категорій лісів. Запаси лісових насаджень класифікують за віковими групами і переважаючими породами (твердолистяні, хвойні, м'яколистяні), класами і категоріями стиглості (приспілі, молоді, спілі та перестійні ліси) [11].

Загальна площа лісового фонду України складає приблизно 10 млн. га, в т.ч. покрита лісом – 8,7 млн. га. При цьому, лісистість України досягла лише 14,5 %, що значно менше, ніж лісистість значної кількості розвинених країн світу (Угорщина – 18,3 %, Франція – 27,9 %, Румунія – 28,5 %, Польща 28,9 %, Німеччина – 29,6 %, США – 32,8 %, Болгарія – 34,5 %). Запаси деревини в Україні складають 1,9 млрд. м³ (станом на 2018 р.).

Тотальні вирубки лісів у період Другої світової війни й післявоєнні роки призвели до нерівномірного розподілу вкритої лісом площі за його ростовими групам: молодняк досягає 46 %, середньовіковий ліс – 39 %, спілий – 8 %. Між тим, як оптимальні значення цих показників повинно складати відповідно 33, 32, 15. Особливо інтенсивні вирубки ведуться у соснових і дубових посадках, у яких на спілий ліс припадає менше ніж 5 %. У цілому спілі ліси займають площу, яка у 2,5 рази менша оптимальної, а у соснових лісах – у 8 разів менше. До найбільш лісистих областей належать – Рівненська, Закарпатська, Івано-Франківська, Житомирська, Волинська та Чернівецька [50].

Загальний запас деревини у лісах України становить 1300 млн. м³, в стиглих й перестійних насадженнях – 123 млн. м³. Лісистість території України (частка покритої лісом площі) становить 15 %. За окремими регіонами держави лісистість така Карпати – 35 %, Крим – 33 %, Полісся – 29 %, Лісостеп – 2 %, Степ – 3%. (рис. 2.1).

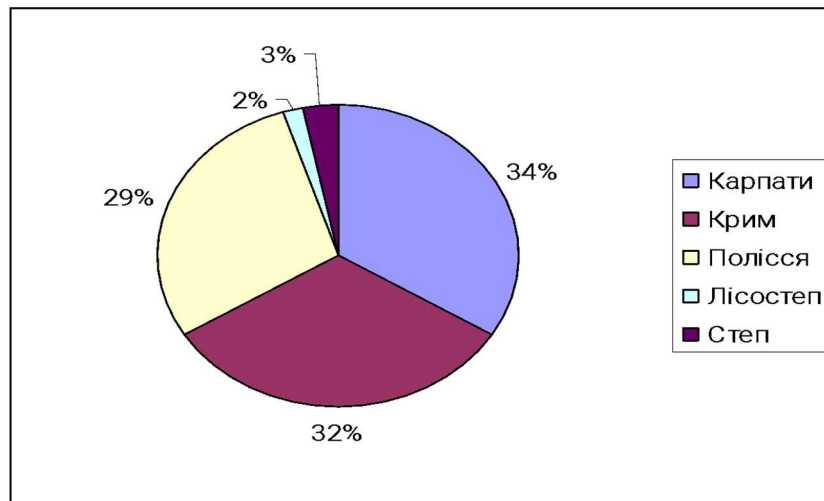


Рис. 2.1. Лісистість території України за окремими регіонами (станом на 2019 рік)

Нерівномірність розміщення лісовкритих площ є наслідком різноманітних природних умов, проте у значній мірі – впливу господарської діяльності людини, яка призвела до знищення лісів. Так лише у період 1814-1914 років площа лісів зменшилась 1/3.

У контексті форм власності, то у складі лісового фонду України переважають державні ліси, загальна площа котрих становить 7 600 тис. га. Як правило, вони представлені низькородуктивними насадженнями із малою часткою стиглих деревостанів. Забезпеченість лісом населення України становить 0,18 га на особу – одна із найнижчих у Європі. Так у Болгарії вона сягає – 0,42 га, в Румунії – 0,29 га, в Польщі – 0,25 га (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Забезпеченість населення лісовими ресурсами за країнами Європи, га / ос. (станом на 2018 р.)

У складі лісового фонду України переважають хвойні породи, покриті лісом площа котрих становить 2920 тис. га. Твердолистяні породи займають площу 2600 тис. га, м'яко листяні породи – 625 тис. га, чагарники – 11,6 тис. га, інші деревні породи – 22 тис. га. Найбільшу частку покритої лісом площі займають формації сосни (34,7 %) і дуба (26,3 %). Серед інших деревних порід бук – 9,9 %, ялина – 9,3, вільха – 4,2, граб – 5,4, береза – 3,7, ясен – 1,4; осика – 1,4, ялиця – 1,2, інші породи – 2,0 % (рисунок 2.3). Наведені цифри свідчать, що лісовий фонд України представлений переважно цінними твердолистяними і хвойними породами.

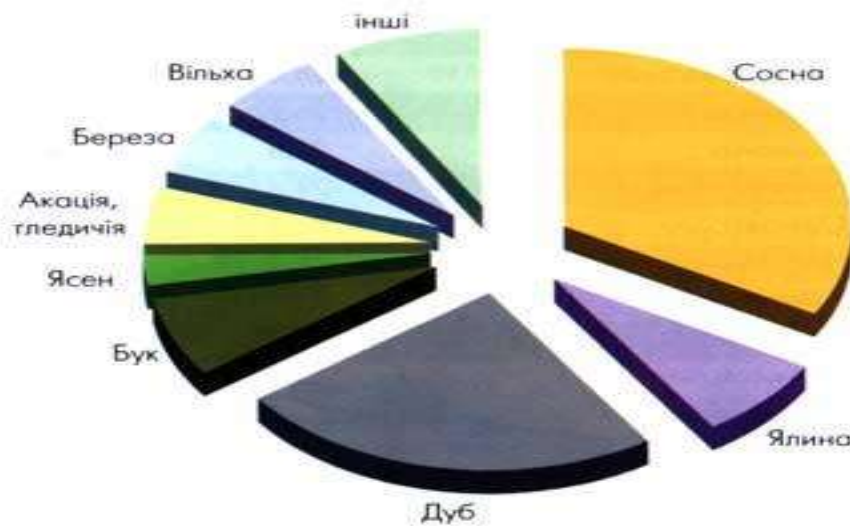


Рис. 2.3. Розподіл площі лісів України за переважаючими деревними породами (станом на 2011 р.)

Пересічний запас деревини на гектар покритої лісом площі України становить 155 м³, у стиглих й перестійних лісах – 255 м³. Середньорічний приріст деревини на гектар покритої лісом площі становить 5,0 м³.

Найбільш продуктивними лісами є Карпатські (приріст деревини 5,5 м³/га). Загалом продуктивність лісів України відповідає пересічному європейському рівню. Так, приріст деревини на 1 га покритої лісом площі в Угорщині становить 6,2 м³, Німеччині – 5,6, Польщі – 3,4, Сербії – 3,3, Болгарії – 1,8 м³. У лісах України дуже мало стиглих й перестійних насаджень, площа котрих становить

500 тис. га (6,0 %) Середній вік хвойних насаджень складає 45 років, твердолистяних – 54, м'яколистяних – 33 [34].

«Ліси України є джерелом цінної промислової сировини, продуктів харчування, стабілізуючим фактором навколишнього природного середовища Для примноження цього національного багатства необхідним є істотне підвищення продуктивності лісів, поліпшення їх охорони та захисту. Питання підвищення ефективності відтворення лісів необхідно розглядати в тісному взаємозв'язку з організацією раціонального використання всіх компонентів лісу» [23].

2.2. Функціональна структура моніторингу лісів

У даний час моніторинг лісових ресурсів еволюціонує, що має забезпечувати більш ефективне вирішення на сучасній й перспективній науково-технічній базі як класичних, так і нових завдань. Виходячи із функціонального призначення у його складі виділено 8 груп (рис. 2.4.) [14].

Охорона лісів від пожеж включає:

- встановлення ступеня зволоження лісових горючих матеріалів;
- визначення меж снігового покриву і строків настання пожежонебезпечного сезону на території лісів;
- виявлення ресурсної і грозовий хмарності;
- спостереження за динамікою лісових пожеж;
- виявлення вогнищ загорянь (лісових пожеж):
- визначення зон задимлення;
- оцінка їх наслідків (облік поточних змін).

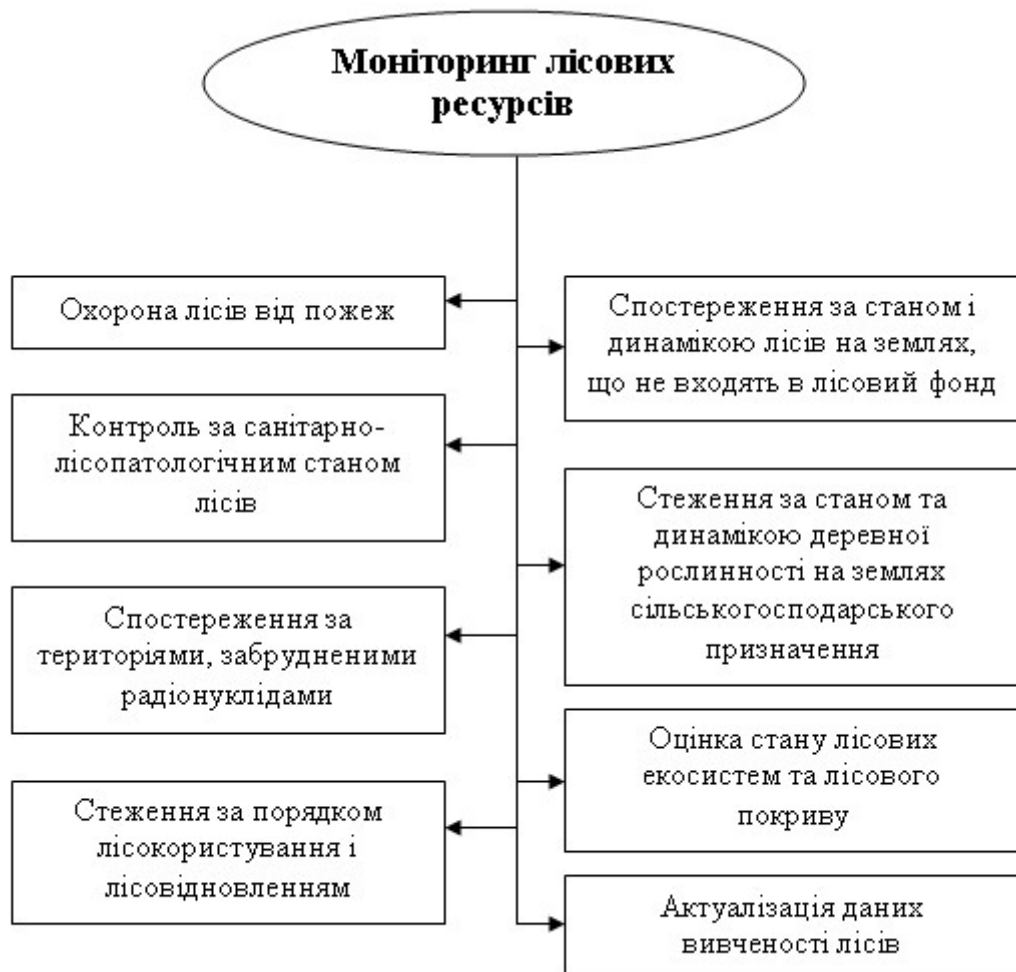


Рис. 2.4. Функціональна структура моніторингу лісів

Спостереження за територіями, забрудненими радіонуклідами включає:

- спостереження за рівнем радіації й санітарно-лісопатологічним станом лісів;
- виявлення забруднених радіонуклідами територій;
- спостереження за антропогенною діяльністю у зазначених місцях.

Контроль за санітарно-лісопатологічним станом лісів включає:

- спостереження за ушкодженням лісів природними факторами (вітровали, буреломи, сніголамів);
- спостереження за ушкодженням лісів шкідниками й хворобами;
- спостереження за техногенним забрудненням лісів та земель лісового фонду;

- контроль за ослабленням та пошкодженням лісів від техногенних впливів.

Моніторинг за порядком лісокористування й лісовідновленням:

- за ходом лісовідновлення на вирубках і гарі;
- за порядком лісокористування;
- за збереженням лісових культур і їх динамікою.

Спостереження за станом та динамікою лісів, деревної й чагарникової рослинності на землях, що не входять у лісовий фонд:

- за станом й динамікою лісів на землях міських поселень;
- за станом лісів, розташованих на землях Міністерства оборони.

Спостереження за станом і динамікою деревної та чагарникової рослинності на землях с/г призначення які, не входять до лісового фонду:

- за станом поле- й ґрунтозахисних насаджень;
- за станом й динамікою іншої деревної та чагарникової рослинності.

Оцінка стану лісових екосистем та лісового покриву:

- динаміки лісоболотної систем і стану меліорованих земель лісового фонду;

- фенологічного стану лісового покриву;
- фітомаси лісового покриву;
- екосистемного різноманіття лісів;
- впливу лісових пожеж, антропогенної діяльності і інших впливів на

ліси, лісовий фонд, процеси накопичення та емісії вуглецю у лісових масивах

Актуалізація даних вивченості лісів:

- інвентаризація малоосвоєних лісів при повторному лісовпорядкуванні;

- інвентаризація лісів при періодичному лісовпорядкуванні у зоні інтенсивного ведення лісового господарства та лісокористування;

- дрібномасштабне тематичне картографування лісів;
- інвентаризація резервних лісів.

У зв'язку з тим, що моніторинг лісового фонду ефективно функціонує лише при наявності надійної інформації при вивченості лісів й розвиненою ГІС, першочерговими варто вважати завдання інвентаризації лісів при періодичному лісовпорядкуванні у зоні інтенсивного ведення лісового господарства й лісокористування та інвентаризації резервних лісів, на основі інформації котрих мають формуватися й підтримуватися у актуалізованому стані комплексні багатопільові геоінформаційні системи різних рівнів. Рішення усіх окреслених задач можливе лише при поєднанні різних видів спостережень й вимірювань. Головні з них – аерокосмічні (дистанційні).

Потреба у різних видах моніторингу викликана тим, що сучасні дистанційні методи і засоби у багатьох випадках не забезпечують отримання усього комплексу необхідних даних й повинні доповнюватися даними наземних спостережень. У зв'язку із цим важливе завдання – об'єднання космічних, авіаційних й наземних методів спостережень таким чином, щоби при мінімальних затратах праці й засобів отримувати максимальний обсяг даних. Пріоритет віддається дистанційним методам, зокрема у важкодоступних районах. Лише у тих випадках, коли космічні та авіаційні методи окремо чи спільно не вирішують проблему отримання необхідної інформації чи вирішують частково, вони повинні доповнюватися чи повністю замінюватися наземними вимірюваннями і спостереженнями.

2.3. Екологічний моніторинг лісових ландшафтів

За даними Національної доповіді «Про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2017 році» підприємства Держкомлісгоспу «проводили моніторинг лісової рослинності на 1551 ділянці у 24 областях країни. Здійснюється оцінка біомаси, пошкодження біотичними та абіотичними чинниками, мисливської фауни, біорізноманіття, радіологічні визначення. Крім того, деякі дослідження здійснюються в рамках міжнародних програм за результатом надання міжнародної фінансової та технічної допомоги» [23].

Екологічний моніторинг лісів в Україні здійснюється у рамках міжнародної програми моніторингу лісів ICP Forest (із 1986 року) та відповідно до «Положення про державну систему моніторингу довкілля» [22]. Виконавча комісія Конвенції із широкомасштабного забруднення повітря у червні 1985 р. організувала Міжнародну об'єднану програму оцінювання та моніторингу впливу забруднення повітря на ліси (ICP Forest), що включає підготовку загальної методики робіт й фінансується переважно Програмою UNEP (ООН).

Ключовим завданням цієї програми є поглиблення знань про причинно-наслідкові зв'язки між забрудненням повітря й станом лісів на основі тривалого їх моніторингу. Отже у рамках цієї програми збирається інформація про просторові й часові зміни стану лісів на загальноєвропейському рівні та одночасно покращується розуміння причин погіршення стану лісових масивів [31].

Як основні структурні одиниці ICP Forest були сформовані національні центри (NFCs), функції котрих виконували дослідні інститути або лабораторії країн-учасниць. В нашій країні таким центром є Український науково-дослідний інститут лісгоспу і агролісомеліорації (УкрНДІЛГА), який розташований у місті Харкові.

Національні центри організують збирання й синтез даних моніторингу за узгодженими методиками й гарантують якість зібраної інформації, організують польові тренування фахівців тощо. Національні центри подають інформацію у відповідному форматі до Західного координаційного центру Федерального дослідницького центру лісгоспу і лісової промисловості (BFH), який знаходиться в німецькому місті Гамбург.

Моніторинг європейських лісів, крізь фінансові причини, не може повсюдно здійснюватися із високою інтенсивністю, й під час масового моніторингу є можливість оцінити тільки незначну кількість параметрів. Одночасно встановлення причинно-наслідкових зв'язків потребує проведення досить детальних досліджень. Тому в ICP Forest було визначено 3 рівні

інтенсивності спостережень [71], які в сукупності дозволяють в повноцінно вирішувати дану проблему (рис. 2.5.).

Розглянемо широкомасштабний моніторинг, завданням якого є отримати результати на основі незначної кількості показників, що характеризують зміну стану лісів у просторово-часовому аспекті. На цьому рівні отримують інформацію про просторово-часові зміни стану лісів у окремих країнах й в цілому в Європейській частині. При цьому визначається широкомасштабний вплив на ліси глобального забруднення повітря.

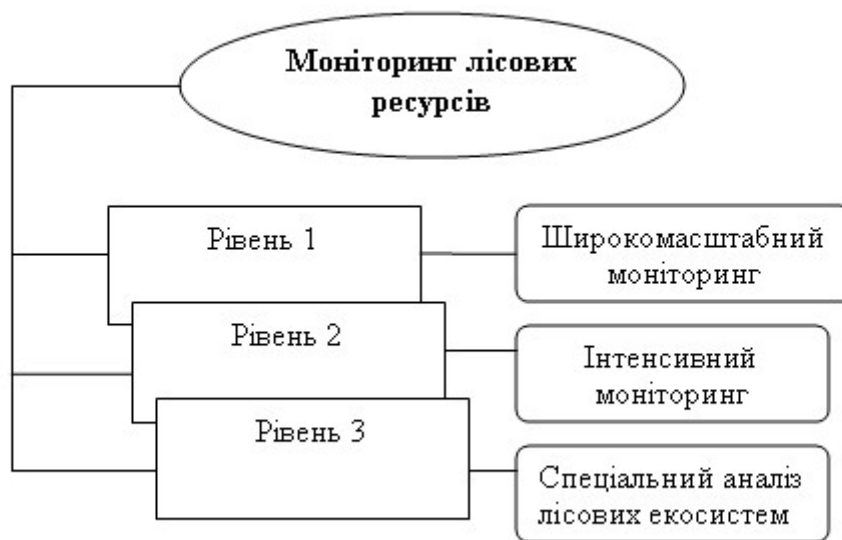


Рис. 2.5. Рівні інтенсивності моніторингу лісових ресурсів

Інтенсивний моніторинг – слугує для виявлення чинників і процесів, що впливають на найбільш розповсюджені лісові ландшафти. Особлива увага при цьому приділяється атмосферному забрудненню. Дослідження здійснюються на невеликих константах, суб'єктивно вибраних ділянках. Роботи на 2-му рівні моніторингу передбачають отримання й оцінювання інформації про вплив забруднювачів повітря і інших шкідливих чинників на стан різних типів лісових екосистем у кожній з країн-учасниць. При цьому уносятся вклад у визначення критичних навантажень й розуміння причинно-наслідкових зв'язків між станом окремого насадження, забрудненням атмосфери й іншими чинниками, які можуть впливати на стан лісу загалом. Результати моніторингу на першому рівні,

особливо з даними досліджень другого рівня, можуть слугувати основою для прийняття політичних рішень у сфері охорони довкілля.

Метою спеціального аналізу лісових ландшафтів є глибоке розуміння причинно-наслідкових зв'язків із поглибленим вивченням впливів на лісові масиви забруднювачів повітря. Дослідження проводяться із високою інтенсивністю на небагатьох постійних лісоекологічних станціях із метою детального вивчення складних взаємовідносин між усіма компонентами екосистеми.

На теперішній час найбільш розповсюдженими у кожній країні є роботи на 1-му рівні моніторингу. Моніторинг на 3-му рівні здійснюється зазвичай в контексті певних наукових досліджень, й у зведених матеріалах ICP Forest не відображається. Роботи на 1-му рівні моніторингу ведуться на дослідних ділянках, що підбираються на основі конкретних координатних мереж. При цьому розрізняють міжнародні й національні дослідження.

Національні дослідження відображають зміни стану лісів у конкретній країні, тому вони проводяться на основі національної мережі вибіркового ділянок. Густота їх різноманітна, так як різні площі вкритих лісом територій, структура лісів й характер політики у сфері лісових ресурсів.

Вибір ділянки для проведення моніторингу лісів першого рівня здійснюється за наступними критеріями [68]:

- варто уникати деревостанів нижче V класу бонітету й рідколісь;
- локація повинна бути на території, укритій лісом, який повинен займати площу не менше 1 га;
- точка має бути віддалена від узлісся на 50 м;
- ділянка повинна знаходитися у одному лісотаксаційному виділі.

Якщо точка не може бути обрана, так як її положення не відповідає цим критеріям, тоді її можна перемістити на відстань до 500 м. Для того, щоб уникнути суб'єктивності при перенесенні локацій, на карту накладають палетку, побудовану на основі випадкових чисел, чи спіральну палетку. Для національних спостережень передбачена можливість у кожній країні обирати свою мережу

спостережень, проте дотримуватися міжнародних принципів статистичної обробки.

«В Україні закладання ділянок моніторингу лісів 1-го рівня та пробних площ 2-го рівня почалось у 1989 році. Площі для інтенсивного моніторингу закладені неподалік метеостанцій контролю транскордонного перенесення забруднювачів біля м. Берегово в дубових насадженнях різного віку та біля м. Рава Руська в соснових лісах» [34].

В Україні вчені виокремлюють 3 основні регіони забруднення: територія Запорізької, Донецької, Луганської, Дніпропетровської й Кіровоградської областей, на котрій експлуатується понад 500 різних родовищ корисних копалин й нагромадилося приблизно 7 млрд. т. відходів; радіоактивно забруднені райони Полісся, зокрема сільгоспугіддя – 6,4 млн. га та лісові масиви - понад 10 млн. га, а також Прикарпатські райони Івано-Франківської та Львівської областей, де працює ціла низка хімічних підприємств[68].

Принципи сталого розвитку суспільства передбачають контроль стану довкілля та заходи із його покращення. А якщо врахувати, що лісові масиви є найменш антропогенно-модифікованими екосистемами, то саме їхній моніторинг спроможний найбільш достовірно ідентифікувати рівні забруднення й стан довкілля. «Науковці УкрНДІгірліс проводять моніторинг лісів з 1989 р. згідно з відповідною Державною програмою та завданнями Держкомлісгоспу України, і за їх результатами найгірший стан лісів в регіоні Українських Карпат відмічено саме в Івано - Франківській області» [33].

Метою їх досліджень було поглиблене вивчення стану й забруднення лісових екосистем Івано-Франківської області у зв'язку із віддаленістю від промислових підприємств різного профілю. При цьому використовувались загальноприйняті методи моніторингу, а визначення важких металів було проведено у сертифікованих лабораторіях. Дослідження виконувалися відповідно до угоди із Міністерством охорони навколишнього середовища № 336/13 від 10.05.1999 р.

Згідно програми робіт в Івано-Франківській області було закладено 3 локальні мережі моніторингу лісів довкола Бурштинської ТЕС, Калуського хімічного комплексу «Оріана» й Надвірнянського нафтопереробного заводу. Застосовано різні підходи формування мережі. У першому випадку постійні об'єкти закладені за радіальною схемою (16 шт.), в другому - на растровій мережі 5 на 5 км (25 шт.), в третьому - за круговою схемою (7 шт.).

«Отримані результати свідчать про деструктивний стан лісових екосистем навколо всіх промислових підприємств області. Наприклад, поблизу Бурштинської теплової електростанції при середньому для регіону рівні дефоліації в 20% тут цей показник в більшості складає 30-40%, а дехромація - відповідно 10 і 20-30%, клас пошкодження - 1,0 і 2,0-2,5, відсоток сухих сучків - 10 і 15-20 %. Особливе занепокоєння викликає цей факт, якщо врахувати добрі таксаційні характеристики облікових дерев (периметр, клас Крафту, стан вершини). В розрізі деревних видів найкращий стан мають лісові екосистеми з домінуванням ясеня, а далі в порядку його погіршення розташовуються букові, грабові і найгірший стан у дубових лісових екосистем» [12].

Для проведення оцінки інтенсивності техногенного впливу на природні екосистеми на усіх об'єктах локального моніторингу, були відібрані зразки із основних структурних елементів біогеоценозів. Які були проаналізовані на вміст важких металів, що є достовірними індикаторами надходжень у довкілля токсинів антропогенного походження.

В зразках ґрунту із верхнього 0-15 сантиметрового шару достовірно встановлено наявність 22 хімічних елементів із 40, які визначалися. Перевищення фонового регіонального рівня їхнього вмісту відмічено біля промислових підприємств практично для усіх визначених елементів. Найбільш виражене перевищення встановлено для кадмію (Бурштин, Надвірна), цезію, кобальту, міді, заліза, свинцю, лантану, марганцю, нікелю, стронцію, титану й ванадію.

Основні лісові трави, така як осока волосиста, характеризуються меншим вмістом важких металів порівняно із підстилкою. А хром, молібден й нікель у

них взагалі не фіксується. Найчастіше у травах зустрічається свинець, мідь, стронцій і титан, а значно рідше – кадмій, й у окремих випадках – ванадій, кобальт та цинк. Враховуючи перевищення концентрацій стронцію й цинку в осоці над підстилкою, а також появи у складі осоки волосистої ванадію, можна зробити висновок, що ця рослина в нашому регіоні має властивість накопичувати згадані хімічні елементи у своїй біомасі.

«Кора виступає як “депо” тих хімічних елементів, які поглинаються деревом. Тому, концентрації важких металів у ній значно вищі, ніж у трав'яному покритті, за виключенням біогенних елементів: алюмінію та магнію. За окремими хімічними елементами кора більш забруднена, ніж підстилка - це кобальт, нікель, свинець, і, особливо, - стронцій, ванадій та цинк. Вміст цинку в корі дуба максимальний для всіх видів зразків цього локального моніторингу лісів, але при цьому зустрічається цей елемент у корі приблизно в 25% випадків» [32].

У листках дерев накопичується найбільша різноманітність й максимальні концентрації металів антропогенного походження, та якраз для дуба, з-поміж інших деревних порід, ця закономірність проявляється найбільше. Кількість елементів у листках дуба більша, ніж у підстилці - у них з'являється ванадій. А концентрації їх переважно знаходяться на рівні тих, котрі у підстилці. Більші вони у магнія (у 2 рази), стронція (у 2,5 рази) і ванадія. Зроблено висновок про високу акумулятивну здатність листя дуба щодо ванадію, стронцію і свинцю.

«Для оцінки забруднення довкілля відбиралися та аналізувалися на вміст важких металів (*Cd*, *Cr*, *Cu*, *Fe*, *Ni*, *Pb*, *V* та *Zn*) також зразки мохів - було використано методи біоіндикації. Біоіндикація забруднення мохами свідчить за перевищення фонових рівнів вмісту токсичних металів у лісових екосистемах на локальних межах Івано-Франківської області – разів: для кадмію - в 1-8, для хрому - 2-15, для міді - 0,3-2, для заліза – 0,4-6, для нікеля - 1-5, для свинцю – 0,7-16, для ванадію - 0,5-7, для цинку - в 1-8. Шляхи надходження полютантів в екосистеми регіону вивчалися шляхом дослідження зразків снігу. Отримані результати свідчать про багатший спектр наявних у снігу хімічних елементів,

порівняно з ґрунтом: 24 проти 20. В атмосферних випадіннях регіону концентруються: Ва, , Сг, Сu, Fe, Mg, Мо, Ni, Pb, Zn. Можна припустити, що ця група металів техногенного походження потрапила в довкілля із золою від спаленого вугілля. Для аналізу аномальності визначених елементів використано значення показника контрастності. Достовірні аномалії встановлено для барію, берилію, церію, лантану, магнію, молібдену, свинцю і титану. В територіальному плані найбільша кількість аномальних випадінь виявлена навколо Бурштина, однак і навколо Калуша їх достатньо» [22].

Результати моніторингу довкілля свідчать про необхідність постійного (раз на 6 або 12 років) контролю забруднення і стану лісів країни, особливо довкола найбільших промислових підприємств.

2.4. Аналіз підходів проведення моніторингу лісових ресурсів із використанням технологій ДЗ

Ліси були першими екосистемами, із яких розпочалось дистанційне вивчення укритої рослинністю земної поверхні шляхом отримання аерофотозображень заліснених територій. У колишньому Радянському Союзі перші спроби застосування повітряних носіїв для таксації лісів були здійснені у 1922 році [15]. Із того часу аерофотознімання стало невід'ємною складовою картування лісів. Виготовлені на основі цих зображень ортофотоплани й нині з успіхом застосовують при лісовпорядкуванні. Після 2-ї Світової війни до арсеналу дистанційних методів залучаються спектрзональна аерофотозйомка, а із 1960-х рр. - фотографічні й телевізійні зображення із супутників або пілотованих космічних апаратів. Тоді ж були сконструйовані нові знімальні оптико-електронні системи – сканери, які надавали інформацію про земну поверхню як у видимій, так й у інфрачервоній областях спектру. Це дозволило фіксувати із космосу такі зміни стану рослинності, що не сприймалися оптичним діапазоном. У період 1970-1980 рр. за допомогою космічних зображень стало

можливим контролювати вирубування лісів, виявляти лісові пожежі та оцінювати об'єми лісових запасів на значних територіях [26].

Стрімкий розвиток сучасних вимірювальних засобів й комп'ютерних технологій, знімальної апаратури та методів опрацювання багатозональних супутникових зображень значно розширив можливості отримання інформації про лісові об'єкти. Цьому посприяла поява в кінці XX - на початку XXI ст. доступних зображень із космічних супутникових систем. Дешифрування різночасових космозображень за допомогою автоматизованих програмних комплексів, таких як ENVI або ERDAS Imagine, дозволило вивчати як структурні, так й функціональні параметри лісових ландшафтів, зокрема потенційну продуктивність лісових масивів, швидкість розвитку ураження ділянок лісу хворобами або шкідниками, уможливило оперативне виявлення осередків усихання деревостанів або виникнення лісових пожеж тощо.

Звісно, на практиці лісового господарства однією із найактуальніших є проблема оновлення тематичних карт лісовпорядкування, тобто встановлення зовнішніх меж лісовкритих площ, визначення породного й вікового складу деревостанів. В поєднанні із іншими картами вони можуть стати основою ГІС для лісогосподарського виробництва і організації раціонального землекористування. Передові комп'ютерні технології дозволяють на основі аерофотознімків й багатозональних космічних знімків створювати зазначені карти.

Застосування матеріалів дистанційного космічного зондування для дослідження лісових масивів України розпочалось у нашій державі із середини 1990-х років, коли відбувся поступальний прорив у розвитку геоінформаційних систем, викликаний появою ПК. Розвиток комп'ютерних технологій, які підштовхнули переведення даних дистанційного зондування Землі в цифровий формат для їх наступної обробки, спричинив появу нового й дуже ефективного методу проведення просторового аналізу поверхні Землі.

Одними із перших багатозональні знімки різного просторового розрізнення для вивчення екологічного стану лісів і ландшафтів застосували

спеціалісти Наукового центру аерокосмічних досліджень Землі України (ЦАКДЗ, м. Київ). На зображеннях апарату SPOT-4 від 23.08.1995 року в районі зони впливу аварії на Чорнобильській АЕС було відокремлено чорновільхові ліси від дубово-грабових й осиково-березових, а з-поміж соснових лісів – Зони відчуження виявлено лісові площі, вражені сосновим шовкопрядом, що підтвердилось наземними дослідженнями [40].

Для класифікації гірського лісового покриву територій в Центрі розроблено новий метод топографічної корекції інформації багатозональних космознімків, котрий «зменшує значення яскравостей пікселів зображень більш освітлених схилів, збільшує – для менш освітлених і незмінює ці значення, коли поверхня горизонтальна. Цією ж групою вчених здійснено спробу з'ясувати можливості використання даних відео спектрометра MERIS для класифікації земного покриву Українських Карпат. Дослідження показали, що зображення ENVISAT MERIS з грубою просторовою розрізненістю 1200 м забезпечує середній результат класифікації: добре виділяються лише хвойні ліси та вкриті снігом вершини. Класифікація з використанням множин індексів REP та MTCI дає кращі результати, ніж класифікація на основі значень відбиття» [34].

На тепер триває успішне співробітництво спеціалістів ЦАКДЗ із фахівцями УкрНДІГірліс, завдяки якому започатковано організацію Карпатського полігону ДЗЗ. Дослідження стану його лісистості зроблено на підставі супутникових зображень низької та середньої розрізненості (ENVISAT/MERIS, NOAA/AVHRR, «Landsat-7/ETM», SPOT Vegetation, TERRA/MODIS). Найбільш наближеними до фактичних даних розмірів площ лісо вкритих територій були результати класифікації космознімків «Landsat-7/ETM». При аналізі цих знімків за період із 1979 до 2000 роки. встановлено, що тренд співвідношення площ листяних й хвойних лісів на дослідженій території вказує на збільшення площі саме листяних лісів [17]. На підставі наземних обстежень та лісотаксаційних даних виконано керувану класифікацію гірських лісів Карпатського національного природного парку (КНПП) з метою виділення породного складу лісових насаджень.

У межах лісів гірської території, найбільш вдало визначаються листяні ліси із перевагою бука (85 %), хвойні ліси надійно відокремлюються від листяних (понад 82 % випадків), легко ідентифікується рослинність на луках й вирубки різного віку, а також поселення, техногенні об'єкти у межах населених пунктів, хмарний покрив (100 %) [26]. Дослідження у цьому напрямку в Центрі тривають й дотепер.

У останні роки до впровадження ДЗ й ГІС долучились ще й представники лісознавчої науки із Національного університету біоресурсів й природокористування України, де із 2003 року функціонує кафедра ГІС-систем і технологій, котра є складовою Навчально-наукового інституту земельних ресурсів й правознавства. Тут працюють фахівці із цифрової обробки даних ДЗЗ, які з метою вивчення стану лісів Надвірнянського лісового господарства Івано-Франківської області провели керовану класифікацію знімків SPOT-6 із використанням матриці нечітких множин й «Landsat-6» та отримали цифрову карту лісових насаджень цієї території.

Варто відзначити, що фахівці лісознавчої науки із Національного лісотехнічного університету України, що знаходиться у Львові, теж наприкінці 90-х років почали залучати космічні знімки для класифікації лісонасаджень. Так, О. Г. Часковським визначено особливості застосування космічних знімків SPOT для дослідження стану лісонасаджень природного заповідника «Розточчя» й прилеглих до нього територій. Для диференціації рослинного покриву використано комбіновані зображення, складені із оригінальних каналів та додатково обчисленого за допомогою алгебраїчних алгоритмів NDVI-каналу. У результаті автоматичного дешифрування космічних знімків достовірно інтерпретовано по 2 вікові категорії для класів хвойних, листяних й мішаних насаджень: старші (вище 50 років) та молодші (вік насадження до 50 років) [66].

Співробітники координатора моніторингу лісів УкрНДІЛГА також здійснювали розробку підходів до використання матеріалів ДЗ для виявлення осередків пошкодження лісових насаджень. Сьогодні у цьому науковому закладі у рамках українського-чеського проекту «Співробітництво в області

інвентаризації лісових екосистем – ТехІнЛіс-2» [23] у співпраці з спеціалістами ВО «Укрдержліспроект» та інституту дослідження лісоекосистем (IFER, Чеська Республіка) розроблено ефективну технологію для складання і актуалізації ГІС у лігоспі за допомогою Field-Map, котра може легко поєднуватися із супутниковими зображеннями [32]. Тому залучення супутникових знімків для дистанційного моніторингу лісових територій в УкрНДЦЛГА дає непогані перспективи у плані розвитку й впровадження передових технологій в лісовому й садово-парковому господарстві.

Окрім наукових й освітніх організацій, до справи застосування супутникових знімків для вивчення лісів залучаються і спеціалісти, що працюють у підвідомчих установах НКАУ (Національного космічного агентства України). Одним із підприємств НКАУ являється науково-дослідний й виробничий центр аерокосмічної інформації «Природа». Пріоритетним його завданням стало формування архіву аерокосмічної інформації. Згодом Центр, крім підтримки фонду аерокосмічних даних, забезпечував збір заявок на супутникові дані, їх систематизацію, обробку інформації й надання її користувачам. Починаючи із 2002 року він щорічно проводить наради «Можливості сучасних ГІС/ДЗЗ-технологій у сприянні вирішення проблем регіонів України» [12]. На таких нарадах у 2016-2018 рр. спеціалісти цього центру доповідали про складання цифрових карт лісів й об'єктів природно-заповідного фонду Рівненщини і Тернопільщини із використанням супутникових знімків [32], а також давали оцінку зміни лісовкритих площ за допомогою ДЗЗ та ГІС-технологій (на прикладі західної частини Закарпатської області).

Зводячи викладене, можна стверджувати, що в Україні нагромаджено власний досвід обробки багатозональних супутникових знімків для дистанційного моніторингу лісоекосистем. Так як в Україні систематично готуються молоді кадри що оволодівають сучасними технологіями обробки космічної інформації, то варто очікувати подальшого прогресу у втіленні дистанційних методів для потреб дослідження територій з лісовими масивами.

Тому вбачається перспективним формування в Україні вітчизняної системи рентабельного дистанційного лісового спостереження, яка була б заснована на основах, узгоджених й гармонізованих із відповідними проектами, що здійснюються під егідою Єврокомісії.

Висновки до розділу 2

Сумарна лісистість території України становить 14,7 %, при оптимальній лісистості для наших природно-кліматичних умов 23 %. Проектування лісонасаджень має ґрунтуватись на системному підході, котрий враховує як природно-кліматичні чинники, так й цілі лісонасадження. Використання комплексного підходу дасть змогу втілювати єдині підходи до складання та вирощування лісових насаджень на теренах України.

Для покращення екоситуації в Україні передбачено проведення спостереження довкілля. Оскільки, ліси є найменш господарсько модифікованими ландшафтами, то саме їх моніторинг спроможний найбільш достовірно ідентифікувати рівні забруднення й стан довкілля.

В Україні накопичений певний досвід спостереження лісових ресурсів із використанням технологій ДЗ. До справи застосування супутникових знімків для моніторингу лісового фонду залучаються наукові й освітні організації, а також спеціалісти, що працюють у підвідомчих установах Національного космічного агентства. Саме тому в Україні є перспектива складання вітчизняної системи моніторингу лісових ресурсів із використанням технологій ДЗ.

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗДІЙСНЕННЯ МОНІТОРИНГУ ЛІСІВ РЕГІОНУ

3.1. Загальна характеристика Хустського району

Хустський район – район Закарпатської області в Україні, утворений 2020 року. Адміністративний центр – місто Хуст. Район створено відповідно до постанови Верховної Ради України № 807-IX від 17 липня 2020 року.

Хустський район

Хуст
28,3 тис. осіб
Адміністративний центр

269,1
тис. осіб - населення району

143
населених пунктів у районі

3,18
тис. км. кв. - площа району

13
територіальних громад у районі

Білівська сільська, Вишківська селищна, Горинчівська сільська, Довжанська сільська, Драгівська сільська, Зарічанська сільська, Іршавська міська, Кам'янська сільська, Керецьківська сільська, Колочавська сільська, Міжгірська селищна, Пилипецька сільська, Синевирська сільська, Хустська міська територіальні громади

Раніше територія району входила до складу Хустського (до реформи 2020 року), Міжгірського, частково Іршавського та Свалявського районів, ліквідованих тією ж постановою (рис. 3.1)

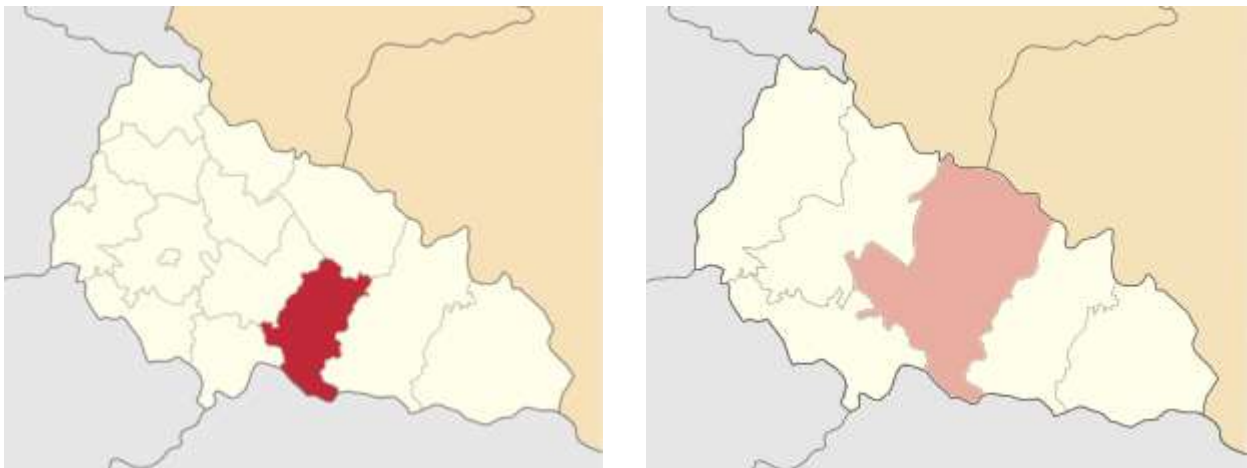


Рис. 3.1. Територія Хустського району до і після адмінреформи

Район межує на півночі з Калуським районом Івано-Франківської області, на сході із Тячівським районом Закарпатської області, на півдні – з Румунією, на заході – з Берегівським і Мукачівським районами Закарпатської області.

Район знаходиться у центрі Закарпатської області. На півдні має незначний вихід до державного кордону з Румунією. Є найбільшим за площею та кількістю населення районом Закарпаття.

Район в укрупнених межах ділиться на 13 територіальних громад, в тому числі 2 міські, 2 селищні та 9 сільських громад. До його складу увійшли (рис. 3.2): Хустська, Іршавська, Білівська, Довжанська, Зарічанська,

Колочавська, Пилипецька, Синевирська, Керецьківська, Горінчівська, Драгівська сільські, Міжгірська, Вишківська селищні територіальні громади.



Рис. 3.2. Громади на території нового Хустського району

Таблиця 3.1

Населення, та площа ТГ Хустського району

Назва громади	Статус	Центр	Площа	Населення (2020 р.)	Щільність населення
Білківська	Сільська	с. Білки	149,2	20650	138,4
Вишківська	Селищна	сmt. Вишково	179,9	16109	89,5
Горінчівська	Сільська	с. Горінчово	223,6	12785	57,2
Довжанська	Сільська	с. Довге	257,5	16801	65,2
Драгівська	Сільська	с. Драгово	148,1	13821	93,3
Зарічанська	Сільська	с. Заріччя	41,6	8333	200,3
Іршавська	Міська	м. Іршава	309,5	35893	116,0
Керецьківська	Сільська	с. Керецьки	298,9	14959	50,0
Колочавська	Сільська	с. Колочава	161,5	8757	54,2
Міжгірська	Селищна	сmt. Міжгір'я	554,1	24896	44,9
Пилипецька	Сільська	с. Пилипець	199,6	7095	35,5
Синевирська	Сільська	с. Синевир	254,5	6376	25,1
Хустська	Міська	м. Хуст	402,3	80858	201,0

Кодом КАТОТТГ Хустського району є UA21120000000022889

Населення: 269 100 осіб (2020 рік)

Площа: 3174,4 км²

Густота: 84,77 осіб/км²

Центральні органи адміністративного управління району знаходяться у місті Хуст (28,5 тис.чол.).

Крайніми точками Хустського району є:

на півночі — місцевість поблизу витоку річки у районі гори Магура на північ від села Верхній Студений Пилипецької громади

на півдні — місцевість на кордоні з Румунією на південь від села Яблунівка Вишківської громади

на заході — місцевість у лісі на захід від сіл Загаття та Климовиця Іршавської громади

на сході — місцевість поблизу витоку річки Озерянки на схід від села Береги Синевирської громади

Складний гірський рельєф дозволяє розвивати переважно тваринництво, лісопереробну і харчову промисловість. Тут вирощують велику рогату худобу

м'ясомолочного напрямку, овець, коней. Працюють підприємства по переробці молока і м'яса. Виробляють споконвічні гуцульські вироби - ліжники, які відомі далеко за межами краю. Район багатий на цегельно-черепичну сировину, поклади мармуру, джерела мінеральних вод. Корисні копалини представлені в основному мінерально-будівельною сировиною. Більше половини всієї території займають ліси.

Найнижче знаходяться населені пункти Гребля та Заріччя Зарічанської громади (~ 125 м), а найвище - село Береги (середня висота поселення - 1000 м, цікаво що центр села на висоті 1080 м). Але найвище розташовані помешкання на хуторі Буковинка, що адміністративно відносяться до села Синевирська Поляна. Хати там побудовані на висоті 1000-1100 м над рівнем моря.

Переважну більшість території району займають гори, а найвищою точкою Хустщини є вершина Лак, що підіймається на 1 134 м.

Найнижча точка району – у маленькому анклаві Хустського району поблизу злиття рік Іршавка та Боржава на південний захід від села Заріччя (~ 120 м). Найвища місцевість - гора Стримба (1719 м) на хребті Стримба хрупи хребтів Внутрішні Горгани масиву Горгани, що в околицях села Колочава.

Найбільші річки: Тиса, Ріка, Теремля, Озерянка, Сухар, Хустець, Рипинка, Голятинка, Бистрак, Боржава, Кушниця, Іршавка, Ільничка, Синявка, Байлова та інші; Озера: Синевир; Водоспади: Шипот, Рудавець.

На території району знаходиться “Закарпатське море” – Вільшанське водосховище, та вулканічне Липовецьке озеро, яке до речі розташоване у горловині давнього вулкану. Про нього розповідають багато таємничих історій.

Флора Хустщини представлена унікальними рослинами: астра альпійська, еритреній собачий зуб, сосна кедрова, тирлич вирізаний, тирлич жовтий, тис ягідний, дзвоники карпатські, ширянка альпійська, виток карпатський, смородина карпатська, льон гірський.

Фауна Хустщини представлена традиційними тваринами: лисиця, вовк, єнотовидний собака, бурий ведмідь, борсук, куниця, горностай, видра, лісовий кіт, рись, заєць, білка, дикий кабан, козуля, карпатський олень. Серед птахів слід

назвати глухаря, тетерева, рябчика, сіру куріпку, сову, дика гуска, дика качка, а з плазунів поширені ящірки, вуж, веретільниця, гадюка звичайна, саламандра.

У річках району водиться багато риби: форель струмкова, лосось дунайський, харіус, умбра, бабець, марена, головень, плітка, карась.

На території Хустщини розташований Хустський масив Карпатського заповідника “Долина нарцисів, а також кілька унікальних заказників, де охороняються унікальні рослини та тварини для Карпат. Саме тут ростуть унікальні дикі гірські нарциси, які не збереглися ніде більше у Європі. Як стверджують вчені, в льодовиковий період сталися геологічні катаклізми і з гір сповз величезний шмат землі разом з рослинами, які і стали знаменитістю цієї долини. А ось неподалік Іза знаходиться знаменита на всю Україну оленяча ферма, де вирощують плямистих оленів з метою здобуття з рогів цих благородних тварин важливої медичної сировини – пантокрину.

Переважає більшість народного господарства Хустщини зосереджена у виробничій сфері, серед якої особливо виділяється сільське господарство. Тут промислово вирощують: кормові культури, картоплю, фрукти, а у тваринництві вирощуються: вівці, корови (молочно-м’ясне скотарство), коні, свині, бджоли (карпатська порода). У селі Нижнє Селище знаходиться унікальна сироварня, де виготовляють сир з натурального молока гірсько-карпатської породи корів.

Серед виробничих галузей району можна виділити такі галузі промисловості: легка (швейні вироби, фетрові головні убори) — Хуст, промисловість будівельних матеріалів (цегла будівельна, черепиця, вапно будівельне) — Хуст.

Мінеральні води Хустського району: Драгово, Шаян, Вишково. Провідне місце серед галузей невиробничої сфери району посідає курортно-рекреаційне та туристичне господарство, тут знаходяться кілька санаторіїв та баз відпочинку.

3.2. Базові ГІС-моделі для здійснення моніторингу лісових угідь та методика їх побудови і використання

Під час розробки базової карти виконано ряд завдань які представлені на рисунку 3.3. Варто відзначити, що не усі елементи ми обираємо при магістерському дослідженні. Тут ми розкриваємо лише ті пункти, котрі дійсно несуть зміст для лісового моніторингу. Дана базова карта слугуватиме для моніторингу лісових угідь та розробки тематичних карт території Хустського району та окремих його громад.

Ключовим для здійснення галузевого картографування є вибір чіткої математичної основи: проекцію карти, її масштаб та геодезичну основу. Враховуючи, більш геометричну-подібну побудови моделей нашого регіону у проекції Меркатора, то її ми власне обирали при створенні нового проекту в АркГІС. Масштаб поняття умовне, у цифровій картографії, більш важливим є робота у межах відповідного просторового розрізнення, як правило ми обирали знімки роздільної просторової здатності у 1,0 метрів. Проте, враховуючи що площа території дослідження, є відносно великою (3174,4 км²) то більш доцільним є вибір меншої роздільної здатності – це 5 метрів. Геодезичну основу ми обирали по аркушах топографічної карти масштабу 1:100 000, так як портал ДГМ в період війни не функціонує, що на нашу думку є правильним рішенням.

Якщо брати до уваги формування картографічного зображення, то ключовими ми обрали елементи гідрографії, населені пункти, одиниці АТУ та дорожню мережу. Такі елементи, як горизонталі та відмітки висот ми не важжали за потрібне вносити до категорію базових чи тематичних компонентів, так як по-перше воно має другорядне місце, по-друге – у Хустському районі щільність ізолінійної поверхні надто висока, по-третє – більш раціональним є проведення орографічних досліджень в межах певної громади (наприклад Довжанської, яку ми досліджували на етапі курсового проектування на 5-му курсі) або навіть локального лісгоспу чи лісництва.

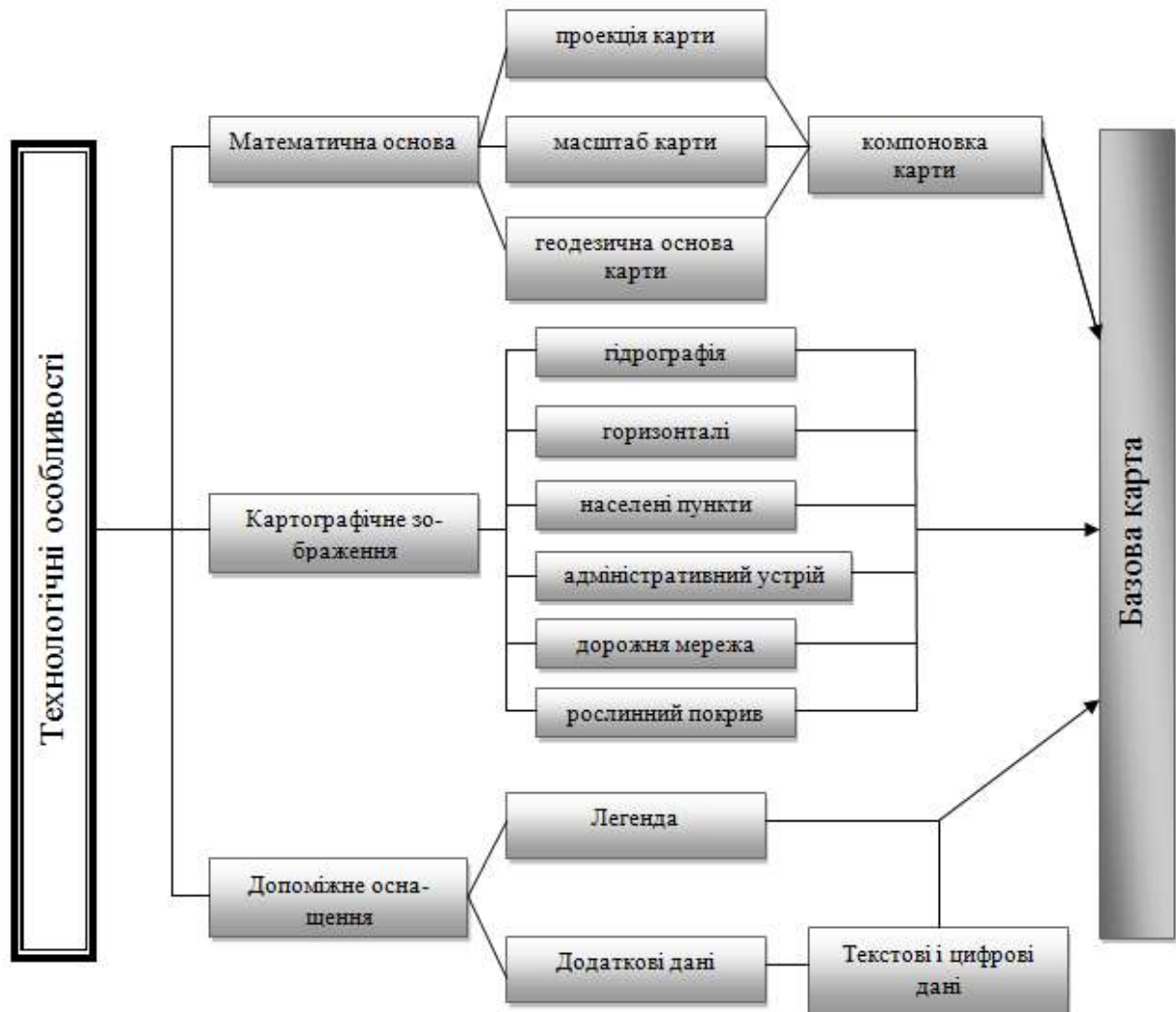


Рис.3.3 Структурно-графічна модель розробки базової карти району дослідження

Для здійснення моніторингу лісових ресурсів необхідно різного роду інформація, види якої відображені в моделі на рисунку 3.4. Безумовно, що оперативний моніторинг потребує достовірної та оперативної інформації, за останній період часу, яка дозволяє приймати рішення в надзвичайних ситуаціях, що може складатись за певний час, або за певний (триваліший) період.

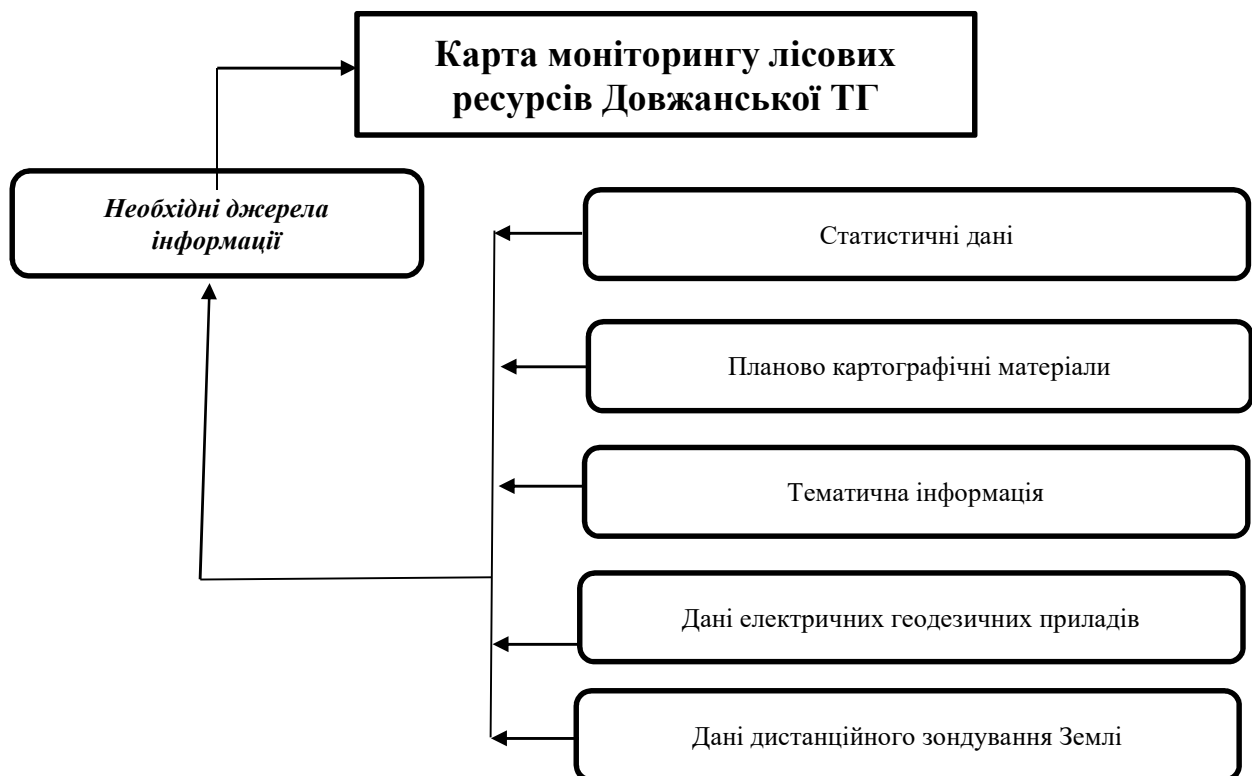


Рис.3.4. Структурно-графічна схема джерел інформації при побудові карти моніторингу лісових ресурсів

При побудові базової карти на територію Хустського району, яка в подальшому застосовуватиметься, як основа для моніторингу лісових ресурсів цієї території, було здійснено ряд підготовчих завдань, так:

1) за допомогою програмного продукту ArcGIS 10.8 було прив'язано топографічну карту масштабу 1:50 000 (номенклатури М-34-131-А, Б, В, Г / М-34-132-А, Б, В, Г / М-34-119-Г / М-34-143-А, Б, В, Г / М-34-144-А). Нажаль 2 аркуши (М-34-130-Г та М-34-142-Б на західну частину району ми не змогли знайти). Також аналогічно були прив'язані аркуші масштабу 1:100 000 (рис. 3.5). Це дає можливість “умовно покрити” територію Хустського району топоосновою, яка слугуватиме підкладкою для подальшої побудови базової карти.

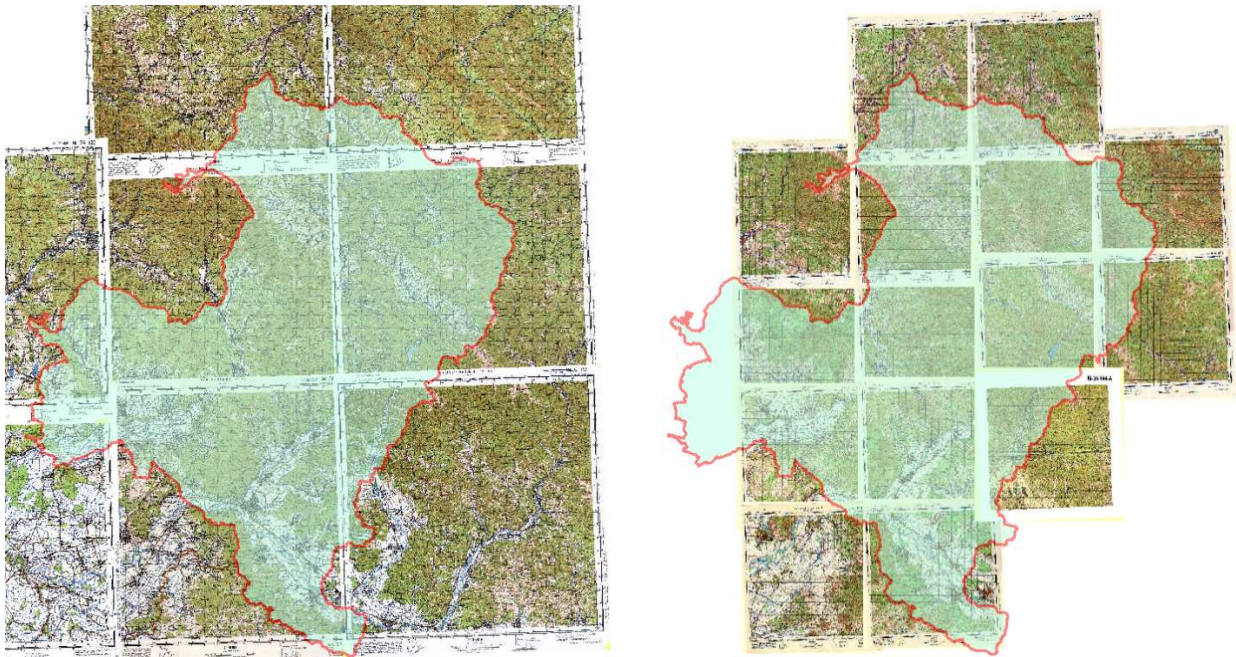


Рис.3.5. Діалогове ArcGIS 10.8 при здійсненні прив'язки топографічних карт масштабів 1:50 000 та 1:100 000

Також використовуючи додаток СасПленет, було прив'язано космічний знімок серії Bing на досліджувану територію (Рис.3.6). Для більш зручної роботи із растрами, ми використали функцію Clip, яка дозволила обрізати растри по полігону нашого району.

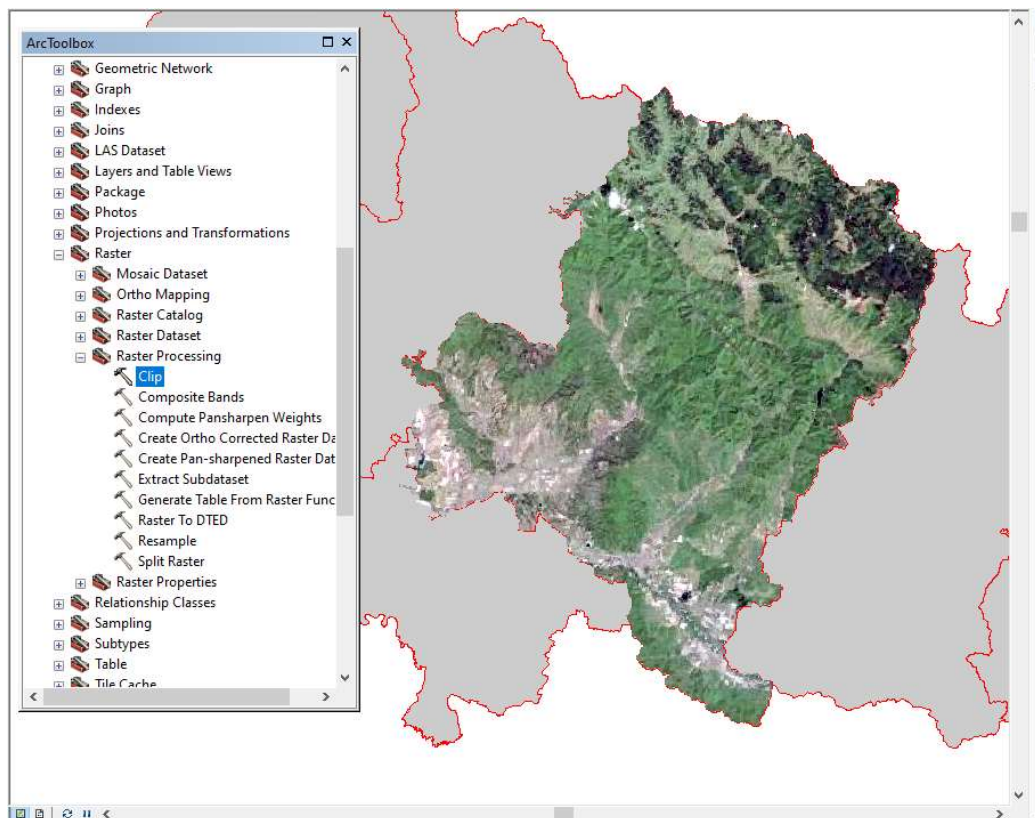


Рис.3.6. Діалогове вікно ArcGIS 10.8 із відображенням космічного знімка

2) після прив'язки топографічної карти та імпорту космозображення, нами було здійснено формування меж адміністративно-територіальних одиниць, спочатку ми імпортували межі 78 колишніх сільських рад, які тепер несуть статус – старостинських округів (рис. 3.7). Після цього об'єднали їх у громаду. В нагоді були геопортали адміністративно-територіального устрою та публічної кадастрової карти України (Рис.3.9).

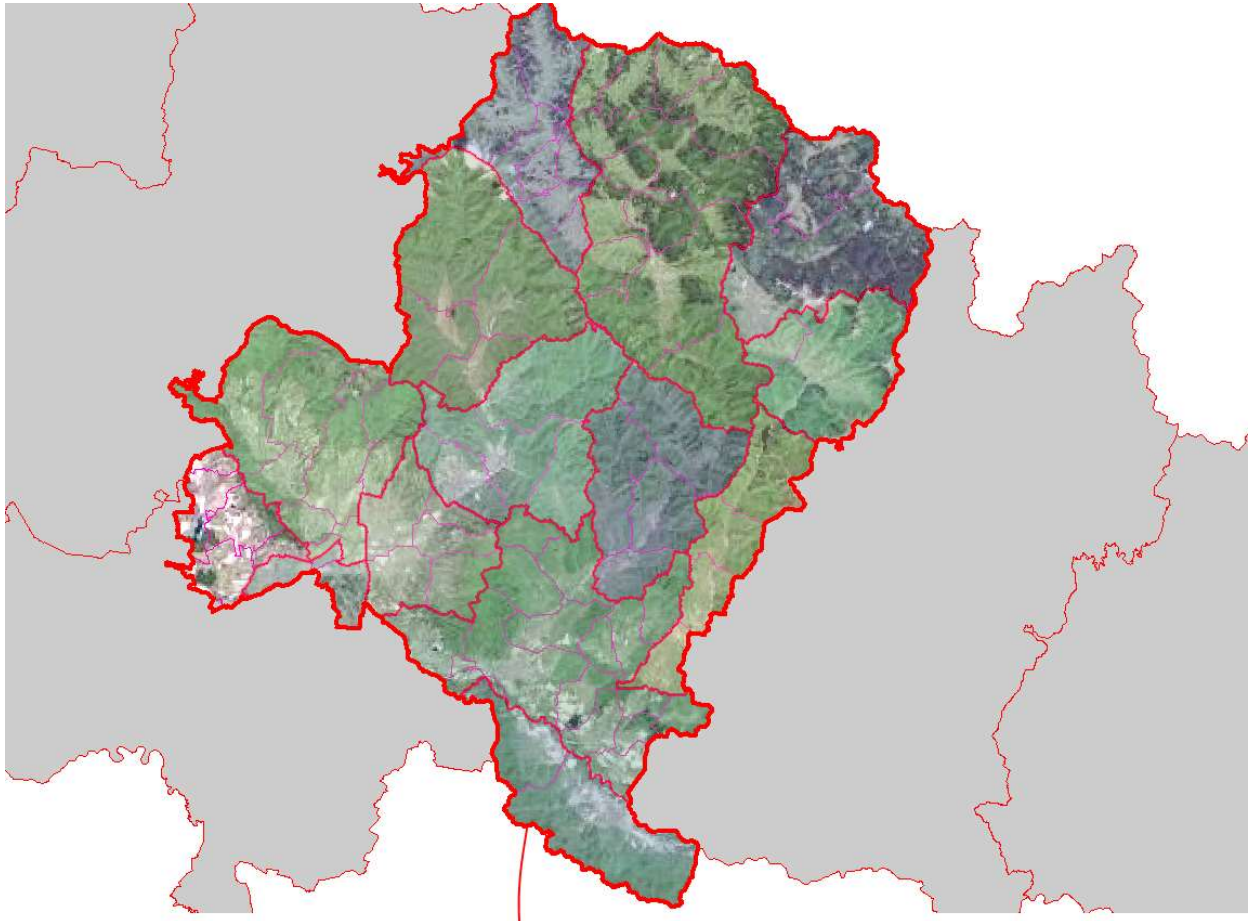


Рис.3.7 Вигляд робочого вікна ArcGIS 10.8 з межами сіль рад та громад

3) після цього ми оцифрували важливі для нас шари із топографічної карти, уточнюючи контури за космознімком: річки й струмки, зокрема на карті знайшли своє відображення: Озерянка, Сухар, Тиса, Ріка, Теремля, Хустець, Рипинка, Голятинка, Бистрак, Кушниця, Іршавка, Ільничка, Боржава, Синявка, Байлова. При оцифруванні річок, ми стикнулися із незгодженістю їх русла, які відображені на топокарті та супутникових знімках. Проте враховуючи, що акцентом нашого дослідження є ліси, а також регіональний масштаб – то розбіжності у декілька пікселів є не суттєвими. Результат векторизації представлено на рисунку 3.8.

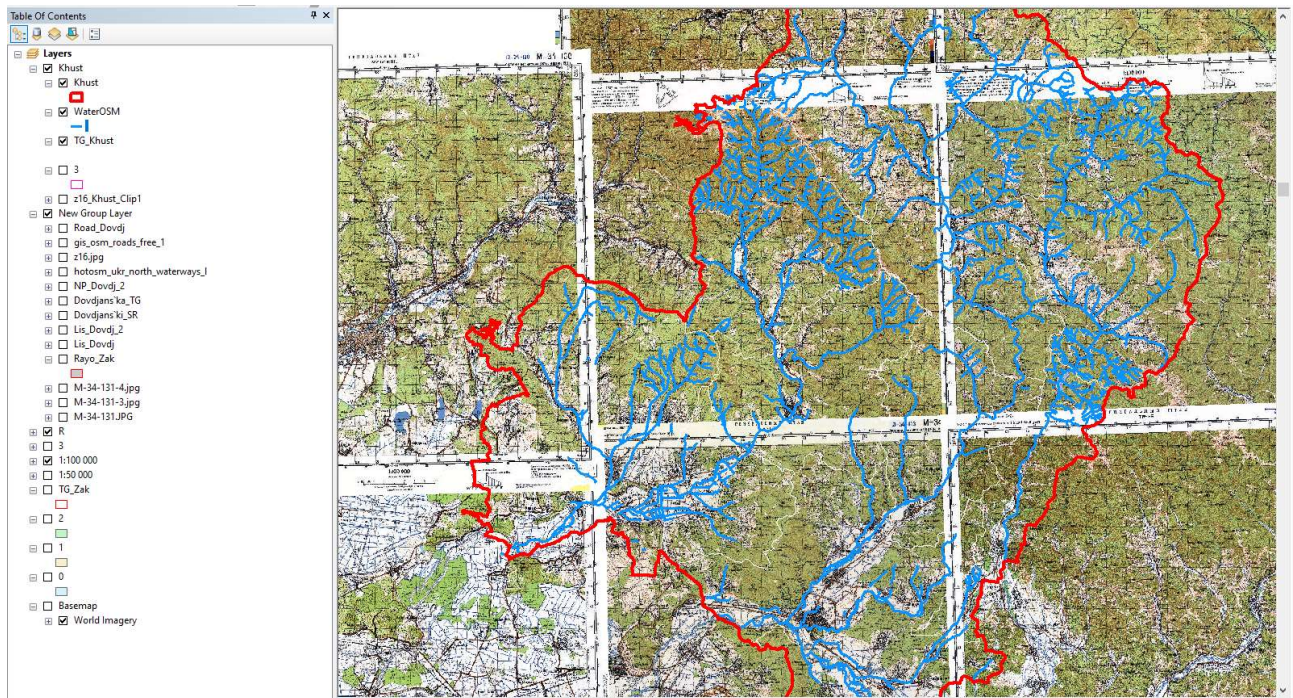


Рис.3.8. Вигляд робочого вікна при створенні шару річок

Нанесення меж населених пунктів і разом із цим їх полігонів, автоматично дає нам змогу відокремити забудовані частини ландшафтів від інших земель. Окрім того, повноцінною картою, навіть тематично-галузевою пунсони поселень є невід’ємною їх складовою. Для реалізації цієї задачі, ми обрали високоякісні знімки серії Ландсет, які в автоматичному режимі дозволили виділити ці елементи. Так було оцифровано 2 міста (Іршава, Хуст) та 141 села, а за топоznімками та інтернет-джерелами, уточненні їх назви. Для отримання більш цілісної картини, поселення були з’єднанні основними шляхами сполучення – автодорогами національного та територіального значень (рис. 3.9)

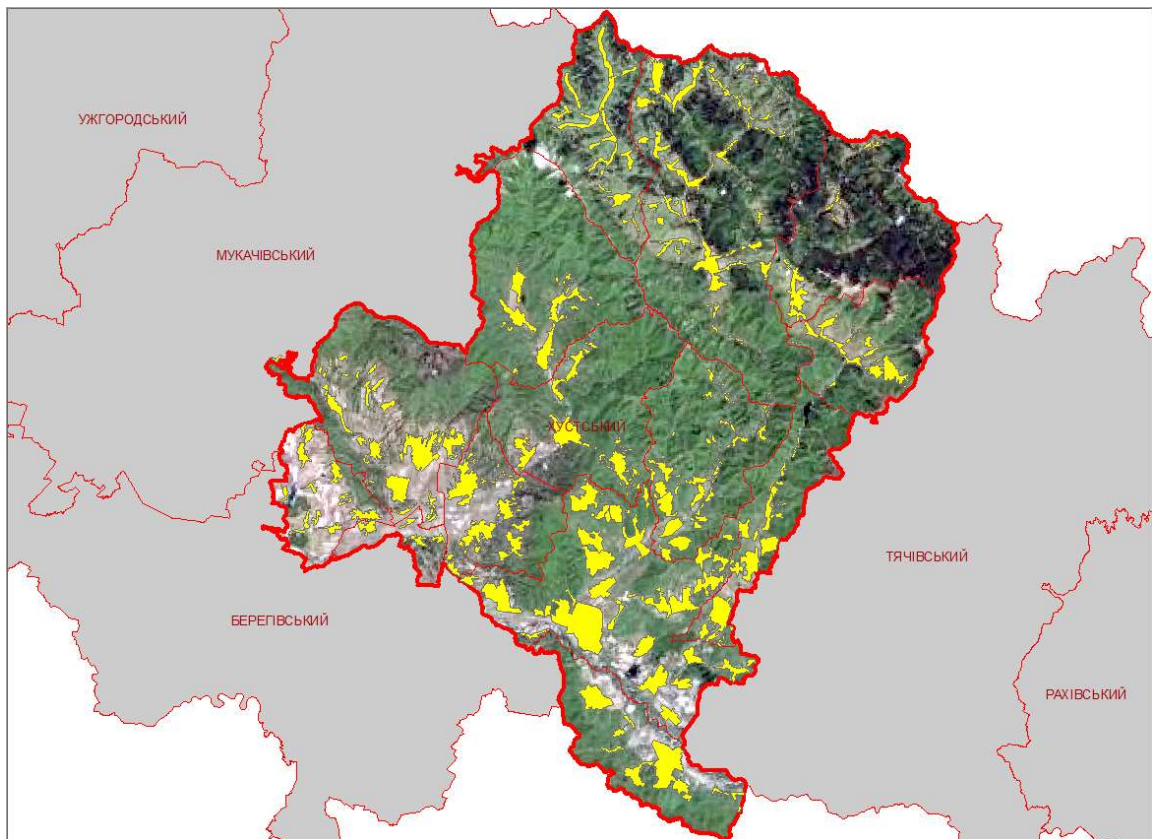


Рис.3.9 Вигляд робочого вікна при створенні шару «Поселення»
Після здійснення пошарової оцифровки, ми отримали результат у вигляді
базової карти, що представлена на Рис.3.10.

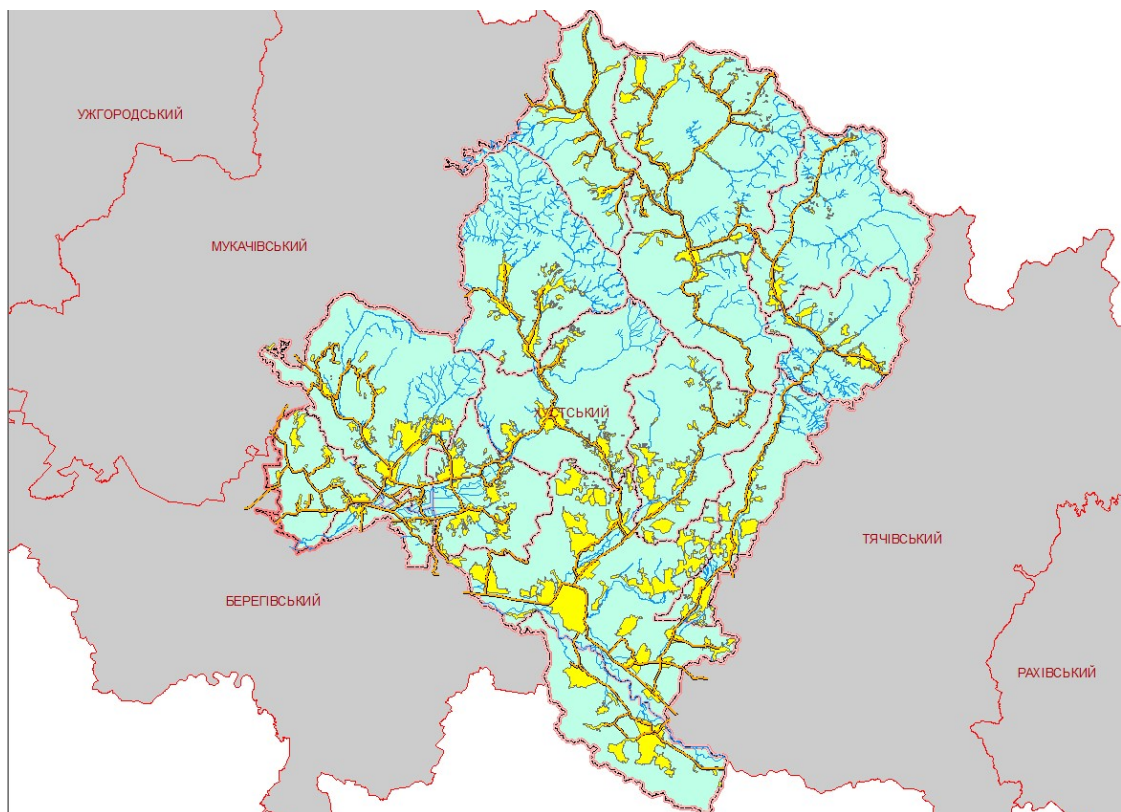


Рис.3.10. Вигляд робочого вікна ArcGIS 10.8 із базовою картою на
територію Хустського району

Отже, базова карта Хустського району є невід'ємною складовою для здійснення моніторингу лісових ресурсів, оскільки за допомогою даної карти ми зможемо проаналізувати космічні знімки, які будуть прив'язані до даної карти, та побудувати карту лісогосподарських угідь й виділів досліджуваної території яка представлена в наступному параграфі нашої магістерської роботи.

3.3. Технологічна схема моніторингу лісів Хустського району з використанням даних ДЗ

Технологічна схема моніторингу лісів – це встановлена послідовність дій й операцій із проведення моніторингу лісів. В загальному вигляді технологічна схема моніторингу лісових ресурсів із використанням даних ДЗ зображена на рисунку 3.11.



Рис. 3.11. Технологічна схема моніторингу лісових ресурсів

Залежно від завдання моніторингу лісових ресурсів, використовуються космічні зображення території за різний часовий період. Космічне знімання Хустського району може здійснюватись щомісячно, щоквартально, через півріччя, рік, декілька років.

Постобробка космічних зображень – це комплекс операцій із зображеннями, спрямований на усунення різних спотворень зображення.

Спотворення можуть бути обумовлені:

- впливом атмосфери;
- перешкодами, пов'язаними із передачею зображень по каналах зв'язку;
- геометричними спотвореннями, пов'язаними з методом космічної зйомки;
- недосконалістю реєструючої апаратури;
- процесами аналого-цифрового перетворення зображень;
- умовами освітлення підстилаючої поверхні;
- іншими чинниками.

Тематична (лісова) обробка космічних зображень – це комплекс операцій із зображеннями, котрий дозволяє витягувати із них інформацію, що представляє інтерес із точки зору рішень лісотаксаційних завдань. При моніторингу лісових ландшафтів здійснюється дешифрування ознак, котрі характеризують стан лісів.

Виявлення змін стану лісових ресурсів здійснюється шляхом порівняння результатів галузевої обробки різночасових космічних зображень. Проаналізувавши зміни стану лісових ресурсів й фактори, котрі могли викликати ці зміни, розробляються пропозиції ефективного управління із метою відвернення й ліквідації наслідків негативних процесів.

Так як, у нашому дослідженні було використано програмний продукт АркГІС та комбінація із топокарт та космознімків, технологічна схема моніторингу лісових ресурсів Хустського району набуде іншого вигляду (рис.

3.12). Для отримання різночасових космічних зображень потрібен певний період часу (7-11місяців), тому моніторинг лісових ресурсів проводився у 2 етапи. Результатом 1-го етапу моніторингу є базова карта лісових ресурсів.



Рис. 3.12. Технологічна схема моніторингу лісових ресурсів Хустського району

Вона була складена внаслідок камерального дешифрування космічних зображень Bing Maps. Візуально-логічне дешифрування дозволяє отримати більш точну кількісну характеристику лісових ресурсів й менш точну якісну характеристику, у порівнянні із автоматизованим дешифруванням.

Після цього ми оновлювали зображення Bing Maps, а у тих випадках коли їх не знаходили, то долучались до завантаження інших ресурсів: Google Maps,

OSM тощо. Перші три види робіт 2-го етапу аналогічні роботам першого етапу. При проведення другого етапу спостережень, потрібно звернути особливу увагу на виявлення причин зміни стану лісових ресурсів, оскільки вони впливають на розробку управлінських рішень. Тому другий етап ви виконали лише на частину Хустського району – Довжанську територіальну громаду, звідки я родом.

Власне ідентифікація лісовкритих площ також відбувалось використовуючи візуально-логічне дешифрування.

Як вже зазначалося, досить значну частину аерокосмічних зображень, як для території Карпатського регіону так і Хустського району займають елементи рослинного покриву.

На космічних зображеннях які покривають Хустівщину добре виділяється рослинність у вигляді більш або менш різко окреслених темних контурів сірого тону, що утворюють у сукупності зернисту поверхню.

На кольорових знімках – спектральна яскравість об'єктів відображується **кольором** – це відчуття людини, що виникає при сприйнятті світла з різними довжинами хвиль. Проте, колір важко піддається вимірам, тому більше застосовують поняття: тон, насиченість й світлота.

Інше на що ми опиралися – це **тінь**, яка є одним з найбільш важливих критеріїв дешифрування рослинності, оскільки вона дає уявлення про відносну висоту і профіль об'єкта (просторову форму). Власна тінь дозволяє судити про поверхню об'єктів, що мають об'ємну форму (рис. 6.6)

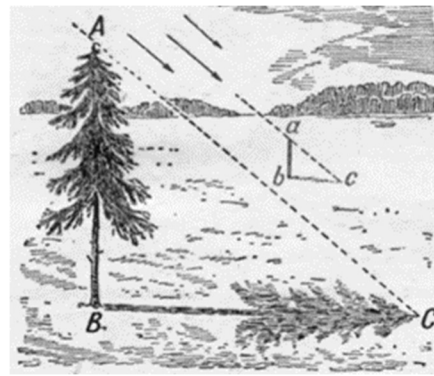


Рис. 3.13. Виявлення об'ємного зображення об'єктів за їх тінню

Структура зображення – крупні елементи, у котрих розпізнаються форма і розмір. Визначається взаємним розташуванням об'єктів на знімку. Як

правило, виразна й добре розпізнавана структура виникає у місцях періодично повторюваних тонів і текстур. Так, наприклад, різну структуру утворюють масив лісу й дерева в саду (с. Ільниця, рис. 3.14).

Текстура (поєднання елементів зображення), або частота змін тону в певній області знімка, є якісним параметром і зазвичай характеризується як різка або плавна. Наприклад, текстура змішаного лісу є дуже різкою із-за частих просторових змін тони, які пов'язані з відмінністю у формі і розмірах верхівок дерев різних порід і варіаціями щільності лісового покриву.

Малюнок – декілька різних структур, що формують стійкі поєднання, типові для певних об'єктів земної поверхні. Малюнок зображення – це складна, але найнадійніша ознака. Він представляє поєднання об'єктів і їх частин певної форми, розміру і тону (кольору) (рис. 3.14).

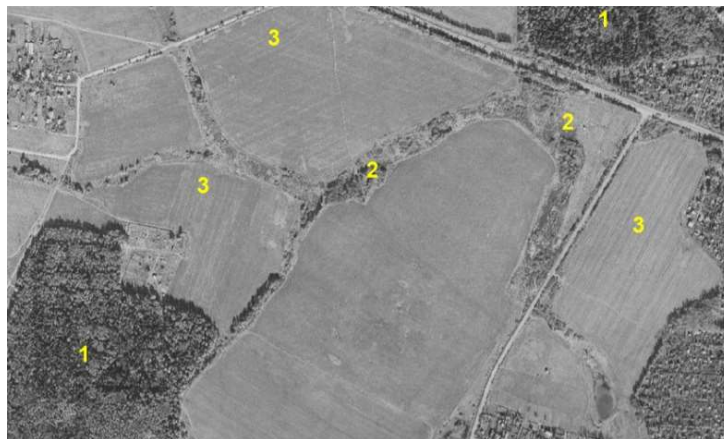


Рис. 3.14. Структурні ознаки рослинного покриву (с. Ільниця): 1) зерниста (ліс); 2) дрібнозерниста (чагарник); 3) смугаста (рілля)

Також за структурою зображення можна визначити характеристики деревостою (рис. 3.15)



Рис. 3.15. Визначення характеристик деревостою за структурою зображення: 1) точкова (кущі, вирубка); 2) дрібнозерниста (молодняки); 3) зерниста (середньовікові насадження); 4) крупнозерниста (стиглі насадження)

Просіки в Хустських лісах на знімках виглядають як вузькі прямі смуги, а лісові дороги – у вигляді вигнутих, хвилястих ліній. Також, у цьому випадку варто керуватися опосередкованими об'єктними ознаками, яке полягає у прихованому зображенні об'єктів (дороги та просіки, що не відобразились під кронами дерев, рис. 3.16)



Рис. 3.16. Просіки та лісові стежки на космознімку

Чагарники відрізняються від лісу дрібнішою зернистістю. Вони, як правило супроводжуються гідрографічними об'єктами (рис. 3.17)



Рис. 3.17. Чагарникова рослинність на космознімку

Виконавши дешифрування за вищезазначеними дешифрувальними ознаками, ми отримали підсумкову картмодель лісовкритих площ, яка представлена на рисунку 3.18. А також сформували синтезовану карту, на котру нанесли елементи із базової карти та вектори лісів.

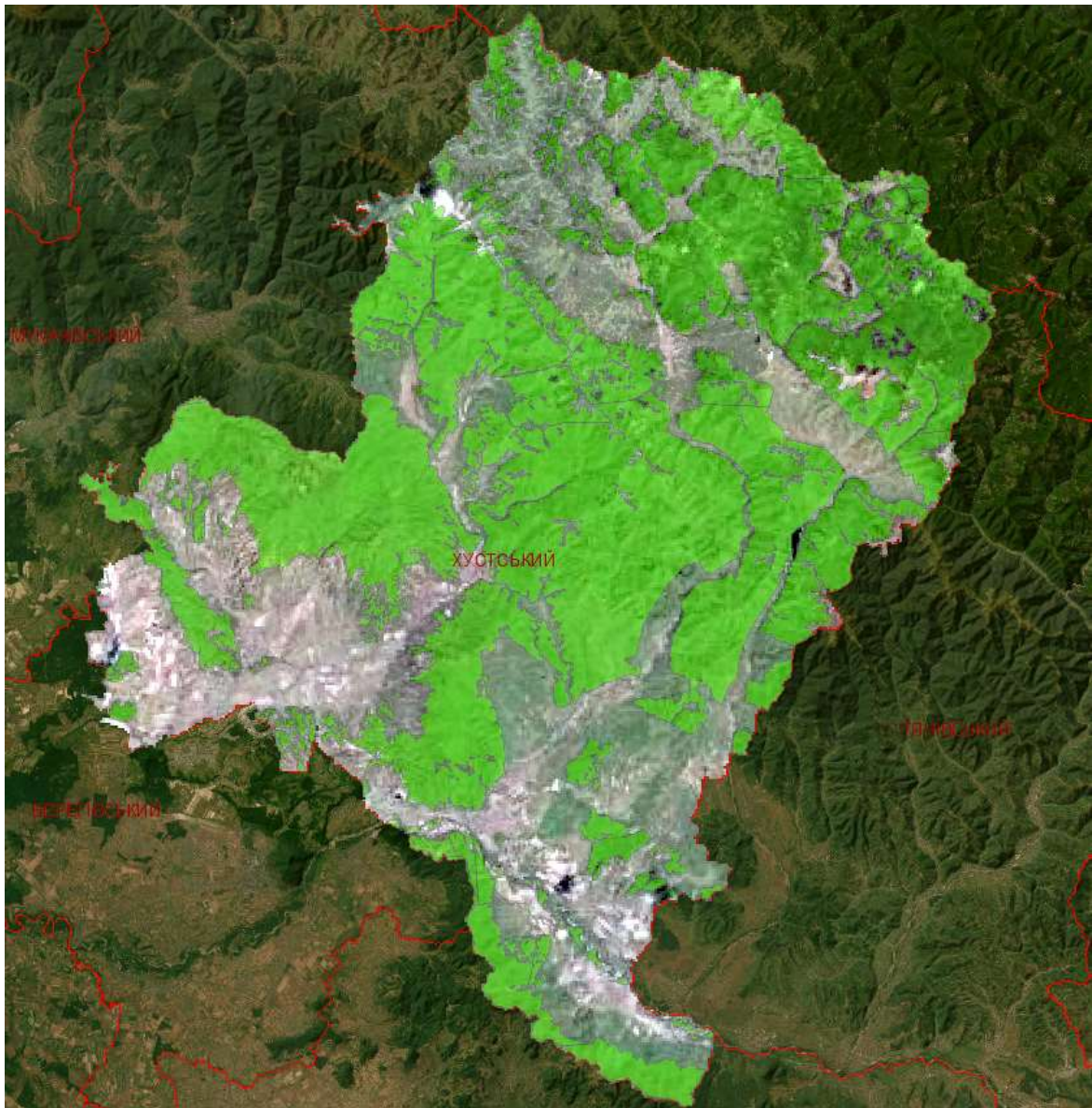


Рис. 3.18. Лісовкритті площі на території Хустського району

3.4. Аналіз актуального стану лісових ресурсів регіону на основі моніторингового ГІС-картографування

Варто відзначити, що питання об'єктивності отриманої інформації потребує глибокого аналізу. Для цього ми обрали декілька ключових ділянок, які знаходяться на території Довжанської територіальної громади (рис. 3.19).

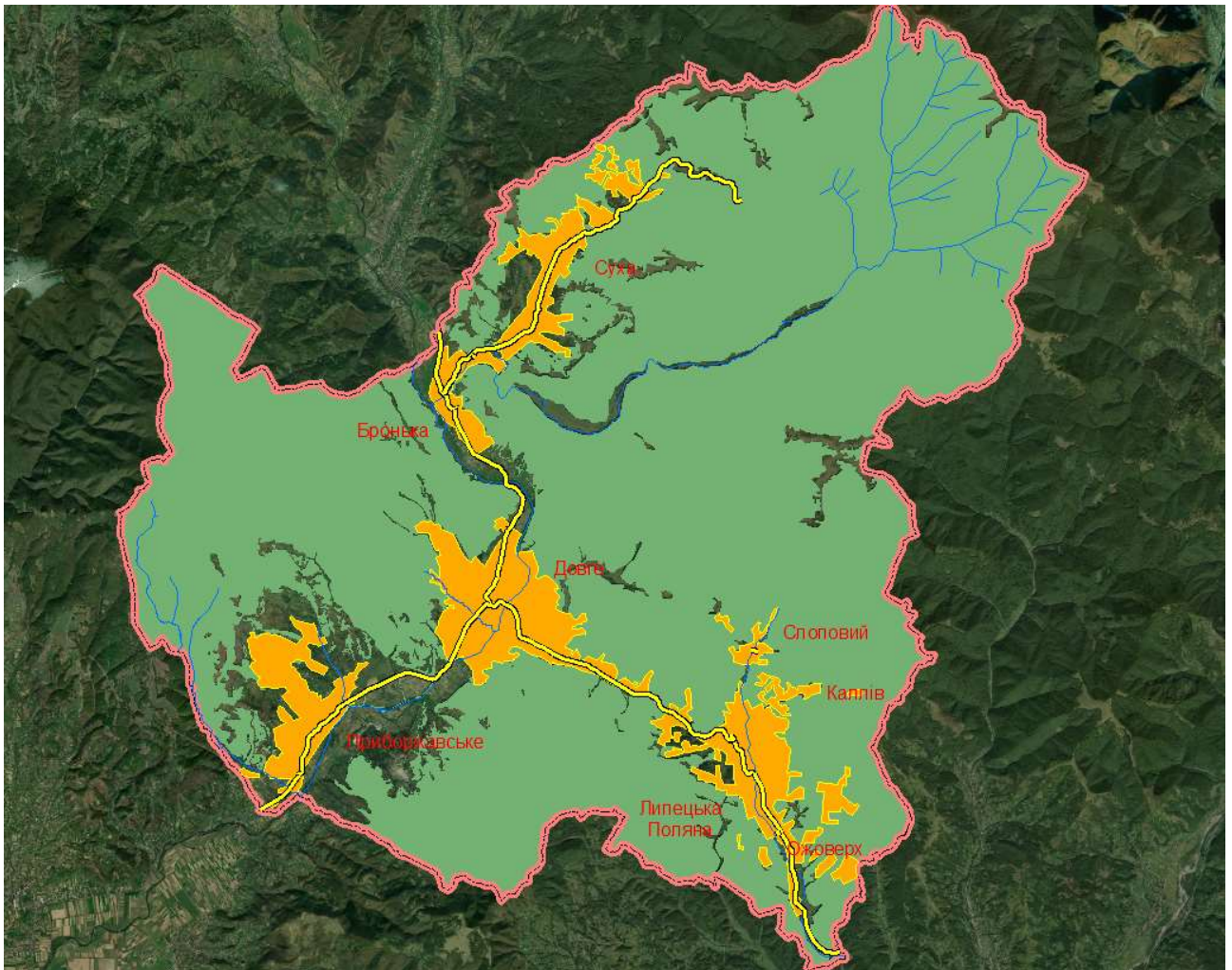


Рис. 3.19. Лісовкритті площі на території Довжанської громади

Використання знімків при аналізі земель під лісами дає змогу оцінити ситуацію досліджуваної території в плані перспективи розвитку, природничих ландшафтів. На знімках які представлені на рис. 3.20 ми спостерігаємо відновлення лісовкритих площ, а саме на знімку станом на 09.07.2003 р. бачимо частину території, яка оголена, на знімку станом на 05.07.2020 р вони відновилися.

На рисунку 3.15, можна побачити відновлення природних лугів, які були понівечені лісовозами



Рис. 3.20. Частина території громади станом на 2003 та 2020 роки



Рис.3.21. Відновлення луків за той же період

На космічних знімках, завдяки їх оглядовості, чітко простежуються розходження в освоєнні території, добре помітно, як змінюється тип землекористування. У якості прикладу можна навести знімки (рис.3.22 та рис.3.23) частини території Довжанської громади. Різночасові знімки дають змогу помітити дуже яскраві відмінності у територіальній структурі землекористування, причому причини цих змін можуть бути як природного, так і антропогенного характеру.

Також на космічних знімках спостерігаються зміни в сільськогосподарському освоєнні, зокрема спостерігаються чітко окреслені межі землекористування.



Рис. 3.22. Зміни лісових угідь за період 2003 – 2020 роки

На рисунку 3.23 чітко спостерігається з одного боку антропогенізація придатної для господарської діяльності частини села. Тут луки переводяться у городи та житлову котеджну забудова. Проте на півночі території, ми бачимо збільшення площі лісових угідь, що не може не радувати.



Рис.3.23 Космознімки на південну частину с. Довге (2003 та 2020 роки)

Сучасні космічні засоби дозволяють проводити контроль стану лісів в режимі моніторингу на локальному та регіональному рівнях. З використанням матеріалів багатоспектральної космічної зйомки.

Лісистість території є екологічним чинником, що істотно впливає на стабільність ландшафтів, якість поверхневих і підземних вод, розвиток

ерозійних процесів, тому аналіз лісистості і стану лісів є обов'язковим при дослідженні стану агроландшафтів.

На території Довжанської громади необхідність проведення моніторингу зумовлене вирубкою лісу, наочно можемо спостерігати на рис.3.24. Таких ділянок не багато, ми нарахували їх біля 10, проте вони присутні



Рис.3.24. На знімку відображено частину території Довжанської ТГ станом на 05.07.2020 р.

Прибережні смуги є невід'ємною частиною земельних ресурсів під рослинним покривом які потребують проведення моніторингу, так як вони входять до земель не з деревною рослинністю, тобто не лісами а чагарниковою рослинністю. Об'єкти, що знаходяться у прибережній захисній смузі, можуть

експлуатуватись, якщо при цьому не порушується її режим. На рисунку 3.19 спостерігається зміна за період з 09.07.2003р. по 05.07.2020 р.



Рис. 3.25. Чагарникова рослинність вздовж р. Боржава (с. Приборжавське)

Висновки до розділу 3

Основу інформаційного забезпечення моніторингу лісових ресурсів на основі обробки даних ДЗ складають космічні зображення. Нами було використано космічні знімки Bing Maps із просторовою роздільною здатністю 1,0-2,0 м, ширина смуги знімання – 17,6 км., метрична точність – 6-12 м.

Для моніторингу лісових ресурсів Хустського району на основі обробки даних ДЗ може використовуватись такі програмні засоби: ScanEx Image Processor, ERDAS IMAGINE, ENVI. У нашому дослідженні був використано ArcGIS з відповідним інформаційним забезпеченням.

У результаті дослідження було розроблено технологічну схему моніторингу лісових ресурсів з використанням проекту SASPlanet.

ВИСНОВКИ

Підсумковим етапом Моніторинг лісових ресурсів Хустського району із використанням даних дистанційного зондування Землі – це систематичне спостереження за станом явищ, об'єктів та процесів із метою забезпечення дотримання ключових положень лісового законодавства при організації й здійсненні використання лісгосподарських земель на основі візуально-логічного дешифрування матеріалів ДЗЗ. Результати моніторингу використання лісів можуть бути використані органами місцевого самоврядування та державної влади, які здійснюють функції управління у галузі використання, охорони, захисту й відтворення лісів, лісового контролю та нагляду.

У процесі ознайомлення з теоретико-методологічними основами використання та охорони земель лісового фонду ми отримали поглиблені знання щодо основних принципів класифікації лісових угідь, визначення їх характеристик та ознак. Дослідження ієрархічної схеми управління та поділу земель лісового фонду, формує низку проблемних питань, із-поміж яких є узгодження дій між різноманітними установами та відомствами. В плані структурного різноманіття досліджуваної категорії земель, варто підкреслити принципово різне місце лісових угідь в екосистемі. Так землі зайняті чагарниками, лісосмугами та луками, несуть менш пріоритетне значення ніж території вкриті деревною рослинністю, що спонукає до заліснення малоефективних лісових земель.

У результаті дослідження була розроблена технологія моніторингу динаміки лісових ресурсів із використанням матеріалів космічного знімання, цифрових методів обробки знімків, ГІС-технологій. Ця технологія передбачає проведення моніторингу лісових ресурсів у 2 етапи. Було виконано перший етап моніторингу у результаті якого, була створена базова карта лісів Хустського району.

Використання даних ДЗЗ дозволяє оперативно отримувати інформацію та розв'язувати проблеми лісгосподарського комплексу. Ці дані можуть використовуватись для виконання обліку і інвентаризації лісів, створення карт,

отримання таксаційних характеристик.

Незаперечні переваги космічних методів ДЗЗ є при веденні лісового моніторингу та відслідковуванні можливостей виникнення та наявностей лісових пожеж. При виконанні оцінки фізичних параметрів лісів за матеріалами дистанційного зондування важливо детально проаналізувати задачі, для яких планується використовувати матеріали ДЗЗ з метою визначення необхідних характеристик даних: роздільної здатності зображення, ширини смуги знімання, спектральних діапазонів тощо.

Список використаних джерел

1. Gerard, F., Plummer, S., Wadsworth, R., Sanfeliu, A.F., Pliffe, L., Balzter, H., Wyatt, B., Forest fire scar detection in the boreal forest with multitemporal spot-vegetation data, *GeoRS*(41), No. 11, November 2003, pp. 2575-2585.
2. Heikkonen, J., Varjo, J., Vehtari, A., Forest Change Detection via Landsat TM Difference Features, *SCIA99 (Remote Sensing)*.
3. <http://www.scanex.ru/ru/monitoring>
4. Josiane Zerubia and Paul-Henry Cournède, Image Processing for Forest Monitoring. Inernet.
5. Kommers Nate, Mackie Paul,,: From pixels to forests: The technology behind Global Forest Watch, NEWS RELEASE, WASHINGTON, DC, February 29, 2000 <http://www.globalforestwatch.org/>.
6. Song, C.[Conghe], Woodcock, C.E., Monitoring forest succession with multitemporal landsat images: Factors of Uncertainty, *GeoRS*(41), No. 11, November 2003, pp. 2557-2567.
7. Білокриницький С. М. Фотограмметрія та дистанційне зондування Землі : навч. посібник. Чернівці : Рута, 2007. 320 с.
8. Бондар В. С., Телішевський Д. А. Комплексне використання і охорона лісів. К. : Урожай, 1985. 184 с.
9. Букша И.Ф., Черны М. Возможности использования передовой технологии "Field-Map" при решении задач дистанционного мониторинга и инвентаризации лесов // М-лы 3-й межрегионального совещания , Львовская область, поселок Славск, 14-19 февраля 2005 р.
10. Букша І. Ф. Принципи побудови багаторівневої мережі ділянок моніторингу лісів України. Лісівництво і агролісомеліорація : зб. наук. праць. Харків : Вид-во "Майдан", 2004. Вип. 107. С. 242-251.
11. Вицега Р. Р. Моніторинг санітарного стану лісових масивів Верхньодністровських та Сколівських Бескид. Наукові основи підвищення продуктивності та біологічної стійкості лісових та урбанізованих екосистем : матер. 55 наук.-техн. конф. професорсько-викладацького складу, наукових

працівників, докторантів та аспірантів ЛГФ НЛТУ України, 19-21 травня 2005 р. Львів : Вид-во НЛТУ України, 2005. С. 9-11.

12. Грицьків Н.З., Фаргал А.М. Використання матеріалів космічного знімання з метою актуалізації картографічної інформації. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. - Зб. наук. праць. Львів: Ліга-Прес. - 2002. - С. 274-276.

13. Департамент комунікацій влади та громадськості Секретаріату Кабінету Міністрів України Урядовий портал <http://www.kmu.gov.ua/control/uk/publish/>.

14. ДНВЦ "Природа" Дослідно-методична робота з оцінки динаміки зміни лісистості Північного Полісся (Рівненщини) Інтернет сайт www.pryroda.gov.ua.

15. Інструкція з впорядкування лісового фонду України. – К., 2006 р.

16. Інструкція з проектування, технічного приймання, обліку та оцінки якості лісокультурних об'єктів, затверджена Мінлісгоспом України від 8.07.1997 р. № 62;

17. Кохан С. С. Дані дистанційного зондування Землі і ГІС-технології у дослідженнях лісових ресурсів. Перспективи використання даних дистанційного зондування Землі в лісовому господарстві: Матер. міжнар. наук.-практ. семінару. Київ, 2009. С. 5-9.

18. Крайнюков О. М. Моніторинг довкілля : підручник. Харків : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2009. 176 с.

19. Лісове господарство України. – К. : Державне агентство лісових ресурсів України. – 2011. – 36 с.

20. Лялько В. І., Шпортюк З. М., Сахацький О. І. Застосування методу топографічної корекції даних багатозональних космознімків для класифікації лісового покриву гірських територій. Космічна наука і технологія. 2003. № 4. С. 94-98.

21. Маслов А. А., Космический мониторинг лесов России: современное состояние, проблемы и перспективы. «СканЭкс» Лесной бюлетень, №31, март, 2006, Росси.

22. Медведєв В. В., Лактіонова Т. М. Стан робіт з моніторингу лісів в Україні. Екологічний вісник. 2003. № 5-6 (15-16). С. 8-10.

23. Мельник І. В., Томченко О. В., Шандра О. В. Створення цифрових карт лісів та об'єктів природно-заповідного фонду з використанням космічних. Офіційний веб-сайт Державного науково-виробничого центру аерокосмічної інформації, дистанційного зондування Землі та моніторингу навколишнього середовища. Режим доступу URL: www.pryroda.gov.ua/ua/index.php?newsid=946.

24. Метод моніторинга пожаров на ОПТ Узбекистана при помощи использования информационных ресурсов Интернета, Сайт: «Узбекского Механизма посредничества Конвенции о биологическом разнообразии» (<http://cbd.uz/>).

25. Норчевський Р. В., Цебенко І. Л. Оцінка зміни площ лісових масивів за допомогою ГІС/ДЗЗ-технологій (на прикладі західних територій Закарпатської області та північної частини Румунії). Регіональна нарада «Можливості супутникових технологій у сприянні вирішення проблем Закарпаття», Ужгород, 11 грудня 2008 р. Режим доступу URL: <http://www.pryroda.gov.ua/ua/index.php?newsid=1140>.

26. Поліщук Б. В. Сучасні досягнення і проблеми в дослідженнях розвитку та стану лісів. Геодезія, картографія і аерофотознімання. 2008. Вип. 70. С. 38-45. Режим доступу URL: <http://vlp.com.ua/node/915>.

27. Пономарєв Е. И., Сухинин А. И. Методика картирования и среднесрочного прогнозирования пожарной опасности лесов по условиям погоды. География и природные ресурсы. 2002. № 4. С. 112-116.

28. Порядок поділу лісів на категорії та виділення особливо захисних лісових ділянок, затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 16 травня 2007 р. № 733;

29. Порядок спеціального використання лісових ресурсів”, затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 25 травня 2007 р. № 761;

30. Правила відтворення лісів, затверджених Постановою Кабінету Міністрів України від 1 березня 2007 року № 303;

31. Правила поліпшення якісного складу лісів, затверджені Постановою Кабінету Міністрів України від 12 травня 2007 р. № 724;

32. Правила рубок головного користування в гірських лісах Карпат від 22 жовтня 2008 року № 929;

33. Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля : постанова Кабінету Міністрів України від 30 березня 1998 р. N 391. Офіційний вісник України. 1998. N 13. ст. 495, зі змінами, внесеними постановою Кабінету Міністрів України від 16 травня 2001 р. N 528.

34. Світличний О. О., Плотницький С. В. Основи геоінформатики : навч. посібник. Суми : ВТД «Університетська книга», 2006. 295 с.

35. Ткач В. П. Ліси та лісистість України : сучасний стан і перспективи розвитку. Український географічний журнал, №2, 2012. – С. 49-55.

36. Часковський О. Г., Горошко М. П., Миклуш С. І. Застосування матеріалів ДЗЗ різного просто-рого розрізнення для оцінки лісових ресурсів. Офіційний веб-сайт Державного науково-виробничого центру аерокосмічної інформації, дистанційного зондування Землі та моніторингу навколишнього середовища. Режим доступу URL: www.pryroda.gov.ua/ua/index.php?newsid=826.

37. Швець М. І. Роль геоінформаційних систем в управлінні лісовими ресурсами. Наук. вісник УкрДЛТУ: Зб. наук.-техн. праць. 2002, вип. 12.4. С. 331-338.

38. Шкала оцінки природної пожежної небезпеки земельних ділянок лісового фонду, затверджена Мінлісгоспом України від 2 червня 1997 р. № 52.

39. Шпарик Ю. С. Екологічний моніторинг лісів регіону Українських Карпат. Львів, 2008. С 450-451.