

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

МОНІТОРИНГ ЛІСОВИХ РЕСУРСІВ
ЗАСОБАМИ ГІС ТЕХНОЛОГІЙ
(НА ПРИКЛАДІ СЕЛЯТИНСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ)

Дипломна робота
Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Виконала: студентка VI курсу, групи 607
спеціальності
193 "Геодезія та землеустрій"

Шора М.Д.

(прізвище та ініціали)

Керівник : д.геогр.н., проф. кафедри геодезії,
картографії та управління територіями

Сухий П.О.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

До захисту допущено:

Протокол засідання кафедри №

від " " 2021 р.

Зав. кафедри проф. Сухий П.О.

Чернівці – 2021

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ I. СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ СТАНУ ЛІСОВИХ РЕСУРСІВ	6
1.1 Застосування ГІС технологій при здійсненні дослідження за лісовими ресурсами.....	6
1.2 Дешифрування космічних знімків - як джерело моніторингу за лісовими ресурсами.....	11
1.2.1 Особливості супутників серії Landsat і SENTINEL-2.....	15
1.2.2 Дешифрування лісових ресурсів по знімках середньої та високої роздільної здатності.....	17
Висновки до розділу 1	27
РОЗДІЛ II ПРОСТОРОВО-ЧАСОВІ ОСОБЛИВОСТІ ЛІСОВИХ РЕСУРСІВ НА ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕНЬ	28
2.1 Фізико-географічна характеристика Селятинської територіальної громади.....	28
2.2 Просторові особливості поширення лісових ресурсів на території досліджень.....	32
2.3 Аналіз лісових ресурсів території досліджень за допомогою геопорталу GlobalForestWatch (GFW).....	35
2.4 Сучасний стан вирубки лісових ресурсів за даними геопорталу lk.ukrforest.com.....	41
Висновки до розділу 2	46
РОЗДІЛ III. ВИКОРИСТАННЯ ГІС ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОЦІНКИ СТАНУ ЛІСІВ	47
3.1 Імпортування космічних знімків Sentinel 2 в QGIS.....	47
3.2 Дешифрування та аналіз космічних знімків в ГІС QGIS.....	51
Висновки до розділу 3	63
ВИСНОВКИ	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	67

ВСТУП

Актуальність дослідження. Ліси є не тільки джерелом значних економічних ресурсів для розвитку людського суспільства. Вони забезпечують незамінні для життя всього соціуму, особливо для місцевої громади, екосистемні послуги. Не менш важливими функціями, які виконують ліси, є формування локального кліматичного середовища, підтримання стабільних об'ємів чистої води, створення середовища існування дикої природи, продукування кисню й депонування вуглецю, рекреаційний потенціал і забезпечення недеревними продуктами тощо. Проте важливо пам'ятати, що наявність і якість лісових ресурсів – величини змінні, які значно залежать від стану та складу лісу (наприклад, породи дерев), його повноти, а передусім – від того, чи пошкоджений лісовий намет.

Пошкодження лісового намету визначають як великі імпульси відмирання дерев внаслідок таких подій, як пожежі, інвазії шкідників, сильні вітри та лісозаготівля. Найбільша небезпека пошкодження лісового намету полягає в тому, що це може призвести до порушення сталої динаміки змін лісового середовища, породного складу лісів, їх структури та функціональності. Крім того, знеліснення та відновлення лісів вважаються критичними механізмами переміщення вуглецю між атмосферою та поверхнею землі: в атмосферу вуглець, крім антропогенної діяльності, потрапляє шляхом окислення та розкладання деревини, і навпаки, лісовідновлення забезпечує забір вуглецю з атмосфери. Саме тому кількісне оцінювання лісових порушень придатне не лише для фіксування наявних лісових ресурсів, а й для визначення вмісту вуглецю та інших похідних від цього можливостей лісу. Сьогодні це набуває особливого значення з огляду на те, що ключові відповідальні особи в державі наразі мають змогу контролювати таку людську діяльність та прогнозувати її наслідки у масштабах країни.

Мета дипломної роботи – дослідження стану лісових ресурсів засобами ГІС технологій в умовах децентралізації.

Для досягнення поставленої мети було визначено і вирішено такі завдання:

- 1) здійснити аналіз просторово-часового поширення лісових ресурсів за допомогою геопорталу Global Forest Watch (GFW) та проекту електронного реєстру лісорубних квитків на заготівлю деревини;
- 2) імпортувати космічні знімки середньої роздільної здатності Sentinel 2 архіву Геологічної служби (ГС) США (USGS) до ГІС QGIS;
- 3) дослідити існування та особливості ділянок вирубки лісових ресурсів створивши окремі векторизовані тематичні шари території дослідження.

Об'єктом дослідження є територія Селятинської територіальної громади Вижницького району Чернівецької області.

Предмет дослідження – особливості визначення ділянок вирубки лісових ресурсів засобами ГІС технологій

Методологія і методи дослідження логічно пов'язані з метою, об'єктом і предметом дипломного дослідження і реалізацією поставлених наукових завдань. У процесі дослідження застосовувалися загальнонаукові та конкретного-наукові методи пізнання. Із загальнонаукових застосовувався структурний, статистичний, логічний метод, метод узагальнення. Серед конкретнонаукових методів, варто відзначити порівняльно-географічний, картографічний і геоінформаційний (для створення планово-картографічних матеріалів).

Наукова новизна отриманих результатів. За допомогою синтезованого космічного знімка Sentinel 2 в комбінації кольорів SWIR, NIR, Red створено окремі векторизовані тематичні шари ділянок вирубки лісових ресурсів за 2016 та 2021 роки для території Селятинської територіальної громади.

Практичне застосування отриманих результатів. Отримані в результаті аналізу рекомендаційні рішення безпосередньо можна використовувати в процесах прикладного рішення задач по дослідженню, моніторингу за лісовими ресурсами засобами ГІС технологій як лісовими господарствами, органами територіальних громад, так і будь-яким науковцем чи дослідником . Таким чином, можливо, підвищувати проектні та прогнозні рішення розвитку території в умовах децентралізаційних процесів.

Структура і обсяг роботи . Робота складається з вступу, трьох розділів, висновків та списку використаних джерел. Робота представлена на 71 сторінці формату А4. Список використаної літератури містить 35 найменувань.

РОЗДІЛ I

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ СТАНУ ЛІСОВИХ РЕСУРСІВ

1.1 Застосування ГІС технологій при здійсненні дослідження за лісовими ресурсами

Умовно функції ГІС можна поділити на п'ять груп, при цьому перші три належать до традиційних функцій геоінформаційних технологій, останні, дві - до нових, що розвинулися останнім десятиліттям.

1. Інформаційно-довідкова функція - створення і ведення банків просторовокоординованої інформації, у тому числі: - створення цифрових (електронних) атласів. Перший комерційний проект розробки цифрових атласів - Цифровий атлас світу - був випущений у 1986 р. фірмою Delorme Mapping Systemsz (США). Можна також відзначити Цифровий атлас Великобританії на оптичних дисках у результаті виконання британського Domesday Progett (1987), Цифрову карту світу (Digital Chart of the World) масштабу 1:1 000 000, розроблену Картографічним агентством Міністерства оборони США у 1992 р. і т.д. і, нарешті, - електронну версію Національного атласу України, розроблену Інститутом географії НАН України з фірмою «Інтелектуальні Систем и, Гео» (Київ, 2000); - створення і ведення банків даних систем моніторингу. Як приклади можна, навести Глобальний ресурсний інформаційний банк даних (Global Resources Information Database GRID), створений під егідою UNESCO у 1987-1990 рр., і Геоінформаційну систему країн Європейського Співтовариства CORINE, розроблену в 1985-1990 рр.; - створення й експлуатація кадастрових систем, у першу чергу автоматизованих земельних інформаційних систем (АЗІС), або Land Information Systems (LIS), і муніципальних (або міських) автоматизованих інформаційних систем (МАІС), а також просторово-розподілених автоматизованих інформаційних систем водного і лісового кадастрів, кадастрів нерухомості та ін.

Програмне забезпечення роботи з просторовими даними в кадастрових системах складають програмні ГІС-пакети ARC/INFO, ArcView GIS, MGE Intergraph, Mapinfo (США), SICAD (Німеччина), ILWIS (Нідерланди) та ін.

2. Функція автоматизованого картографування - створення високоякісних загальногеографічних і тематичних карт, що задовольняють сучасні вимоги до картографічної продукції. Прикладом реалізації цієї функції є діяльність в Україні Інституту передових технологій (м. Київ) з підготовки і друкування навчальних географічних і історичних атласів території України, а також Молдови і Росії на основі можливостей ГІС-пакетів фірми ESRI, США.

3. Функція просторового аналізу і моделювання природних, природно-господарських та соціально-економічних територіальних систем, що ґрунтується на унікальних можливостях, наданих картографічною алгеброю, геостатистикою і мережним аналізом, які складають основу аналітичних блоків сучасних інструментальних ГІС з розвинутими аналітичними можливостями. Вона реалізується в наукових дослідженнях, а також вирішенні широкого кола прикладних завдань при територіальному плануванні, проектуванні і управлінні.

4. Функція моделювання процесів у природних, природно-господарських і соціально-економічних територіальних системах. Прикладами є сучасні просторово-розподілені моделі поверхневого стоку, змиву ґрунту та транспорту схилових і руслових наносів, різного роду забруднювачів, зокрема, LISEM, Csredis (Нідерланди), WEPP (США). Реалізується при оцінці і прогнозі поведінки природних і природно-господарських територіальних систем та їх компонентів при вирішенні різних наукових і прикладних завдань, у тому числі пов'язаних з охороною і раціональним використанням природних ресурсів.

5. Функція підтримки прийняття рішень у плануванні, проектуванні та управлінні. Найбільш активно цей напрямок в Україні розвивається в містобудівному плануванні і проектуванні. Певні успіхи є в галузі геоінформаційного забезпечення надзвичайних ситуацій. Діапазон прикладів тут може бути досить широким, якщо гнучко підходити до визначення змісту

поняття «система підтримки прийняття рішень» (СППР), яка повинна передбачати: - програмно-організовані банки просторової й атрибутивної інформації; - базу знань, що складається з блока аналізу і моделювання, який містить набір моделей просторового аналізу і просторово-часового моделювання, а також довідковоінформаційного блока, який містить формалізовану довідково-нормативну базу з розглянутої проблеми; - блок технологій штучного інтелекту, який забезпечує механізм формальнологічного висновку й ухвалення рішення на основі інформації, наявної в базі даних, довідково-інформаційному блоці в результатах просторово-часового аналізу та моделювання; - інтерфейс користувача. У багатьох випадках на практиці як СППР розглядаються інтегровані комп'ютерні системи, що містять систему програмно-реалізованих моделей, банк довідкової інформації і банк даних. Аналіз і оцінка результатів імітаційного або оптимізаційного моделювання виконуються поза системою кваліфікованим експертом чи групою експертів [1,21].

Основними галузями застосування ГІС у наш час є: - управління земельними ресурсами, земельні кадастри; - інвентаризація і облік об'єктів розподіленої виробничої інфраструктури і управління ними; - тематичне картографування практично в будь-яких сферах його використання; - морська картографія і навігація; - аеронавігаційне картографування і управління повітряним рухом; - навігація і управління рухом наземного транспорту; - дистанційне зондування; - управління природними ресурсами (водними, лісовими і т. ін.); - моделювання процесів у природному середовищі, управління природоохоронними заходами; - моніторинг стану навколишнього середовища; - реагування на надзвичайні і кризові ситуації; - геологія, мінерально-сировинні ресурси і гірничодобувна промисловість; - планування і оперативне управління перевезеннями; - проектування, інженерні дослідження і планування в містобудуванні, архітектурі, промисловому і транспортному будівництві; - планування розвитку транспортних і телекомунікаційних мереж; комплексне управління і планування розвитку території, міста; - сільське

господарство; - маркетинг, аналіз ринку; - археологія; - безпека, військова справа і розвідка; - загальна і спеціальна освіта.

До переліку ввійшли тільки «основні», «найбільші» сфери використання ГІС без урахування наукових досліджень, використання в яких геоінформаційних систем і технологій стає все більш поширеним. Крім цього, наведений список не є остаточним, оскільки сфера використання ГІС постійно розширюється. До нього можна, зокрема, додати медичну географію, епідеміологію, заповідну справу, туризм - сфери людської діяльності, у яких використання ГІС останніми роками стає все більш поширеним.

Засоби ГІС можуть використовуватись для підтримки різноманітних функцій керування лісовими ресурсами, таких як: розробка довгострокової стратегії поставок деревини, п'ятирічні прогнози запасів, вибір системи лісозаготівлі, розрахунок будівництва доріг з мінімальними витратами, проведення візуального ландшафтного аналізу з накладенням ділянок, рішення суперечок щодо границь власності, встановлення границь природних місцеперебувань, моделювання сценаріїв поширення лісових пожеж, здійснення тактичного планування по придушенню пожеж і багато чого іншого.

Головні властивості ARC/INFO, які роблять це програмне забезпечення лідером ГІС у рішенні завдань лісівницької галузі, полягають у наступному: - Потужна й гнучка модель даних; - Інтегроване керування табличними й географічними даними; - Векторна топологія (точка, лінія й полігон) і растрові моделі даних; - Інтеграція даних; - Інтеграція багатьох середовищ (наприклад, растрових і векторних зображень); - Підтримка стандартних форматів зображень і цифрове відображення; - Взаємозв'язок із системами супутникової прив'язки (GPS); - Можливості обміну даними більш ніж в 30 стандартних форматах; - Автоматичне картування, складання звітів і аналіз; - Відображення стандартних карт і складання таблиць; - Тематичні карти, запити й види аналізу; - Інтеграція баз даних і постачання стандартами у всій організації; - Прямий доступ до баз даних у середовищі ГІС; - Підтримка багатьох стандартних промислових реляційних баз даних і мережних функцій; - Функції

надійної безпеки баз даних; - Можливості керування бібліотекою карт; - Комплексний просторовий аналіз і можливості запиту; - Перекриття точка-, лінія-, полігон-полігон, зв'язки сусідства й близькості; - Моделювання по регулярній сітці із застосуванням розширень ARC/INFO; - Аналіз лінійних мереж [1,23].

Планування керування лісами включає складання прогнозів того, як буде виглядати ліс у результаті тих або інших способів керування. Можливість даного аналізу є вирішальною практично для всіх сторін прогнозу керування, особливо в області довгострокових оцінок продукції деревини й природних місцеперебувань. Прогнозування включає застосування стратегії керування - звичайно у вигляді моделі - до лісових ГІСкадастрах і проектування результату дії стратегії на ліс і інші зв'язані земельні об'єкти в майбутньому. Це означає, що інформаційні системи лісового господарства повинні не тільки описувати поточний стан лісу, але й уміти працювати з динамікою освоєння лісів і змінами великих ландшафтних областей, як на короткому, так і на довгому відрізку часу. Сучасні ГІС дають можливість переглядати бази даних, установлювати параметри моделі, спостерігати за результатами, додавати важливі параметри, як часові, так і просторові.

У рамках кадастру й обраної моделі користувач можете спостерігати, як може виглядати ліс у майбутньому через 5, 10, 25 або 100 років. Інші прикладні завдання, розв'язувані користувачами ГІС ARC/INFO при плануванні підходів до лісу й доріг, включають: - Аналіз стійкості поверхні й схилів із застосуванням ARC/INFO TIN; - Розрахунки виїмок і насипів; - Аналіз видимості; - Розрахунки урівнювання й нівелювання; - Дослідження коридорів руху; - Оцінки впливу на природне середовище; - Інтеграція даних зйомок із застосуванням ARC/INFO COGO; - Аналіз вартостей і потоків із застосуванням ARC/INFO NETWORK; - Графічне відображення витрат на створення доріг на основі характеристик рельєфу, схилів і поверхонь.

1.2 Дешифрування космічних знімків - як джерело моніторингу за лісовими ресурсами.

ДЗЗ з Космосу розвивається вже протягом 60-ти років. Перший супутник, виведений на орбіту з метою дистанційного зондування в 1960 р (американський TIROS), мав гідрометеорологічне призначення. Також з початку 1960-х рр. Розвивалися спочатку військові (розвідувальні), а пізніше і цивільні програми аналогової (фотографічної) зйомки Землі. Найбільш значимою була програма Ресурс-Ф, в рамках якої в СРСР і пострадянської Росії було вироблено понад 100 запусків космічних апаратів в період з середини 1970-х до кінця 1990-х рр. їх апаратів в період з середини 1970-х до кінця 1990-х років.

Першим космічним апаратом, який дозволяв отримувати цифрові знімки на основі оптико-механічного сканування, став американський супутник Landsat-1 з сенсором MultiSpectral Scanner (MSS). Він був виведений на орбіту в 1972 р і дозволяв отримувати знімки з просторовим дозволом 80 м в чотирьох спектральних зонах. З 1980-х рр. знімальна апаратура супутників ДЗЗ вже мала характеристики, наближені до сучасних, а число країн, які розвивали технології цифрової космічної зйомки, почала збільшуватися. В даний час на орбіті знаходиться вже кілька сотень космічних апаратів ДЗЗ, які належать десяткам країн. Також в останнє десятиліття ХХ століття відбувся перехід до цифрових технологій обробки даних ДЗЗ. Основними технічними характеристиками сучасних даних ДЗЗ є параметри, що описують чутливість або точність реєстрації різних властивостей об'єктів. Загальноприйнятим терміном є «дозвіл» (resolution): просторове, спектральний, радіометричне і тимчасове. Також велике значення мають оглядовість або ширина смуги огляду і сезонність зйомки. Просторова роздільна здатність характеризує детальність зйомки і зазвичай вимірюється в метрах на піксель (м / пікс, m / px), маючи на увазі лінійний розмір ділянки земної поверхні РІХ, відповідний пікселю - мінімального елементу цифрового зображення. Слід розуміти умовність цієї характеристики: зазвичай під пікселем мається на увазі квадратний

елементзображення, яскравість якого визначається інтегральною величиною кількості електромагнітної енергії, що потрапила на чутливий елемент сенсора (реєструючого приладу) [5,21].

Насправді елементи світлочутливого сенсора (матриці) не є квадратними, так само, як і відповідні їм ділянки земної поверхні. Останнє може бути обумовлено як технологією реєстрації зображення (при сканерній зйомці розміри елементарної ділянки вздовж і поперек траєкторії руху знімального апарату розрізняються), так перспективними спотвореннями при відхиленні осі знімальної системи від надира.

Слід мати на увазі, що розмір пікселя є величиною, що визначає можливість прямого дешифрування (Розрізнення) об'єктів місцевості по їх зображенню. Встановлено, що «... на цифровому знімку можуть відтворюватися тільки ті об'єкти, розмір зображення яких в 1.5-2 рази більше пікселя, а для надійного відтворення компактного об'єкта його розмір повинен бути не менше чотирьох пікселів; для того щоб розрізнялися компактні об'єкти різної форми, їх майданні розміри повинні складати десятки пікселів ... » [6].

При використанні непрямих дешифрувальних ознак виникають додаткові можливості. У науковій літературі широко застосовується класифікація космічних знімків по просторовому вирішенню. За удосконаленням супутникових знімальних систем вона зазнавала істотних змін.

Найважливішим принципом візуального дешифрування є аналіз дешифрувальних об'єктів в розвитку і в контексті навколишнього середовища, а також - рух від загального до конкретного, шляхом послідовного вивчення знімка як інформаційної моделі місцевості, що представляється як єдине ціле [1,5]. Основним фактором, що визначає якість візуального дешифрування, є рівень кваліфікації експерта, складається з професійної ерудиції та його інтуїції - стверджується навіть, що даний вид діяльності межує з мистецтвом. Проте, і тут існує певна методологія, спрямована на підвищення достовірності та зниження числа помилок.

Космічний знімок являє собою образну модель місцевості - результат генералізації, характер якої істотно відрізняється від моделі, яку за процесі картографічної генералізації [23]. Дрібні деталі місцевості губляться і, навпаки, на знімку виявляються великі структури, невидимі на поверхні внаслідок свого розміру. Фотографія містить тільки те, що може бути зафіксовано в використовуваному спектральному діапазоні на даний момент часу при поточних умовах погоди і освітлення. У цьому сенсі знімок є документом, позбавленим суб'єктивності картографічного зображення, підкоряється правилам відбору об'єктів і способам їх відображення.

Процес дешифрування знімків і використовувані прийоми завжди носять предметно орієнтований характер, тобто залежать від типу дешифрувальних об'єктів. Зокрема, виділяють топографічне, ландшафтне, геоморфологічне, гідрологічне та інші види дешифрування. Відповідно кожному виду підбираються оптимальні знімальні матеріали, в основному порівню деталістості (просторового дозволу), наявності видимих і ІК каналів (спектральний дозвіл), що забезпечують найкраще розрізнення дешифрувальних об'єктів. Облік і аналіз динаміки змін вимагає також наявності різночасових знімків.

Типовий знімальний матеріал характеризується як надмірністю, так і браком інформації, для поповнення якої необхідне залучення знань з інших джерел. В цілому методологія дешифрування передбачає наявність наступних етапів:

- 1) вивчення досвіду і рекомендацій по даному виду дешифрування і по конкретній місцевості;
- 2) виявлення набору об'єктів дешифрування (об'єктів інтересу) і властивих їм дешифровочних ознак;
- 3) підбір знімального матеріалу і обчислювальних засобів (Комп'ютерних програм), що дозволяють використовувати виявлення дешифрувальних ознак об'єктів інтересу;
- 4) дешифрування знімків і оцінка достовірності результатів;

5) оформлення результатів дешифрування.

Прийнято виділяти дві принципово різні схемидешифрування, що розрізняються порядком процедуррозрізнення (розпізнавання) і графічним виділенням об'єктівна знімку. У першій схемі, характерною для топографічногодешифрування, об'єкти спочатку розпізнаються.

Друга схемазастосовується для задач, в яких неможливо заздалегідь визначититип об'єкту по його зображенню, що характерно, наприклад, длярозпізнавання видів ґрунтового покриву або видів рослинності. Саме відміну за прямими або непрямыми ознаками назнімку помітно, але для інтерпретації розрізняються ділянокнеобхідні додаткові дані від польових дослідженьчи інших джерел.

Для повноти картини слід розуміти, що в реальній роботі практично повсюдно використовується інтерактивнедешифрування, що поєднує етапи автоматизованого і візуального дешифрування, інакше кажучи - чергуються етапиавтоматизованої класифікації зображень, оцінки та коригування їх результатів силами експерта-дешифрувальника. В випадку першої схеми об'єкти дешифрування явно різнятьсяна знімку; при цьому можна частину об'єктів використовувати в якостіеталонів (навчальних зразків) для класифікації всього зображення, тобто автоматичного виділення аналогічних об'єктів [5].

Таким чином, ми отримуємо приклад класифікації з навчанням.Роль експерта зводиться тут до аналізу результатів автоматичної класифікації і подальшому поліпшенню шляхом коригування еталонів, методів класифікації і т.п.

У другій схеміетап автоматичної обробки буде полягати в класифікації без навчання, тобто кластеризації зображення – виділенняфрагментів, що істотно відрізняються за своїми статистичнимиспектральним характеристикам. У цьому випадку експерт виконуєінтерпретацію результатів шляхом співвіднесення одержанікластерів з реальними об'єктами, а також вносить коригуванняв параметри кластеризації для наступної ітерації.

Описана вище схема інтерактивного дешифрування сильно спрощена і відповідає в основному найбільш простій в застосуванні попіксельній класифікації. У реальності можуть додаватися різні методи попередньої підготовки зображень, методи об'єктно-орієнтованої класифікації, елементи машинного навчання і т.п.

1.2.1 Особливості супутників серії Landsat і SENTINEL-2

Мультиспектральні знімки дозволяють використовувати різні варіанти кольорового синтезу для візуального та автоматизованого дешифрування об'єктів земної поверхні. В даний час найбільш значні обсяги даних космічної зйомки середнього дозволу забезпечуються супутниками LANDSAT-5/7/8 і SENTINEL-2.

Доречно привести коротке порівняльне зведення спектральних каналів, використовуваних нижче для складання різних комбінацій для дешифрування тих чи інших об'єктів.

Супутник LANDSAT-5 (запущений 01.03.1984), сенсор TM (Thematic Mapper). Має 7 спектральних каналів, з них 6 з дозволом 30 м / пікс у видимому і ближньому ІЧ (канали 1-4), середньому ІК (канали 5, 7) і один канал (6) з дозволом 120 м / пікс в тепловому діапазоні. Панхроматичний канал відсутній.

Супутник LANDSAT-7 (запущений 15.04.1999), сенсор ETM+(Enhanced Thematic Mapper Plus). Має 8 каналів, з них 6 з дозволом 30 м / пікс у видимому і ближньому ІЧ (канали 1-4), середньому ІК (канали 5, 7), один канал (6) з дозволом 60 м / пікс в тепловому діапазоні, а також панхроматичний канал (8) з дозволом 15 м / пікс.

Супутник LANDSAT-8 (запущений 11.02.2013), сенсори OLI (Operational Land Imager) і TIRS (Thermal Infrared Sensor). Має 11 каналів, з них 8 з дозволом 30 м / пікс у видимому, ближньому ІЧ (канали 1-5 і 9), і середньому ІК (номера каналів 6, 7), 2 канали (10, 11) з дозволом 100 м / пікс в тепловому діапазоні, а також панхроматичний канал (8) з дозволом 15 м / пікс. Слід зазначити, що

канал 1 знаходиться в ультрафіолетовій частині спектру. Наступним кроком у розвитку програми LANDSAT є супутник

Супутники SENTINEL-2 (A / B) з сенсором MSI (Multispectral Instrument) є частиною програми Copernicus Європейського Космічного Агентства (ESA, European Space Agency). Супутник SENTINEL-2A запуснений 23.06.2015 р, а SENTINEL-2B - 07.03.2017 р Орбіти забезпечують можливість зйомки в середніх широтах північної півкулі з частотою кожні 2-3 доби. Супутники мають по 13 каналів, з них 4 з роздільною здатністю 10 м / пікс у видимому і ближньому ІК (номера каналів 2-4, 8), 6 (номера 5-7, 8а, 11, 12) з дозволом 20 м / пікс в ближньому і середньому ІК діапазонах і ще 3 каналу (1, 9, 10) з дозволом 60 м / пікс. Панхроматичний канал відсутній.

Найбільший практичний інтерес представляють канали R, G, B, NIR з дозволом 10 м / пікс, що забезпечують відразу, без перетворень типу *pan-sharpening*, дозвіл вище, ніж дають знімки LANDSAT.

Характеристика каналів перерахованих вище супутників є представлена в Табл. 1.1. Рядки таблиці приблизно відповідають однаковим каналам, що дозволяє формувати близькі по інформативності комбінації каналів різних знімальних систем [5,6].

Таблиця 1.1

Спектральні канали знімальних систем Landsat і SENTINEL-2

Номер каналу	Landsat 5 TM		Номер каналу	Landsat 7 ETM+	
	Довжина	хвилі , мкм		Довжина	хвилі , мкм
1 (Blue)	0,45	-0,52	1 (Blue)	0,45	- 0,515
2 (Green)	0,52	-0,605	2 (Green)	0,525	-0,605
3 (Red)	0,63	- 0,69	3 (Red)	0,63	- 0,69
4 (NIR)	0,76	- 0,90	4 (NIR)	0,76	- 0,90
5 (SWIR)	1,55	- 1,75	5 (SWIR)	1,55	- 1,75
6 (Thermal)	10,4	- 12,5	6 (Thermal)	10,4	- 12,5
7 (SWIR-2)	2,08	- 2,35	7 (SWIR-2)	0,52	- 0,90

8 (Pan) 0,52 - 0,90

Landsat-8 OLI		Sentinel 2A MSI	
Номер каналу	Довжина хвилі , мкм	Номер каналу	Довжина хвилі , мкм
1 (Aerosol)	0,433 - 0,453	1 (Aerosol)	0,43 – 0,457
2 (Blue)	0,45 - 0,515	2 (Blue)	0,448 – 0,545
3 (Green)	0,525 - 0,60	3 (Green)	0,537 – 0,582
4 (Red)	0,63 - 0,68	4 (Red)	0,645 – 0,683
5 (NIR)	0,845 - 0,885	5 (Red Edge)	0,694 – 0,713
6 (SWIR)	1,56 - 1,66	6 (Red Edge)	0,731 – 0,749
7 (SWIR-2)	2,10 - 2,30	7 (Red Edge)	0,768 – 0,796
8 (Pan)	0,50 - 0,68	8 (NIR)	0,763 – 0,908
9 (SWIR – Cirrus)	1,36 - 1,39	8a (Narrow NIR)	0,848 – 0,883
		9 (Water vapour)	0,932 – 0,958
		10 (SWIR – Cirrus)	1,336 – 1,411
		11 (SWIR)	1,542 – 1,685
		12 (SWIR-2)	2,081 – 2,323

1.2.2 Дешифрування лісових ресурсів по знімках середньої та високої роздільної здатності

Дешифрування і картографування породного складу вікової структури лісів традиційно є одним найважливіших напрямків використання даних космічної зйомки. На основі знімків низького (Terra/ Aqua MODIS, SPOT-Vegetation) і середнього (Landsat) просторового дозволу може бути створений ряд картографічних продуктів, що характеризують лісовий покрив певної території.

Успішність дешифрування також в значній мірі залежить від сезону зйомки. При правильному підборі знімків різних сезонів можна отримувати досить надійні оцінки породного складу лісів.

Для дешифрування породного складу лісів по знімках річного періоду найбільш інформативний ближній ІЧ канал, в якому крони листяних дерев мають значно більш високий коефіцієнт відбиття, ніж хвойних. Велике значення має також діапазон Red Edge (перехідний між червоним і ближнім ІЧ). У видимому діапазоні спектра відмінностей спектральної яскравості різних порід дерев в літній період порівняно невеликі, цей діапазон досить інформативний тільки в осінній період.

У синтезі каналів SWIR-NIR-RED темнохвойний ліс має темно-зелений колір, листяні ліси - яскраво-зелений (салатовий), а змішані ліси відрізняються різними перехідними відтінками, а залежно від частки хвойних дерев в насадженні, а також від його віку. Змішаний ліс зі значною участю широколистяних порід (липи) в цьому синтезі може мати злегка жовтуватий відтінок, який і буде його відмінною ознакою.

У синтезі каналів NIR-RED-GREEN (червоні кольори) на літньому знімку темнохвойний ліс матиме темно-червоний відтінок, дрібнолистяні ліси - яскраво-червоний, а змішані ліси - перехідні кольори. Відрізнити ялицево-липовий ліс від ялицево-березового лісу в даному синтезі важко.

Відмінною ознакою соснових лісів часто є більш висока яскравість в середній ІЧ зоні спектра, а також в видимих каналах. Соснові ліси часто виростають на піщаних ґрунтах, де ґрунтовий покрив сильно збіднений. На спектральний образ впливають ділянки, позбавлені рослинності, це призводить до зростання яскравості в середньому ІЧ і в меншій мірі в червоному діапазоні спектра. В результаті, в синтезі SWIR-NIR-RED соснові ліси часто мають специфічний червонуватий відтінок, дозволяє відрізнити їх від темнохвойних лісів [5,6,21].

Важливо відзначити, що в лісах з високою повнотою спектральний образ формується в основному за рахунок крон дерев першого ярусу, при цьому підріст не робить істотного впливу. Для того, щоб робити висновки про породному складі підросту (наприклад, про наявності ялини та ялиці під пологом мілколистяної порід) необхідно використовувати різносезонні знімки.

Для отримання більш детальної характеристики породноскладу лісів необхідно використовувати різносезонні знімки, причому найбільш інформативними є знімки осінньогосезону (отримані в період закінчення вегетації, пожовтіннялистя і листопада). Дуже корисні також знімки зимового івесняного сезону. За ним, зокрема, можна виявити відновлення дерев хвойних порід під пологом дрібнолистих(Берези, осики).

Недоліком осінніх і зимових знімків є низькийкут освітлення Сонцем, в результаті чого один і той же тип рослинності може істотно розрізнятися спектральними характеристиками в залежності від положення на схилі (північної або південної експозиції).

При використанні осінніх знімків з'являється ряддодаткових дешифрувальних ознак для розпізнаваннялісоутворюючих порід. Це єдиний період року, коли длярозпізнавання породного складу лісів досить інформативнийRGB-синтез природних кольорів. Ліси з переважанням берези натакому зображенні матимуть різні відтінки жовтого кольору, а ділянки осики часто набувають помаранчевий відтінок (тому щолистя осики в осінній період червоніють). Ліси з переважаннямхвойних порід виглядають темно-зеленими.

У синтезі каналів NIR-RED-GREEN листяні ліси наосінніх знімках набувають світло-сірий відтінок.У зв'язку зі зменшенням вмісту хлорофілу в листкахзнижується коефіцієнт відображення в ближньому ІЧ каналі, в тойчас як хвойні породи дерев зберігають червоний відтінок.

Для змішаних лісів з'являється можливість оцінити відсотокхвойних і листяних порід. Також можливо розділити листяні породи за датою скидання листя: наприклад, липаскидає листя на кілька днів раніше дрібнолистихпорід, що дозволяє надійно розділити широколисті ідрібнолисті ліси.

Знімки, отримані в весняний період (після сходуснігового покриву і до початку вегетаційного періоду) найбільшкорисні для оцінки частки хвойних порід в насадженні (в тому числінаявності або відсутності їх в підросі). Також по знімках весняного сезону успішно визначається породний склад лісів, яківідновлюються на занедбаних сільськогосподарських угіддяхі на вирубках.

Хвойні дерева на знімках цього періоду в синтезі NIR-RED-GREEN мають яскраво-червоний відтінок (причому яскравість залежить від зімкнутості крон), а листяні породи - сірий або пісочний відтінок. Всі листяні породи дерев на весняних знімках виглядають приблизно однаково, тому що їх характерні дешифрувальні ознаки проявляються лише після початку сезону вегетації.

Найбільш ефективним для візуального (а іноді і для автоматизованого) дешифрування є спільне використання декількох знімків, отриманих в різні сезони року.

Визначити вік насадження по космічному знімку значно складніше, ніж породний склад. При цьому велику роль грає текстура зображення. Первинні старовікові темнохвойні ліси (з переважанням ялини, ялиці і кедра) на знімках з просторовим дозволом 10-30 м зазвичай можна відрізнити за характерною мілкопятнистою текстурою. В таких лісах часто спостерігається високий відсоток сухостійних дерев, а також утворюється багато дрібних прогалів на місці локальних вітровалів (або природного відпаду дерев). Вони створюють характерний малюнок зображення з поєднанням безлічі темніших ділянок (відповідних крон хвойних дерев) і більш світлих (відповідних галявинами).

Первинні ліси поширені в основному в межах особливо охоронюваних природних територій або у важкодоступних гірських районах, а також по крутих схилах річкових долин і в водоохоронних зонах.

Первинні змішані (ялицево-березові) ліси мають тіж дешифрувальні ознаки - характерну мілкопятнисту текстуру, пов'язану з великою кількістю прогалів на місці дерев, що впали. Вони виростають також на важкодоступних ділянках і в горах недалеко від верхньої межі лісу, тобто вище, ніж первинні темнохвойні ліси. Первинні соснові ліси ростуть в основному на важкодоступних заболочених ділянках та мають характерну для боліт текстуру згладжену. Такі ліси зазвичай низькорослі (незважаючи на великий вік дерев) тому виростають в несприятливих умовах. Спектральні ознаки переважаючих деревних порід для первинних і вторинних лісів в цілому однакові. Вторинні ліси на різних стадіях сукцесії, які відновлюються після

вирубок, відрізняються також в основному потекстурованими ознаками. Сліди лісозаготівельної діяльності: мережа просік, доріг для вивезення лісу, а також геометричноправильні контури рубок різних років добре видно на знімках навіть через кілька десятиліть після лісозаготівель.

Також для районів з переважанням вторинних лісів характерна ситуація, коли на вододільних ділянках поширені змішані і дрібнолистяні вторинні ліси, а в водоохоронних зонах зберігаються темнохвойні ліси. Вторинні ліси відрізняються більшою щільністю деревостану, в них менше сухостою та прогалів, ніж в первинних лісах, що впливає на текстуру зображення.

На важкодоступних територіях, де лісозаготівля ведеться в обмежених обсягах, також зустрічаються великі масиви вторинних лісів, що відновлюються після пожеж або після вітровалів. У разі відсутності вирубок, контур пройденої пожежею (вітровали) території можна встановити навіть через 60-70 років після події, тому що повне відновлення темнохвойного лісу займає понад 100 років.

Лісогосподарська діяльність є одним з найважливіших об'єктів космічного моніторингу. Завданнями космічного моніторингу рубок лісу можуть бути оцінка зміни лісистості території та породно-вікової структури лісів натлі господарського освоєння, виявлення збережених ділянок стиглих і перестійних насаджень, які мають цінність як ресурс деревини, оцінка лісовідновлення на вирубках, виявлення незаконних рубок лісу та порушень при лісозаготівлі та ін.

Виявлення рубок лісу за космічними знімками середнього і з високою роздільною здатністю не представляє великої складності за винятком тих випадків, коли рубки займають невелику площу або є вибірковими. Всі порушення лісового покриву (пов'язані як з лісозаготівлями, так і з природними факторами) в цілому мають подібні спектральні дешифрувальні ознаки. При частковому або повному порушенні (вилучення) лісового покриву відбувається зниження коефіцієнта відображення в ближній ІЧ зоні спектра (NIR), обумовлене зменшенням вмісту хлорофілу. У той же час зростає коефіцієнт відображення в середній ІЧ зоні (SWIR), що обумовлено появою ділянок відкритого ґрунту. Також на вирубках відбувається зростання

коефіцієнта відбиття у видимій зоні спектра (найбільш виражений в червоному каналі), за рахунок того, що відкритий ґрунт відображає більше сонячної радіації, ніж крони дерев.

Для дешифрування вирубок по знімках, отриманих в вегетаційний період, найбільш інформативним є середній ІЧ діапазон (SWIR) і різні варіанти колірної синтезу з його участю, наприклад синтез SWIR-NIR-RED. Але оскільки багато супутники (SPOT-6, Ресурс-П, PlanetScope і ін.) не ведуть зйомку в цій спектральній зоні, або ж дані мають знижений просторову роздільну здатність (Sentinel-2), то для дешифрування часто використовують також синтез NIR-RED-GREEN. Синтез природних кольорів використовується рідше, так як менш інформативний і більше схильний до впливу атмосферних ефектів (димки і напівпрозорі хмарності) [1,5,23].

У свою чергу, для виявлення вирубок по знімках в періодзі сніговим покривом найбільш інформативні канали видимого діапазону, через велику яскравості контрасту між лісовою рослинністю і відкритими ділянками, покритими снігом.

В цілому дешифрування рубок по зимовим знімкам, особливо при досить високому стоянні Сонця (на початку весни) вважається більш ефективним, ніж по знімках вегетаційного періоду.

Найбільш поширеним способом рубок в лісовому господарстві є суцільні рубки, при яких відбувається повне вилучення деревостану або зберігаються окремі дерева.

Дешифрування суцільних рубок не представляє труднощів унаслідок сильного контрасту яскравості в порівнянні з лісовими масивами. У синтезі каналів NIR-RED-GREEN свіжі суцільні вирубки матимуть блакитно-зелений відтінок, а в синтезі SWIR-NIR-RED - яскраво-рожевий. Це дозволяє надійно відокремити їх від заростаючих вирубок, які мають яскраво-зелений колір в синтезі каналів SWIR-NIR-RED за рахунок відновлення рослинного покриву.

Найважливішим геометричним ознакою вирубок є наявність прямих кутів (часто - взагалі прямокутна форма), причому це більш характерно для суцільних

вирубок, ніж для прохідних і вибіркових. На ділянках інтенсивної лісозаготівлі зазвичай в шаховому порядку розташовані свіжі, що заростають вирубки і збережені лісові ділянки. Це обумовлено так званими термінами примикання, тобто заборонаю на проведення вирубки лісу, що примикає до суцільної вирубки. Дотримання термінів примикання необхідно для збереження ґрунтового покриву і забезпечення лісовідновлення. Для виявлення прохідних і особливо вибіркових рубок ліси просторову роздільну здатність знімків Landsat (30 м) недостатньо. Прохідні рубки можуть бути виявлені за спектральними ознаками, які виражені гірше, ніж для суцільних рубок, а вибіркові рубки, як правило, не виявляються. При використанні знімків високого дозволу (від 10 м) тип рубки визначається за рисунком зображення. При цьому для успішного виявлення вибіркових рубок необхідно просторову роздільну здатність даних від 5 м і детальніше.

Для вирішення завдань лісового господарства найкраще використовувати композити зеленого і червоного каналів для отримання високоякісних кольорових зображень, які служать в якості основи в геоінформаційних системах. Синій канал полегшує розпізнавання лісових пожеж на безхмарних знімках. Здорова рослинність поглинає більше випромінювання в синій і червоній зоні, відображаючи при цьому значну частину зеленого кольору. Зелений канал служить не тільки для формування композитного RGB- зображення, але і дозволяє класифікувати рослинність при використанні в поєднанні з іншими спектральними каналами. Він також незамінний при оцінці загального стану лісу [22].

Червоний канал дуже важливий для аналізу стану рослинності (головним чином лісів) і дуже активно використовується. Поглинання світла фотосинтезуючими рослинами має пік в червоній частині видимого електромагнітного спектра. Довжина хвилі червоного каналу більше, ніж синього, з цієї причини стан атмосфери впливає на нього значно менше.

Червоний канал грає вирішальну роль при проведенні аналізу зміни лісового покриву, наприклад при картографуванні збитку від стихійних

лих, класифікації видів рослинності, моніторингу стану лісового покриву, оцінки запасу деревостану, життєздатності лісу, визначенні місцезнаходження доріги просік.

Крайній червоний канал використовується в поєднанні з ближнім інфрачервоним каналом для розрахунку індексу NDVIRE $[(NIR-RE) / (NIR + RE)]$. Цей індекс дуже чутливий до змін змісту рослинного хлорофілу. Донедавна NDVIRE використовувався головним чином для оцінки статусу сільськогосподарських посівів. Недавні дослідження показали, що за допомогою індексу NDVIRE можна точно визначити зниження вмісту хлорофілу в листі лісового пологу на самих ранніх стадіях, наприклад принашестьях лубоїда-стригуна, що викликають передчасне старіння, а нерідко і загибель дерев [20-23].

Здорова рослинність в значній мірі відображає інфрачервоне випромінювання, невидиме для людського ока. Відображення відбувається зарахунок великої площі поверхні листя. Якщо ліс потерпає від нашестья комах, які шкодять листі, зниження випромінювання в цій зоні спектра показує втрату листя. Відображальна здатність листя дерев сильно різниться у різних видів. Відображальна здатність листя хвойних порід набагато нижче, ніж листяних. Значення NIR молодого хвойного деревостою вище, ніж старого. Тому канал NIR є дуже важливим для класифікації лісів, визначення породного складу, а також для моніторингу зараження лісів комахами-шкідниками. Канал NIR також грає ключову роль при картографуванні наслідків ураганного вітру, а в даний час стає важливою складовою при розрахунку деяких показників, що визначають біофізичні параметри рослинності.

Загалом задачі лісового господарства, які вирішуються в рамках космічного моніторингу, групуються за такими напрямками [5,6]:

Задачі інвентаризації та моніторингу лісового фонду:

□ визначення породного складу лісів;

- поділ лісів на категорії за віком, ступенем стиглості, запасом деревної маси, біологічної продуктивності;
- визначення висоти лісових масивів шляхом автоматизованої спільної обробки цифрових моделей місцевості, створених за стереопарою космічних знімків і об'єктивних даних про рельєф місцевості;
- картографування лісового фонду.

Задачі моніторингу ведення лісокористування:

- контроль лісовідновлювальних робіт, моніторинг процесів лісовідновлення;
- експрес-оцінка фактичних площ рубок, що з'явилися з часу останнього лісовпорядкування, в автоматизованому режимі;
- вивчення природних умов, що сприяють або перешкоджають активній лісогосподарській діяльності (виявлення плоских знижених заболочених ділянок, безстічних улоговин, різких перегинів рельєфу і т. п.) із застосуванням цифрових моделей рельєфу;
- контроль видів рубок (вибіркових, поступових, суцільних), площ вирубок, розміщення лісовозних доріг, волоків і навантажувальних майданчиків відповідно до технологічної карти розробки лісоосіки.

Задачі охорони лісу і виявлення незаконних рубок:

- виявлення існуючих незаконних вирубок і гарей, оперативний автоматизований моніторинг появи нових ділянок, пройдених пожежами, і вирубок, визначення економічного і екологічного збитку;
- забезпечення своєчасною інформацією про хід і дотримання правил рубок компаніями-лісозаготовлювачами;

Задачі боротьби з лісовими пожежами:

- оперативне виявлення вогнищ виникнення лісових і торф'яних пожеж;
- прогнозування розвитку і просування вогнищ лісових пожеж на базі знань про вплив на даний процес метеорологічних умов і пірогенних факторів;
- оцінка пройденої вогнем площі;

- виявлення гарей і визначення їх площ, оперативний автоматизований моніторинг появи нових ділянок, пройдених пожежами, визначення економічного і екологічного збитку;
- оперативне автоматизоване виявлення осередків пожеж розміром аж до десятків квадратних метрів на базі традиційних алгоритмів;
- оцінка збитку, нанесеного лісовому господарству пожежами.

Задачі лісопатологічного моніторингу і виявлення впливу несприятливих погодних явищ:

- вивчення негативних процесів, що впливають на лісові масиви: впливу шкідників і хвороб, осушення або перезволоження лісів, що призводять до їх деградації і загибелі;
- оцінка стану лісових насаджень з хронічною формою ослаблення дерев хворобами, промисловими викидами, надмірної рекреаційної навантаженнями т. п.;
- виявлення масивів лісу, повністю або частково поваленого ураганними вітрами, визначення площ вітровалів;
- оцінка площі пошкоджених лісів.

Висновки до розділу 1. Для виконання поставлених перед лісовим господарством завдань необхідний великий обсяг актуальних даних про стан лісових екосистем, їхніх компонентів, лісового фонду, на основі яких повинні вироблятися і прийматися оптимальні рішення щодо багатопільового використання лісових ресурсів. Однак інформаційне забезпечення органів лісового господарства та інших зацікавлених установ та відомств про стан лісового фонду все ще далеке від досконалості.

Практично немає лісових середньомасштабних тематичних карт. Традиційні засоби і методи отримання інформації сьогодні вже не забезпечують оперативний контроль за станом лісів, динамікою лісового фонду, діяльністю із заготівлі лісу. Для вирішення проблеми необхідне впровадження нових методів і технологій, основу яких мають становити геоінформаційні технології та дані дистанційного зондування Землі.

РОЗДІЛ ІІ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВІ ОСОБЛИВОСТІ ЛІСОВИХ РЕСУРСІВ НА ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕНЬ.

2.1 Фізико-географічна характеристика Селятинської територіальної громади.

Селятинська територіальна громада розташована на заході Чернівецької області у Вижницькому районі. Центром Селятинської територіальної громади є село Селятин (Рис. 2.1). Загальна площа територіальної громади становить 367,7 км². Кількість рад, що об'єдналися: 3, чисельність населення становить 4709 осіб. Кількість закладів, що надають первинну медичну допомогу: 10



Рис. 2.1 Картосхема розміщення Селятинської територіальної громади

Внаслідок проведеної децентралізації була утворена Селятинська територіальна громада, що входить до Вижницького району Чернівецької області. До складу громади увійшли наступні населені пункти:

села Андреківське, Верхній Яловець, Галицівка, Лустун, Нижній Яловець, Плоска, Руська, Сарата, Селятин, Шепіт.

Згідно показників наданих експертами програми «U-LEAD з Європою» та SKL International на підставі даних Міністерства фінансів, Державної казначейської служби, Державної статистичної служби, порталу openbudget.gov.ua було проаналізовано та представлено бюджет вказаної громади (Табл.2.1).

Таблиця 2.1

Бюджет Селятинської громади станом на 1 квартал 2021 року

№	Характерні особливості бюджету громади	
1	Доходи загального фонду на 1-го мешканця:	893.7 грн
2	Видатки загального фонду на 1-го мешканця:	2176.0 грн
3	Капітальні видатки на 1-го мешканця:	4.3 грн
4	Рівень дотаційності бюджетів:	25.9 %
5	Співвідношення видатків на утримання апарату управління із сумою доходів загального фонду:	35.4 %
6	Питома вага заробітної плати у видатках загального фонду:	95.2 %
7	Видатки на загальну середню освіту на 1-го учня:	8385.7 грн
8	Питома вага місцевих податків і зборів у доходах загального фонду	14.8 %

Досліджувана територія переважно лісогосподарського характеру. Відповідно до тектонічного районування територія досліджень перебуває в межах Карпатської складчастої системи (Передкарпатський прогин). Згідно схеми фізико-географічного районування, територія громади відноситься до Українських Карпат (область Передкарпаття та Зовнішніх Карпат).

За характером рельєфу територія досліджень є передгірською височинною рівниною, що розчленована річковими долинами, з переважаючими абсолютними висотами 300-500 м. Вона розміщена в Передкарпатському крайовому прогині, який складений товщею осадових

неогенових відкладів, що залягають на палеогенових і крейдових відкладах. Неогенові відклади характерні наявністю піщано-глинистої соленосної товщі, мергелів, пісковиків, конгломератів і сланців, з якими пов'язані родовища сірки і калійних солей, нафти, газу. Зазначені породи володіють дислокованим характером. У прогині виділяються внутрішня і зовнішня зони.

Неогенові відклади перекриті антропогеновими водно-льодовиковими, алювіальними, алювіально-делювіальними та озерними відкладами, які беруть участь у будові міжрічкових просторів і річкових долин.

У межах громади переважають ландшафти передгірських акумулятивно-денудаційних височинних рівнин зі значною диференціацією ландшафтних місцевостей, яка зумовлена геоморфологічною будовою та різноманітністю ґрунтово-рослинного покриву.

Заплавні займають річкові днища долини і складені піщано-галечниковим алювієм з дерново-глейовими ґрунтами з лучною рослинністю.

Низькотерасові й високотерасові ландшафтні місцевості являють собою слабодренвані рівнини з дерново-підзолисто-глейовики і дерново-буроземними оглеєними ґрунтами.

Місцевості розчленованих горбисто-пасмових височин займають найбільш високі ділянки Передкарпаття і характеризуються переважно дерново-підзолистими, сірими і світло-сірими опідзоленими ґрунтами.

Геологічна будова має суттєве значення в прогнозуванні розміщення промислових та інфраструктурних об'єктів з їх навантаженням на територію та в прогнозуванні можливих наслідків природних надзвичайних ситуацій.

Клімат території досліджень помірно-континентальний з достатнім та надлишковим зволоженням, нежарким літом, відносно м'якою зимою та теплим осіннім періодом. Клімат тут формується під впливом складної взаємодії радіаційного режиму та процесів атмосферної циркуляції, характер прояву яких зумовлений географічним положенням і особливостями підстилаючої поверхні.

Здійснено також аналіз геодезичного забезпечення території Селятинської територіальної громади. Було здійснено імпортування пунктів ДГМ з їх точними координатами до ГІС продукту QGIS.

Встановлено, що на території досліджень існує 5 пунктів ДГМ, поблизу території ще 3, загалом 8 пунктів на території площею 367,7 км². Щільність пунктів становить 1 пункт на 46 км², що є нижче норми потрібної кількості пунктів (Рис.2.2).

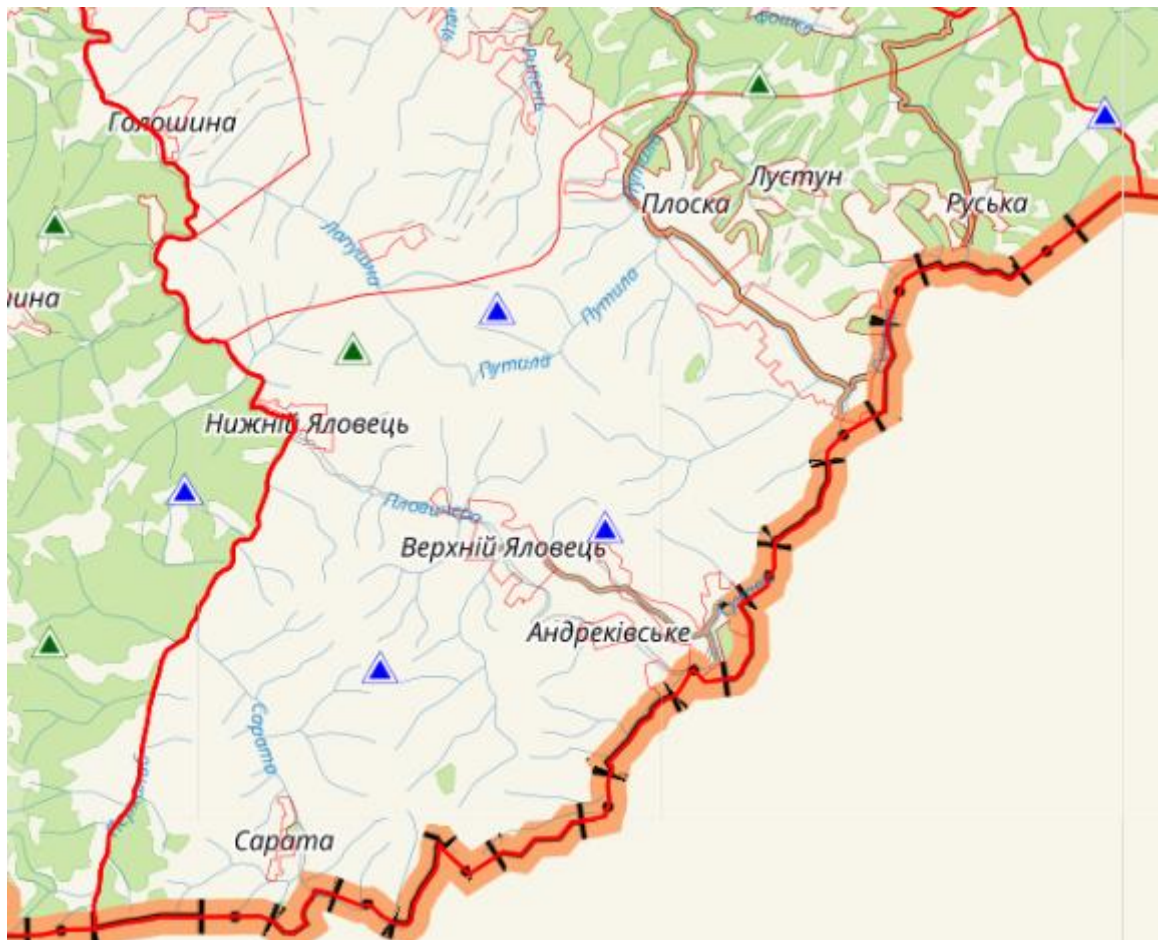


Рис. 2.2 Просторове поширення пунктів ДГМ на території Селятинської територіальної громади

Серед існуючих пунктів ДГМ є наступні:

1 клас – відсутні;

2 клас – 5 пунктів;

3 клас – 3 пункта;

Розрядна геодезична мережа – відсутні.

Особливості створення буферних зон навколо пунктів ДГМ при аналізі створення карт та планів різних масштабів показує необхідність добудови та проектування пунктів для більшої території досліджень. Особливо це стосується східної, центральної частини Селятинської територіальної громади [2].

2.2 Просторові особливості поширення лісових ресурсів на території досліджень.

Щодо характерних особливостей просторового розподілу показників у розрізі структури земельного фонду то слід відмітити, що для території Селятинської громади переважаючими є наявність земель лісового фонду. На другому місці перебувають площі земель сільськогосподарського призначення (Рис.2.3).

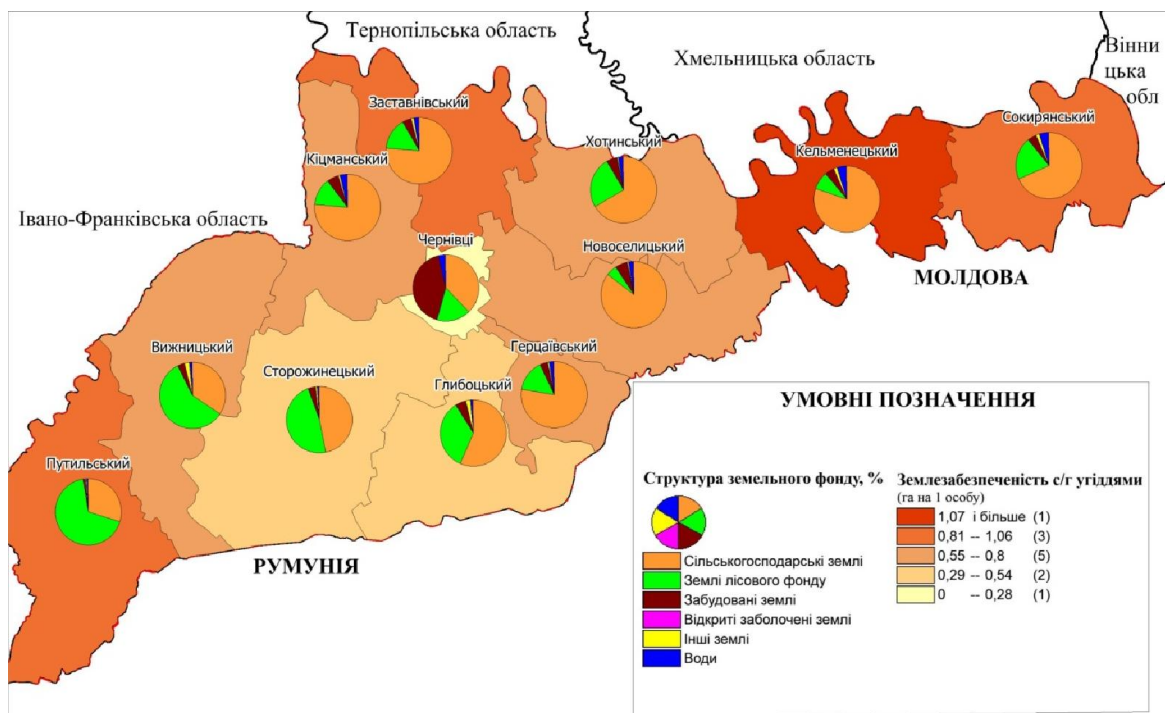


Рис. 2.3 Структура земельного фонду Чернівецької області

Досить важливе значення в економічному та соціальному розвитку території досліджень відіграють наявність лісів, що мають також ґрунтозахисне значення. Загальна площа земель лісового фонду в адміністративних межах

території Селятинської громади за інформацією державного земельного звіту знаходиться на рівні 28337 га (77% загальної площі громади) (Табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Загальні дані про лісовий фонд у Селятинській територіальній громаді

№	Адміністративно-територіальна одиниця	Ліси та інші лісовкриті площі, га	Частка лісистості, %
1	Плосківська сільська рада	5554	72
2	Селятинська сільська рада	6386	71
3	Шепітська сільська рада	16397	81
4	УСЬОГО	28337	77

Досить сприятливі ґрунтови, а також кліматичні умови території громади визначають досить різноманітний породний склад наявних лісів: на території досліджень переважають хвойні і твердолистяні насадження, а частка м'яколистяних порід є незначною. Головними лісоутворюючими породами є ялина, дуб, граб, ясен, бук, ялиця, береза та інші.

Головним багатством територіальної громади є наявна рослинність, в основному це ліси. Це в основному, ділянки корінних високопродуктивних букових та буково-ялицевих насаджень.

Якщо характеризувати просторову структуру земель лісогосподарського призначення то найвищі значення площ лісів та інших лісовкритих площ притаманні саме південним територіям громади (Шепітська сільська рада). Таким чином, найвищі значення частки лісистості характерні для Шепітської сільської ради і становлять 81%, для територій Плосківської сільської ради показник на рівні 72 %, а для Селятинської – 71 %.

При збільшенні населення природно, що показник землезабезпечення знижується. Тому потрібно завжди поліпшувати земельні ресурси, бережливо їх використовувати, ні в якому разі не допускати невинновданого вилучення угідь сільськогосподарських для потреб інших галузей народного господарства.

Через це, в дипломній роботі здійснено розрахунки визначення показників землезабезпеченості населення землями лісового фонду в розрізі адміністративних утворень Селятинської територіальної громади (Табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Рівень землезабезпеченості населення Селятинської територіальної громади
землями лісового фонду

№	Адміністративно-територіальна одиниця	Чисельність населення, осіб	Землезабезпеченість, га/особу
1	Плосківська сільська рада	1527	3,64
2	Селятинська сільська рада	1973	3,24
3	Шепітська сільська рада	1209	13,6
4	УСЬОГО	4709	6,02

Таким чином, особливості просторового розподілу землезабезпеченості лісом в розрізі адміністративних одиниць (сільських рад Селятинської територіальної громади) трохи схожий із проведеним попередньо розподілом площ лісів та інших лісовкритих площ. Отже найвищі значення притаманні для Шепітської сільської ради і становлять 13,6 га/особу, це пов'язано через мале населення та великий показник лісистості території. Для Плосківської та Селятинської сільської ради показник земле забезпечення майже однаковий – 3,64 та 3,24 га на 1 особу.

Якщо аналізувати просторовий розподіл лише лісових земель, то найбільші площі характерні для Шепітської сільської ради – 15563 га, а для Плосківської та Селятинської становлять 5170 та 5870 відповідно. Щодо площі під чагарниками, то для Шепітської – 55, Плосківської – 5, Селятинської 12 га.

Просторовий аналіз території за основною визнаною функцією використання – для виробництва деревини показав, що найбільші площі земель знаходяться в Шепітській сільській раді і становлять 15819 га. а для Плосківської та Селятинської становлять 5427 та 5937 га відповідно. Щодо захисної, природоохоронної та біологічної мети, то проведене дослідження

показало, що найбільші площі притаманні для Шепітської сільської ради –523 га, а для Плосківської та Селятинської становлять 122 та 437 га відповідно.

2.3 Аналіз лісових ресурсів територій досліджень за допомогою геопорталу Global Forest Watch (GFW)

Існуючі кількісні статистичні показники, що характеризують земельні ресурси зазвичай є застарілими, а їх використання в дослідженнях є не зовсім об'єктивним. Існуючі в минулому звіти статистичної інформації, типу форм 6-ЗЕМ на даний час не оновлюються у зв'язку з переходом до нового адміністративно-територіального устрою країни реформи децентралізації. Проблема сучасного аналізу земельних ресурсів може бути вирішена за допомогою космічних знімків середньої роздільної здатності, що можна викачати з безкоштовних геопорталів та інтернет-ресурсів.

Для проведення дослідження та аналізу змін площі земель під лісовими ресурсами для території Селятинської громади на території Чернівецької області використано відкриті дані онлайн-платформи Global Forest Watch (GFW), що дозволяє отримати дані та інструменти для моніторингу територій під лісовими ресурсами. Використовуючи найкращі та найсучасніші технології та методи Global Forest Watch дозволяє кожному забезпечити доступ до даних про реальний час, а також та про те, де і як змінилися лісові ресурси як глобально так і локально для конкретної території досліджень.

Перш ніж перейти до безпосередньої території досліджень було проведено аналіз зміни лісових ресурсів для всієї території досліджень для того, щоб в черговий раз переконатись у збільшенні даного показника для західних територій Чернівецької області та Вижницького району зокрема. В одній з категорій геопорталу Global Forest Watch – “Дані зміни лісу” було здійснено активізацію шару – Втрата покриття дерева. У зазначеному наборі даних, «деревне покриття» досліджується як вся рослинність, що перевищує 5 метрів у висоту, і може мати форму природних лісів або насаджень у діапазоні щільності купола. Власне "Втрата" вказує на зникнення деревних покривів і

може бути пов'язана з багатьма факторами, включаючи пожежу, хворобу, механічне збирання або ураження бурею. Важливо розуміти, що, «втрата» не прирівнюється до вирубки лісів. Цезабезпечило визначення та відображення на карті ділянок зникнення деревного покриву, що зафарбовані у червоний колір на даній геоплатформі Global Forest Watch.

Разом з тим, зазначена втрата деревного покриву може здійснюватись з багатьох причин, це може бути і вирубування лісів, вогонь та вирубування лісу в ході сталого ведення лісового господарства. Аналогічним чином, показник коефіцієнта поглинання деревини може говорити про зростання купола дерев в межах природних або так званих керованих лісів.

Після вибору території– Чернівецької області було проведено активацію шару та проведено аналіз візуалізованого зображення (Рис.2.4).

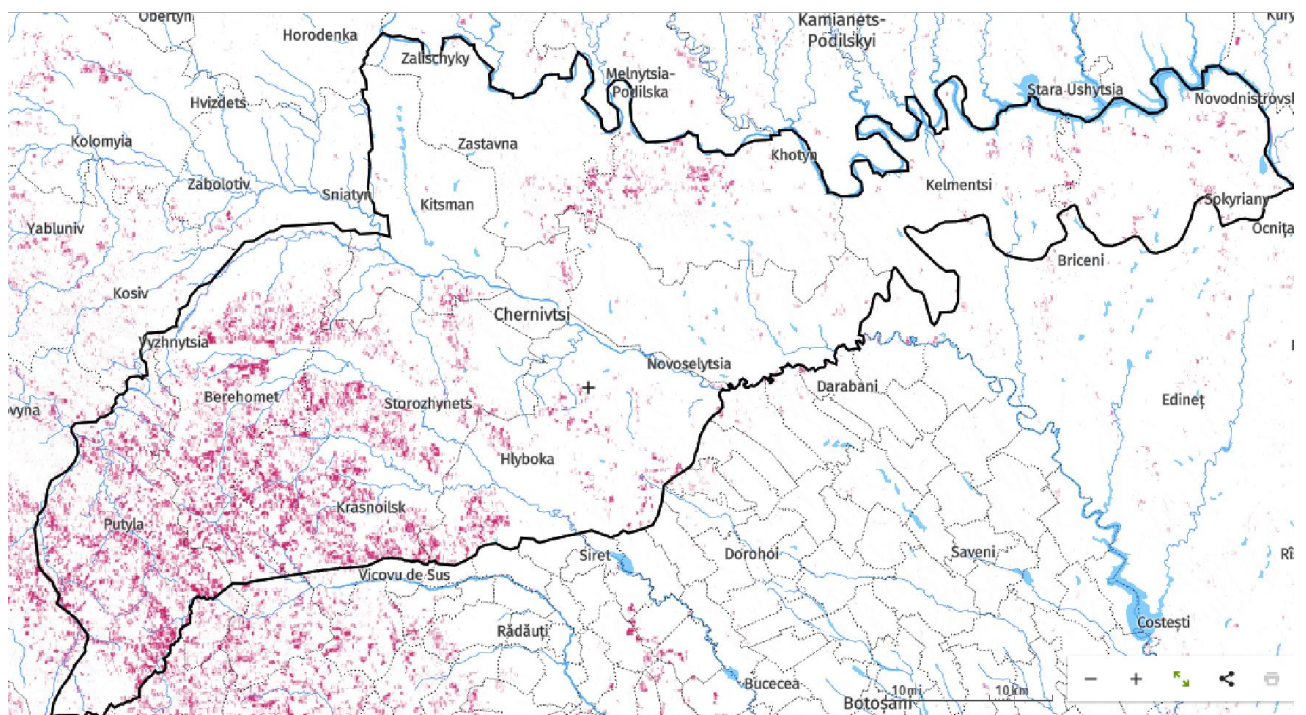


Рис. 2.4 Зникнення деревного покриву за 2001-2019 рр. на території Чернівецької області веб-додатка Global Forest Watch (GFW)

Що важливо, що з даного геопорталу Global Forest Watch є можливість не лише візуально порівняти та проаналізувати існуючі показники, а й кількісно їх виразити. Тому було отримано кількісні показники часового розподілу

зникнення деревного покриву для території всієї Чернівецької області з 2001 по 2018 рік (Табл.2.4).

Таблиця 2.4

Втрата деревного покриву в Чернівецькій області
протягом 2001-2019 рр.

№	Рік	Площа, га
1	2001	1030
2	2002	1500
3	2003	989
4	2004	1290
5	2005	1230
6	2006	1600
7	2007	3860
8	2008	2130
9	2009	1290
10	2010	2980
11	2011	2190
12	2012	2780
13	2013	1480
14	2014	2030
15	2015	1530
16	2016	2350
17	2017	1780
18	2018	1550
19	2019	1730

Кількісні показники дали можливість проаналізувати, що найнижчі значення площі втрат деревного покриву для території Чернівецької області були характерні для 2003 р. – 989 га., та 2001 р. – 1030 га., а найвищі в 2007 р. і становлять 3860 га. Проведений аналіз візуалізував території з найбільшими показниками втрат деревного покриву – це теперішній Вижницький район,

(колишні Путильський та Вижницький райони). При розгляді території колишнього Путильського району візуально можна виокремити одну з ділянок із найбільшою втратою поблизу населеного пункту села Селятин, тобто одні з найвищих показників характерні для Селятинської територіальної громади (Рис.2.5).

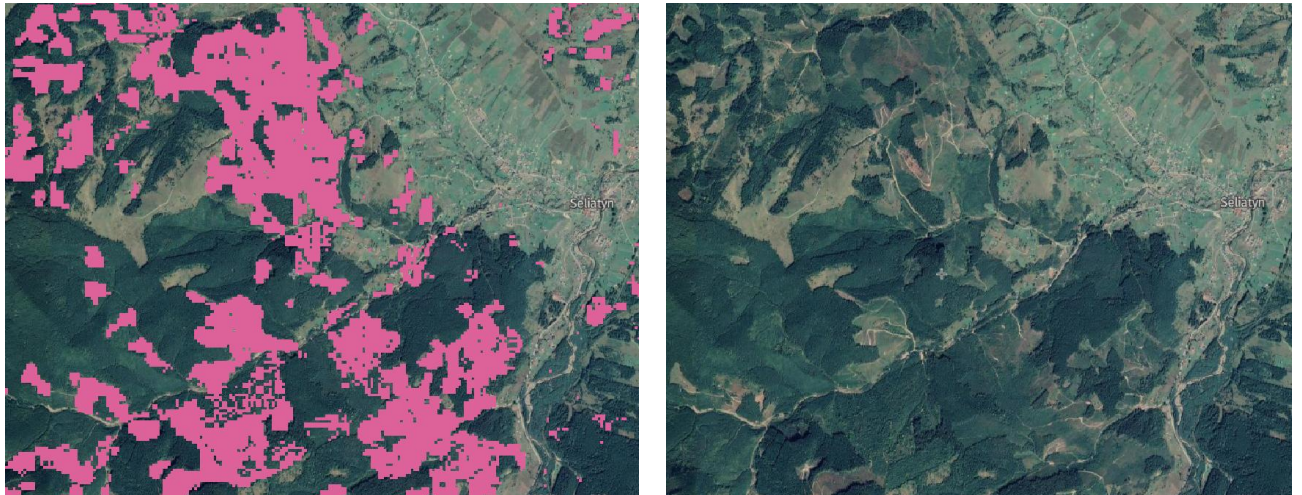


Рис. 2.5 Територія досліджень поблизу с. Селятин з виділеними ділянками втрати деревного покриву протягом 2001-2019 рр. геопорталу Global Forest Watch (GFW).

На даному геопорталі є можливість здійснювати аналіз різних показників по межах та кордонам, які є в наборі просторової інформації даного геопорталу. Проте, на даному етапі нас цікавить територія Селятинської територіальної громади. Природно, що межі нового територіального утворення не можуть бути візуально відображені на геопорталі Global Forest Watch, тому вказані межі потрібно експортувати в даний програмний продукт, що й було зроблено за допомогою функціональних можливостей геопорталу Global Forest Watch (Рис.2.6).

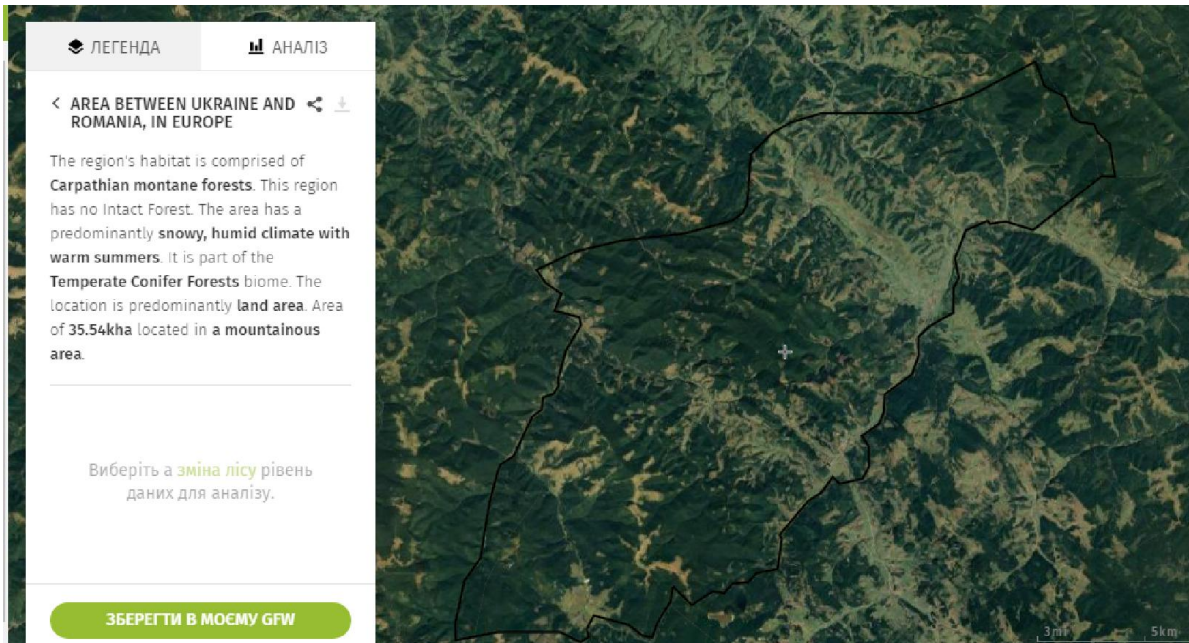


Рис.2.6 Візуалізація експортованих даних меж Селятинської територіальної громади на геопорталі Global Forest Watch.

Після вибору території дослідження – Селятинської територіальної громади було проведено активацію шару “втрата деревного покриву” та проведено аналіз візуалізованого зображення (Рис.2.7).



Рис.2.7 Зникнення деревного покриву за 2001-2020 рр. на території Селятинської територіальної громади веб-додатка Global Forest Watch (GFW)

Вдалось імпортувати кількісні показники часового розподілу зникнення деревного покриву для території досліджуваної територіальної громади з 2001 по 2020 рік (Табл.2.5).

Таблиця 2.5

Втрата деревного покриву для території Селятинської територіальної громади протягом 2001-2020 рр.

№	Рік	Площа, га
1	2001	53
2	2002	259
3	2003	182
4	2004	192
5	2005	191
6	2006	233
7	2007	426
8	2008	313
9	2009	131
10	2010	391
11	2011	317
12	2012	310
13	2013	152
14	2014	201
15	2015	154
16	2016	253
17	2017	141
18	2018	157
19	2019	141
20	2020	201
21	Разом	4398

Кількісні показники дали можливість проаналізувати, що найнижчі значення площі втрат деревного покриву для території Селятинської

територіальної громади були характерні на початок 2000-х років, зокрема у 2001 р. становив показник 53 га., а найвищі в 2007 р. і становлять 426 га. Загалом, протягом 2001-2021 років загальна площа втрати деревного покриву становила 4398 га.

Якщо розглядати показники приросту деревного покриву, то протягом 2001-2012 рр. площа під збільшенням зросла на 2200 га. (Рис.2.8).



Рис. 2.8 Приріст деревного покриву за 2001-2012 рр. на території Селятинської територіальної громади веб-додатка Global Forest Watch (GFW)

2.4 Сучасний стан вирубки лісових ресурсів за даними геопорталу lk.ukrforest.com

Державне агентство лісових ресурсів України запустило пілотний проект електронного реєстру лісорубних квитків на заготівлю деревини: <https://lk.ukrforest.com/>. Це реєстр дозвільних документів, які дають право здійснювати господарську діяльність, пов'язану із заготівлею деревини. Реєстр лісорубних квитків покриває всю територію України. В цьому реєстрі зібрано всі дані про лісорубні квитки для того, щоб зробити цю інформацію доступною для громадськості.

Лісорубний квиток – дозвіл на заготівлю деревини. Містить інформацію про місце та обсяг заготівлі. Документ видають обласні управління лісового та мисливського господарства. Загальна площа лісових ділянок України становить

10,4 млн га. Лісистість країни становить 15,9%. До сфери управління Держлісагентства належить 7,6 млн га лісів (73% лісового фонду України).

У реєстрі оприлюднено інформацію про 96.1 тис. виданих дозвільних квитків на заготівлю деревини. Розроблено онлайн-карту рубок, яка також працює в пілотному режимі і поширюється на лісогосподарські підприємства двадцяти чотирьох областей – Чернігівської, Полтавської, Рівненської, Київської, Волинської, Тернопільської, Закарпатської, Житомирської, Сумської, Миколаївської, Вінницької, Херсонської, Черкаської, Одеської, Дніпропетровської, Хмельницької, Чернівецької, Львівської, Донецької, Івано-Франківської, Луганської, Кіровоградської, Запорізької, Харківської та АР Крим. Триває наповнення системи даними та оперативне оновлення вже внесених даних.

Можна ознайомитися з переліком лісорубних квитків на заготівлю деревини або перевірити на карті законність здійснення рубок. Реєстр містить низку опцій, зокрема, можна обрати необхідну область, лісгосп, лісництво, квартал та виділ, систему і тип рубок, їхній статус та період проведення (Рис.2.9).

На картосхемі візуалізовані рубки різного призначення. Зокрема всі вони належать до наступної класифікації: заходи, не пов'язані з веденням лісового господарства, суцільні, поступові, реконструктивні, вибіркові, комбіновані, комплексні, вибіркові, суцільна санітарна, суцільнолісосічна, вузьколісосічна, середньолісосічна, діляночна рубка, широколісосічна рубка, проріджування, ландшафтні, очищення, освітлення, вибірково санітарна рубка, прохідна, комплексні, вибіркові, реконструктивні, суцільні.

Завдяки функціональним можливостям геопорталу вдалось виділити межі Путильського лісового господарства, Селятинського лісництва з позначеними межами лісництв, кварталів, виділів та рубок обраної території (Рис.2.10).

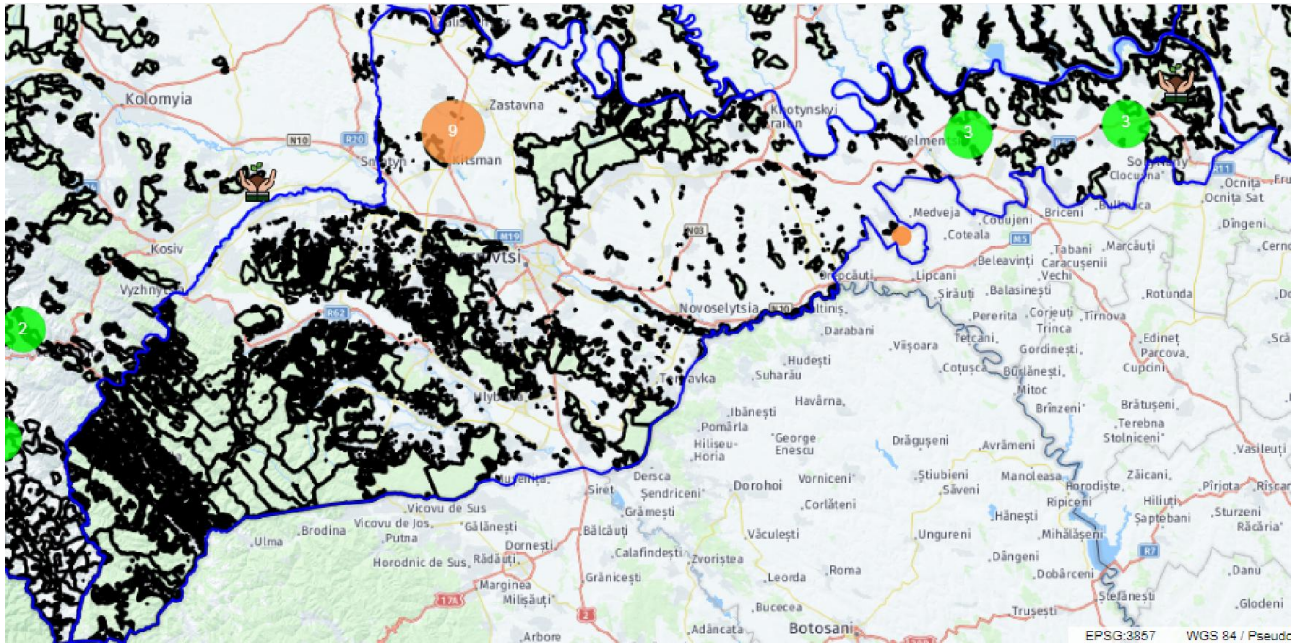


Рис.2.9 Картосхема Чернівецької області з нанесеними межами лісництв

Крім того, у меню геопорталу є можливість додатково виділити квартали, виділи та рубки обраної території (Рис.2.11).

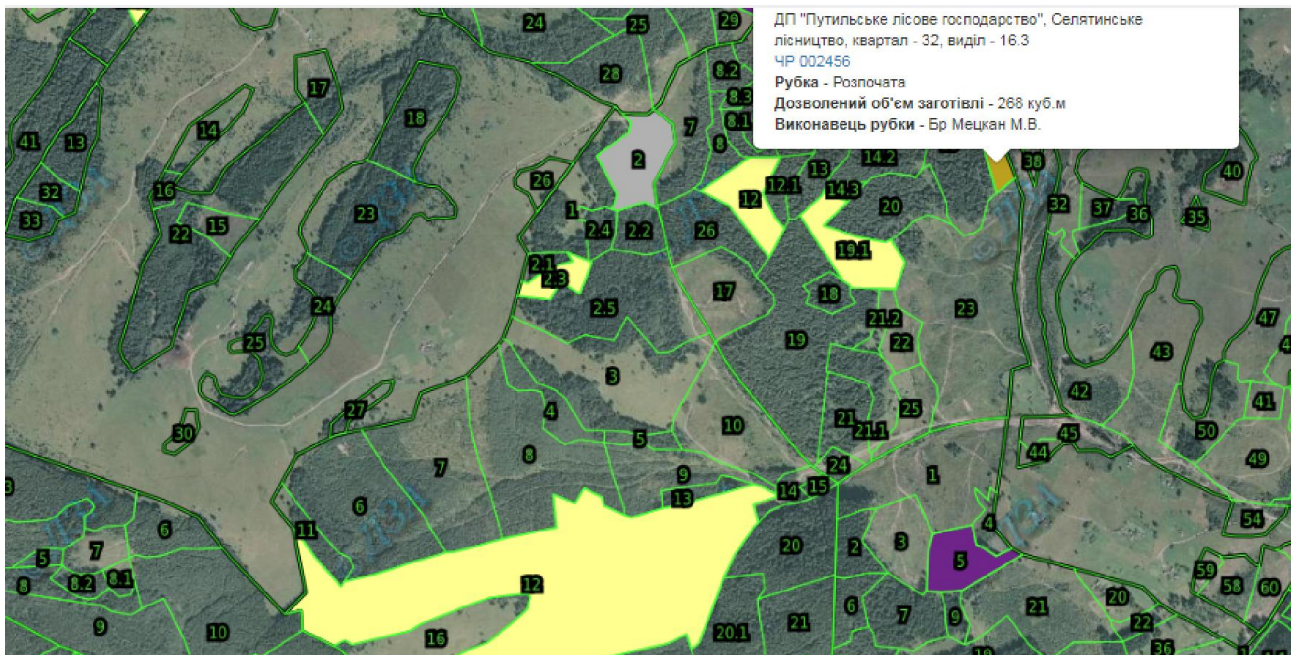


Рис. 2.10 Картосхема території Путильського лісового господарства, з нанесеними межами лісництв, кварталів, виділів та рубок.

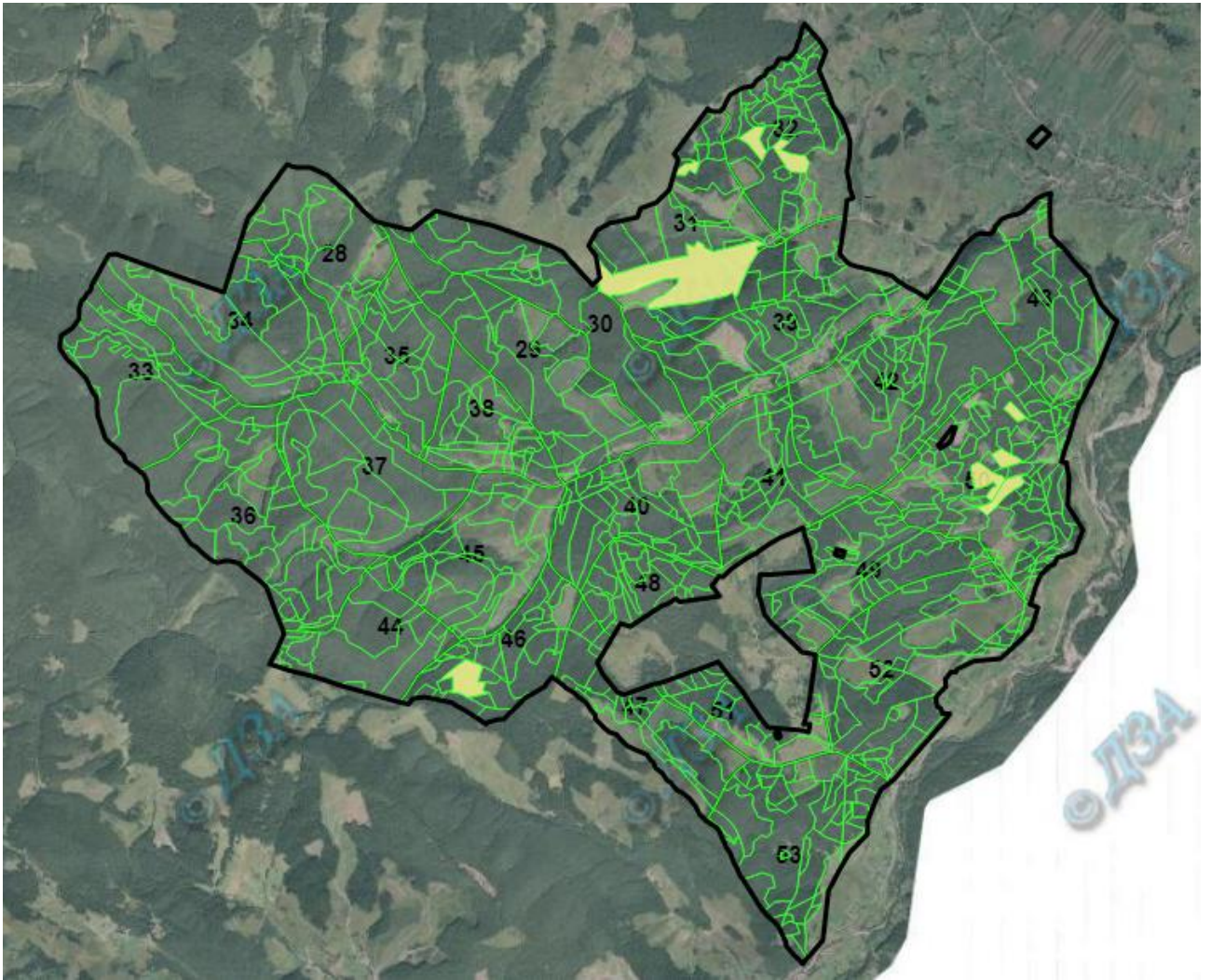


Рис.2.11 Картосхема території Путильського лісового господарства, Селятинського лісництва з нанесеними межами кварталів, виділів та рубок.

На геопорталі також є можливість перегляду атрибутивних даних вирубки по даній території, що виділена (Рис.2.12).

Так, встановлено, що територія досліджень належить до ДП "Путильське лісове господарство" номер 002461. Початок дії лісорубного квитка 08.10.2020 року, термін закінчення заготівлі 31.12.2020 р. Лісництво – Селятинське, тип вирубки – вибіркова санітарна рубка, статус завершився. Всього запас деревини, що дозволений до заготівлі – 312 куб. м.

Крім того для території досліджень виділено ділянки які піддавались вирубці (Рис.2.13). Визначена площа ділянок становить 18,64 га.

ЧР 002461 - Завершився термін дії

Область	Чернівецька область
Постійний ідентифікатор	ДП "Путильське лісове господарство"
Номер	002461
Початок дії лісорубного квитка	08.10.2020
Строк закінчення заготівлі	31.12.2020
Лісництво	Селятинське лісництво
Тип рубки	Вибіркова санітарна рубка
Статус	Завершився термін дії
Статус рубки	Розпочата
Спосіб очищення	(не задано)

Квартал	Видіп	Ділянка(підвидіп)	Площа	Господарство	Всього запас деревини, дозволений до заготівлі, куб.м	Запас деревини, дозволений до заготівлі, в т.ч. ліквідної, куб.м	Статус рубки	Високацька рубка
50	34	4	1.30	хв - хвойне	30	30	Розпочата	Бр Заець Ю.В.
50	27	2	1.40	хв - хвойне	18	18	Розпочата	Бр Заець Ю.В.
50	16	2	1.40	хв - хвойне	25	25	Розпочата	Бр Заець Ю.В.
50	4	1	1.50	хв - хвойне	17	17	Розпочата	Бр Заець Ю.В.
46	11	3	0.70	хв - хвойне	14	14	Розпочата	Бр Заець Ю.В.
32	19	1	1.00	хв - хвойне	24	24	Розпочата	Бр Заець Ю.В.
32	12	2	0.50	хв - хвойне	17	17	Розпочата	Бр Заець Ю.В.
31	12	1	1.50	хв - хвойне	25	25	Розпочата	Бр Заець Ю.В.
31	2	3	1.70	хв - хвойне	20	20	Розпочата	Бр Заець Ю.В.
22	16	3	2.00	хв - хвойне	50	50	Розпочата	Бр Заець Ю.В.
19	3	11	1.00	хв - хвойне	24	24	Розпочата	Бр Заець Ю.В.
11	10	1	0.90	хв - хвойне	21	21	Розпочата	Бр Заець Ю.В.
10	9	3	0.70	хв - хвойне	9	9	Розпочата	Бр Заець Ю.В.
1	32	1	1.10	хв - хвойне	18	18	Розпочата	Бр Заець Ю.В.

Рис. 2.12 Інформація щодо вирубки по території досліджень з геопорталу lk.ukrforest.com

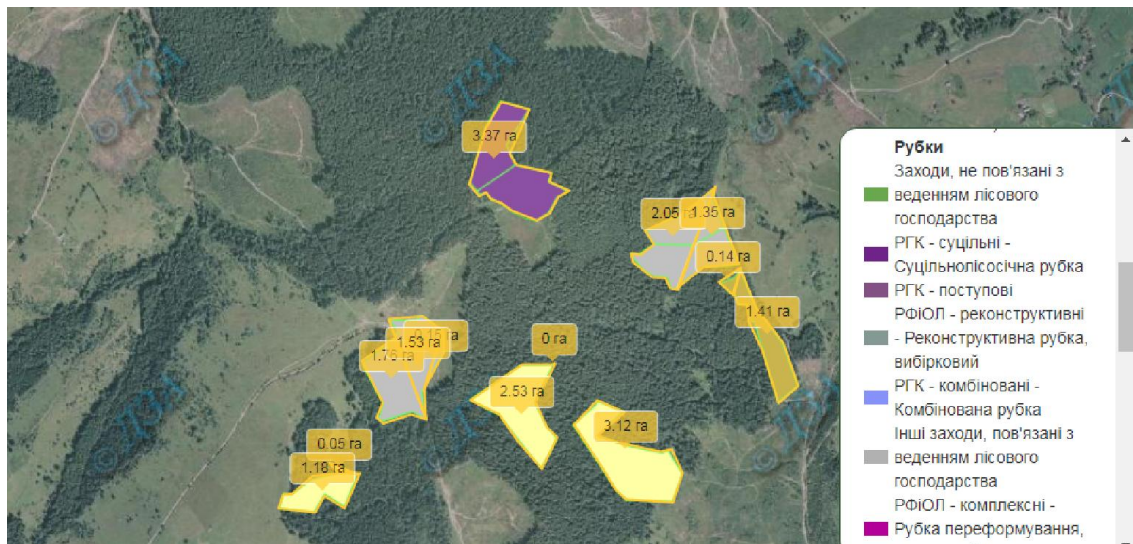


Рис. 2.13 Картосхема території Путильського лісового господарства, Селятинського лісництва з нанесеними межами та визначеними площами рубок.

Висновки до розділу 2. Проаналізовано фізико-географічну характеристику Селятинської територіальної громади. Здійснено також аналіз геодезичного забезпечення території громади. Було здійснено імпортування пунктів ДГМ з їх точними координатами до ГІС продукту QGIS.

Досліджено просторові особливості поширення лісових ресурсів на території досліджень. Щодо характерних особливостей просторового розподілу показників у розрізі структури земельного фонду то слід відмітити, що для території Селятинської громади переважаючими є наявність земель лісового фонду. На другому місці перебувають площі земель сільськогосподарського призначення

Здійснено аналіз лісових ресурсів території досліджень за допомогою геопорталу Global Forest Watch (GFW) та за даними геопорталу uk.ukrforest.com Що представляє собою пілотний проєкт електронного реєстру лісорубних квитків на заготівлю деревини.

III. ВИКОРИСТАННЯ ГІС ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОЦІНКИ СТАНУ ЛІСІВ

3.1 Імпортування космічних знімків Sentinel 2 в QGIS

За допомогою архіву Геологічної служби (ГС) США (USGS), що розмістив свої відкриті дані на на сайті EarthExplorer вдалось, для території, що попередньо була виділена для подальших досліджень, отримати та скачати космічні знімки Sentinel 2.

Архів космічних знімків Sentinel 2 від 8червня 2019 р. потрібно розархівувати, використовуючи будь-який архіватор. Архів Sentinel 2 містить багато супровідних даних, а самі зображення у форматі jpg є у вкладеній папці «IMG_DATA» (Рис. 3.1). Також у роботі було імпортовано з архіву Геологічної служби (ГС) США космічні знімки 11 серпня 2021 р. та 2 вересня 2016 р. з метою аналізу просторово-часових відмінностей лісовкритих площ території досліджень.

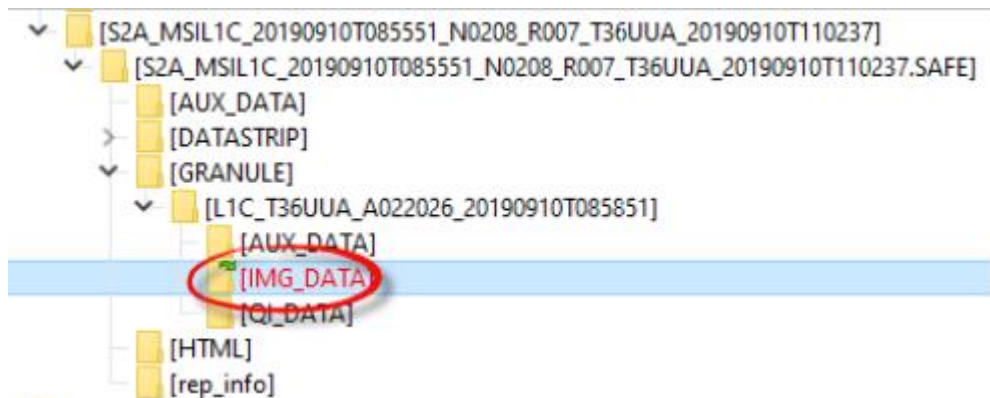


Рис. 3.1 Шлях до супутникових зображень Sentinel 2 в архіві.

Browser (Браузер) надає найбільші можливості для пошуку та додавання геопросторових даних з усіх доступних джерел. Вікно Browser (Браузер) відкриється, якщо обрати кнопку Catalog (Каталог) на бічній лівій панелі програми QGIS 3. 4. У діалоговому вікні Browser (Браузер) потрібно розгорнути шлях до необхідної папки з геоданими, яку було створено попередньо, щоб зберігати сюди всі дані проєкту, і натиснути Ok.

Далі необхідно знайти у папці Sentinel (S2A_ MSIL1C_2019.....) – канал B08 і перемістити його в картографічне вікно програми. Для цього потрібно

затиснути його лівою клавішею миші і просто перетягнути з Browser (Браузер) у картографічне вікно QGIS (Рис. 3.2).

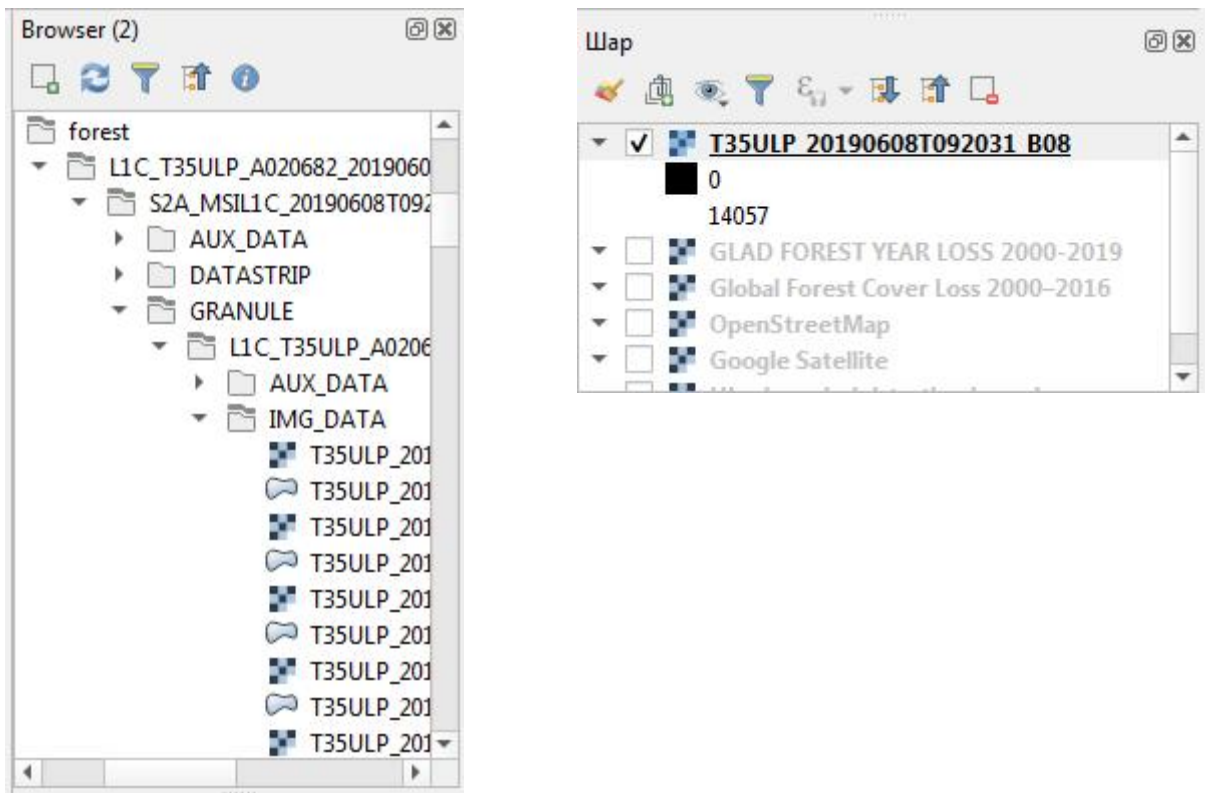


Рис. 3.2 Попереднє та нове місцезоташування каналу, що потрібно завантажити в QGIS

Якщо був доданий шар, який не потрібний, тоді його можна видалити, натиснувши правою клавішею миші на нього, і у випадковому вікні вибрати Remove Layer (Видалити Шар) (Рис. 3.3).

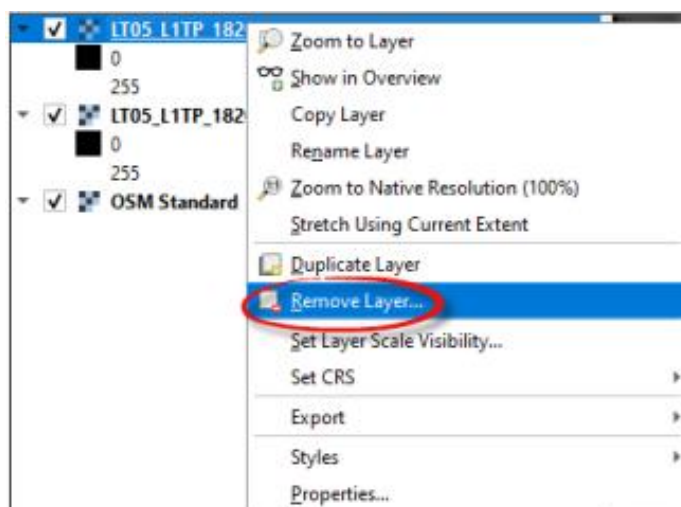


Рис. 3.3 Видалення шару в QGIS

Далі було вибрано назву шару Sentinel 2 і, утримуючи кнопку миші натиснутою, перетягнуто його в нижню частину Layers (Шари).

Найперший верхній шар у Layers (Шари) перекриває собою шари, які є нижче. Біля кожного шару міститься позначка , її наявність засвідчує, що шар відображається на карті. Можна відключати відображення шару, знімаючи значок, а потім знову включати за потреби. Інколи виникає необхідність у перейменуванні назви шару, особливо якщо це довга назва каналу космічного знімка, як у нашому випадку. Зробити це можна, двічі клацнувши правою клавішею миші на назві шару «T35ULP_20190608T092031_B08», з'явиться вікно Layer Properties (Властивості шару), і у вкладці Source (Джерело) в рядку Layer Name (Назва шару) треба натиснути на назву – вона стане редагованою. Було перейменовано шар на «Sentinel2_20190608_B08» (за принципом: назва супутника_назва каналу_рік знімка) і натиснуто Ок (Рис. 3.4).

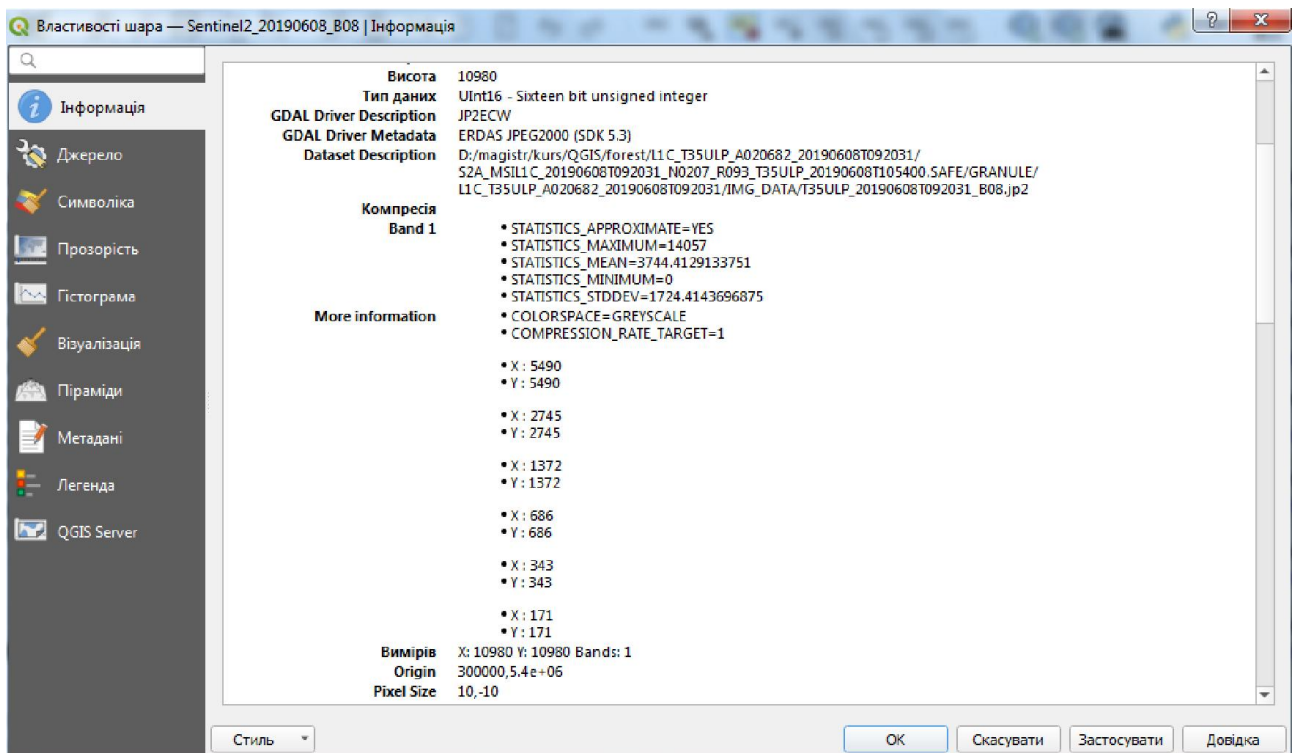


Рис.3.4 Перевірка розміру пікселя растра

Також у тому самому вікні Layer Properties (Властивості шару), але у вкладці Information (Інформація) можна ознайомитися з детальнішою

інформацією про файл і перевірити, чи збігається просторова розрізненість, вказана в рядку Pixel Size (Розмір пікселя), із заявленою у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Відповідність каналів супутників Landsat 5, 8 та Sentinel 2

Landsat 8			Landsat 5			Sentinel 2		
Спектральні канали	Довжина хвилі (нм)	Просторова розрізненість, м	Спектральні канали	Довжина хвилі (нм)	Просторова розрізненість, м	Спектральні канали	Довжина хвилі (нм)	Просторова розрізненість, м
Канал 1 (Ultra Blue)	0,433–0,453	30	-	-	30	Канал 1 (Ultra Blue)	0,433–0,453	60
Канал 2 (Blue)	0,45–0,515	30	Канал 1 (Blue)	0,45–0,52	30	Канал 2 (Blue)	0,458–0,522	10
Канал 3 (Green)	0,525–0,6	30	Канал 2 (Green)	0,52–0,6	30	Канал 3 (Green)	0,543–0,577	10
Канал 4 (Red)	0,63–0,68	30	Канал 3 (Red)	0,63–0,69	30	Канал 4 (Red)	0,650–0,680	10
-	-	-	-	-	-	Канал 5 (Vegetation Red Edge)	0,698–0,712	20
-	-	-	-	-	-	Канал 6 (Vegetation Red Edge)	0,733–0,747	20
-	-	-	-	-	-	Канал 7 (Vegetation Red Edge)	0,773–0,793	20
Канал 5 (NIR)	0,845–0,885	30	Канал 4 (NIR)	0,76–0,9	30	Канал 8 (NIR) Канал 8a (Vegetation Red Edge)	0,784–0,899 0,855–0,875	10 20
-	-	-	-	-	-	Канал 9 (Water vapour)	0,935–0,955	60
Канал 6 (SWIR1)	1,56–1,66	30	Канал 5 (NIR2)	1,55–1,75	30	Канал 11 (SWIR1)	1,565–1,655	20
Канал 7 (SWIR2)	2,1–2,3	30	Канал 7 (SWIR)	2,08–2,35	30	Канал 12 (SWIR2)	2,100–2,280	20
Канал 8 (PAN)	0,50–0,68	15	-	-	-	-	-	-

3.2 Дешифрування та аналіз космічних знімків в ГІС QGIS.

Для того щоб з'єднати чорно-білі канали супутникового знімка (рис. 3.5) в одне кольорове зображення (тобто виконати синтез каналів) у програмі QGIS, потрібно натиснути у верхньому меню на Raster (Растр), розгорнути вкладку Miscellaneous (Різне) → Merge (Злиття).

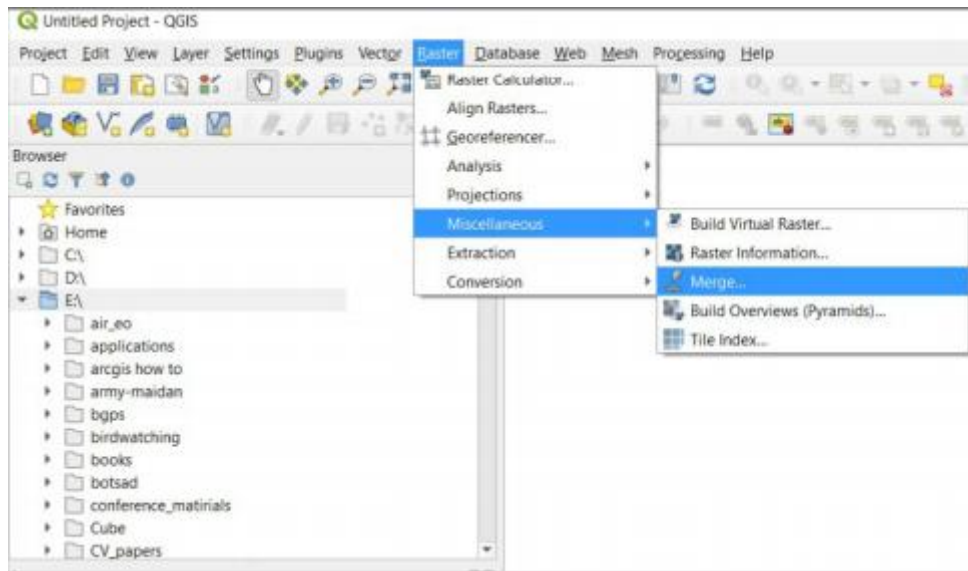


Рис. 3.5 Вибір інструменту для злиття каналів супутника

Відкриється вікно для синтезу каналів, у якому треба в рядку Input Layers (Вхідні шари) вказати канали, які потрібно об'єднати. Для цього потрібно натиснути на іконку поряд з рядком Input Layers (Вхідні шари), у вікні Multiple selection (Множинна вибірка) натиснути на Add files (Додати файли) і знайти папку, де збережені канали знімка, та вибрати потрібні канали.

Спочатку було створено зображення у природних кольорах використовуючи канали B04, B03, B02. Вибрати одразу три канали можна, утримуючи клавішу «Shift» або «Ctrl» на клавіатурі. Після цього потрібно натиснути на Open (Відкрити), і вибрані зображення завантажуться у вікно Multiple selection (Множинна вибірка). Важливо вибрати канали саме в такій послідовності: R (red – червоний – B04), G (green – зелений – B03) і B (blue – синій – B02). Тому потрібно перетягнути канали так, щоб вони відображалися в послідовності B4, B3, B2, і натиснути Ok (рис. 3.6).

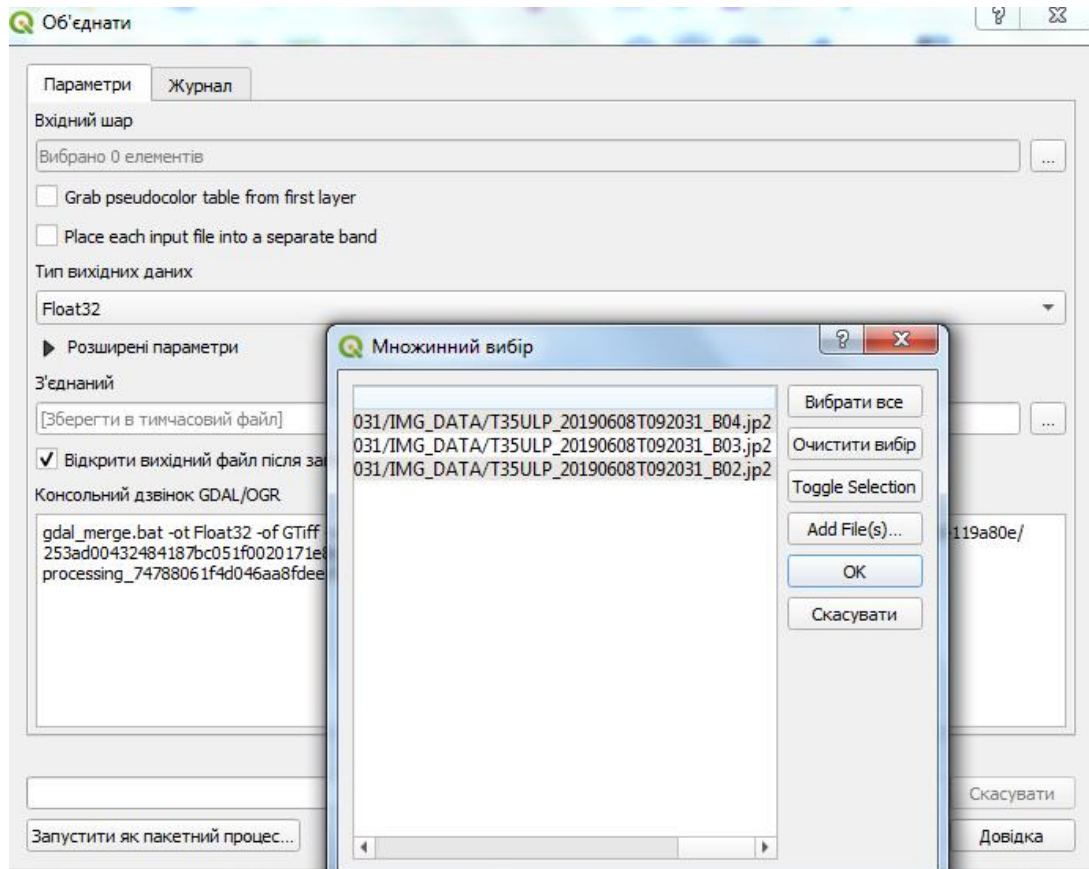


Рис. 3.6 Порядок комбінації каналів

У результаті у вікні Merge (Синтез) рядка Input layers (Вхідні шари) відобразиться кількість вибраних каналів (тобто три). Далі потрібно поставити відмітку поряд з рядком Place each input file into a separate band (Зберегти кожен вхідний файл як окремий канал), а біля рядка Merged (Синтезований) натиснути на іконку і вибрати Save to file (Зберегти у файл), знайти шлях до папки і дати назву файлу (наприклад, rgirodacolor) і натиснути Run (Пуск обробки).

Далі проведено обрізання синтезованого зображення по межах картографічного вікна, щоб програма не обробляла зайві області знімка. Для цього потрібно натиснути правою клавшею миші на синтезоване зображення в проекті і вибрати з контекстного меню Export (Експорт) → Save As.

У вікні для збереження растра біля рядка File Name (Назва файлу) потрібно натиснути на іконку і вказати шлях до папки, де буде зберігатися зображення, а також його назву. Нижче в блоці Extent (Область покриття) вибрати Map Canvas Extent (Область картографічного вікна) і натиснути Ok.

Візуалізоване зображення може бути представлено як досить темне або з низькою чіткістю відображення. Саме тому, за допомогою контекстного меню нового (обрізаного) зображення через функціональну можливість – Властивості вдалось налаштувати до кращого візуального відображення космічний знімок (Рис. 3.7-3.8).

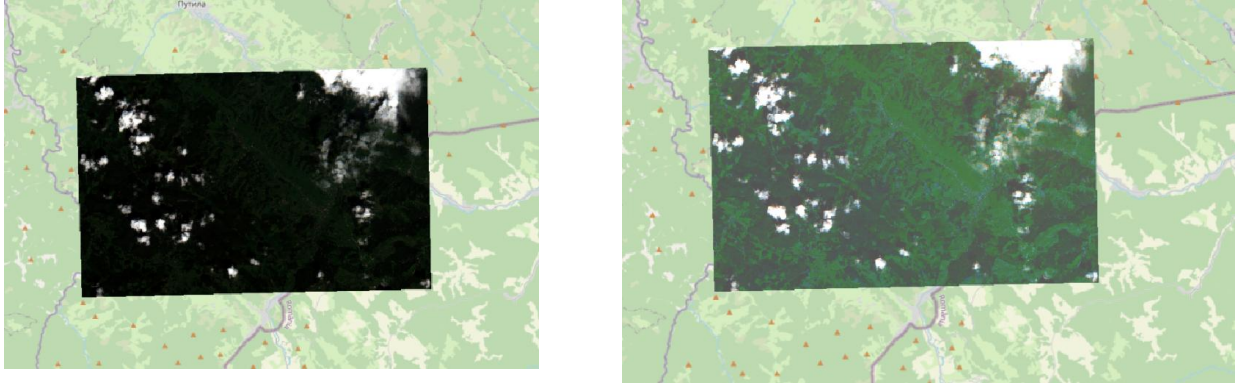


Рис. 3.7 Вигляд космічного знімку до та після налаштувань візуалізації зображення



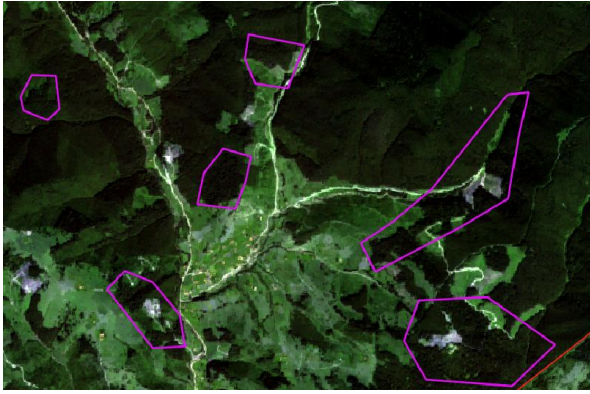
Рис.3.8 Комбінація каналів 4,3,2 (природні кольори) космічного знімку Sentinel 2 території Селятинської територіальної громади станом на 2021р.

Для оцінки просторово-часових змін лісо вкритих площ території досліджень найкращим та найбільш об'єктивним є порівняння серії космознімків та ручне чи напівавтоматичне дешифрування. Експортовані знімки 2016 та 2021 років в ГІС продукт дають можливість це зробити. Візуально, при дрібномасштабному дешифруванні чітко та добре проявляються відмінності по наявності лісовкритих площ (Рис. 3.9-3.10).

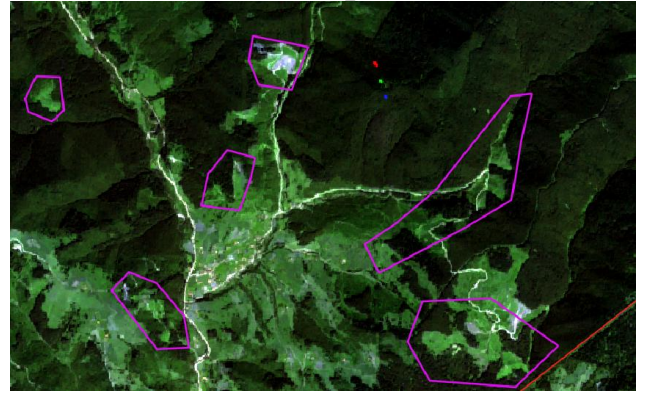
На рисунках чітко видно, що протягом періоду досліджень візуально помітна тенденція до зменшення територій під лісовою рослинністю для всієї території Селятинської громади окрім південної частини. Площі ділянок є різними за величиною. Векторизація цих ділянок є можлива та частково представлена на рисунках. Чітких співпадінь векторизованих об'єктів з ділянками вирубок не здійснено через не зовсім об'єктивність аналізу даного завдання проведеного дослідження. Так як роздільна здатність даного виду супутника Sentinel 2 складає 10 метрів. Крім того проблемою є імпортування знімків відповідної роздільної здатності (не нижче використаних) з сайту геологічної служби США. Справа в тому, що наявні космічні знімки у більшості випадків містять крім візулізованої території дослідження – хмари та їх утворення, що переважно охоплюють більше 30-35% зображення. Це ускладнює дешифрування об'єктів. Саме тому було імпортовано знімки за 2016 та 2021 рр, пропустивши 4 роки, що дозволило б оцінити за кожен рік зміни лісового покриву, що досить швидко відновлюється і візуально важко його відрізнити від свіжої вирубки.

Щоб підтвердити чи спростувати проведену векторизацію ділянок просторово-часових змін територій під рослинністю з геопорталу Global Forest Watch (GFW) було імпортовано зображення території досліджень з увімкненими шарами вирубки лісів протягом 2016-2021 рр. (Рис.3.11). Як видно з рисунка локація таких ділянок співпадає.

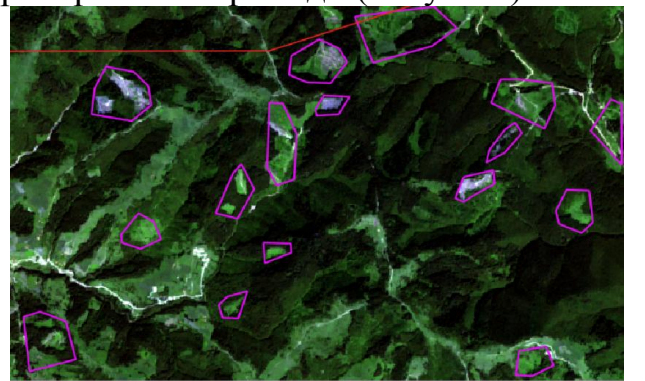
2016 р.



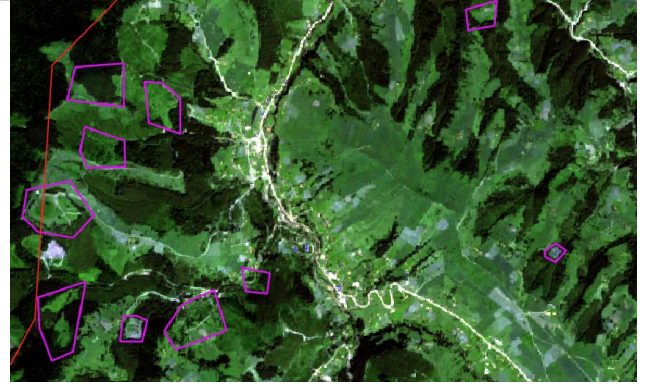
2021 р.



Північно-східна частина Селятинської територіальної громади (с. Руська)



Північно-східна частина Селятинської територіальної громади (с. Лустун)



Північної частини Селятинської територіальної громади (с. Плоска)

Рис. 3.9 Просторово-часові відмінності ділянок під лісовою рослинністю території Селятинської територіальної громади протягом 2016-2021 рр.

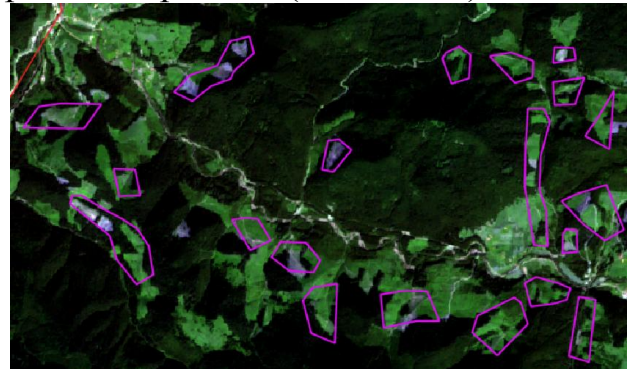
2016 р.



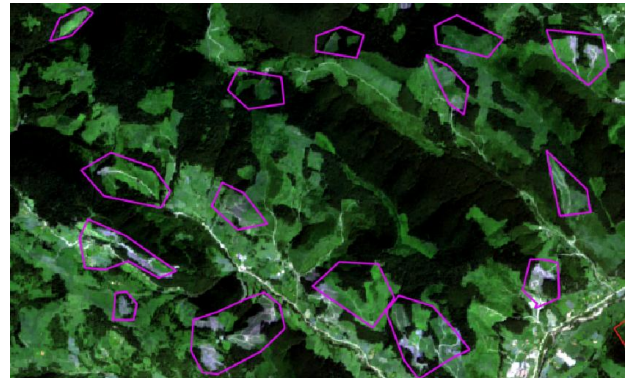
2021 р.



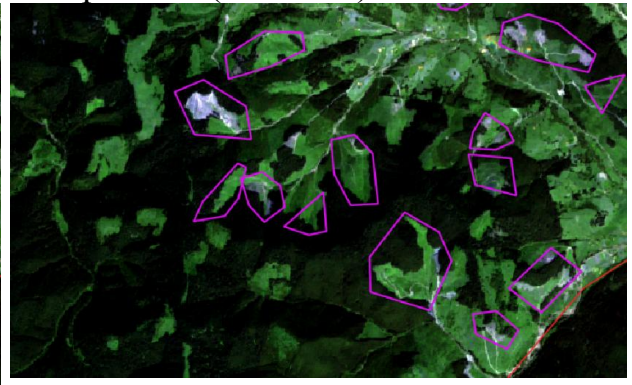
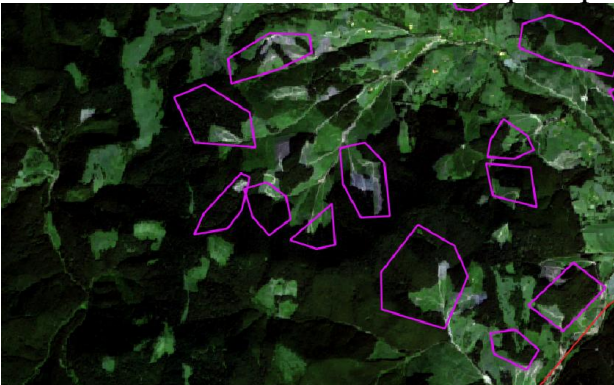
Центральна частина Селятинської територіальної громади (с. Селятин)



Західна частини Селятинської територіальної громади (с. Верхній та Нижній Яловець)



Східна частина Селятинської територіальної громади (с. Шепіт)



Південно-східна частина Селятинської територіальної громади (с. Андреківське)

Рис.3.10 Просторово-часові відмінності ділянок під лісовою рослинністю території Селятинської територіальної громади протягом 2016-2021 рр.

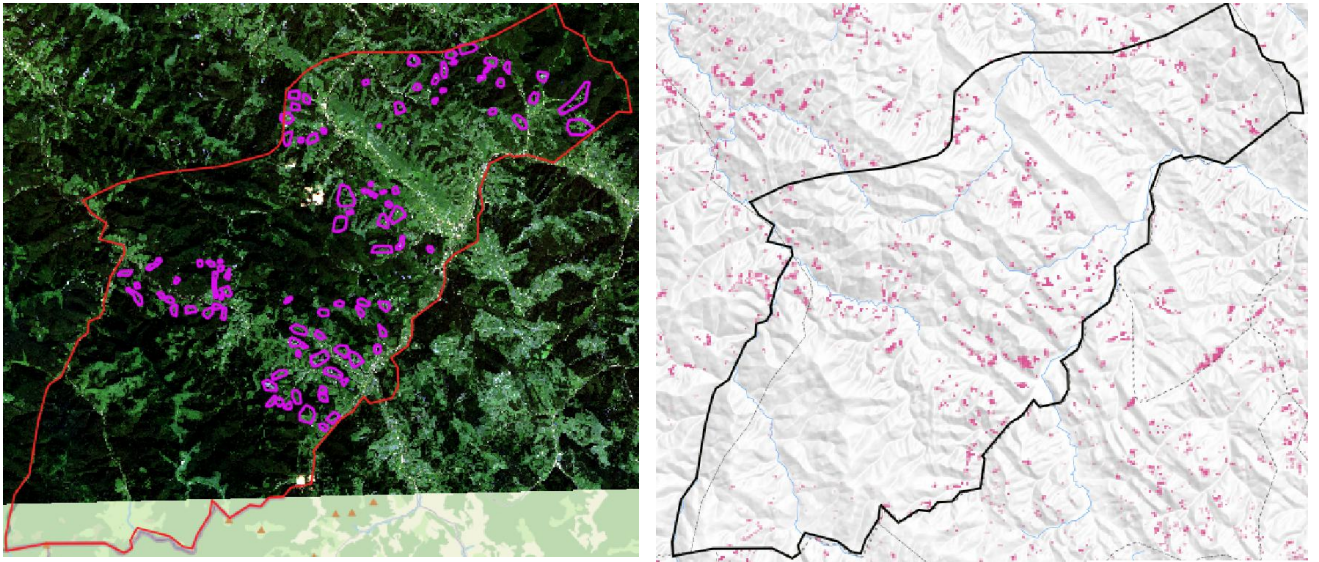


Рис. 3.11 Порівняння векторизованих ділянок зміни лісового покриття по космознімках ГІС продукту Qgis та ділянок геопорталу Global Forest Watch (GFW) .

Разом з тим, такий підхід є досить трудомістким та займає значний період часу при здійсненні дешифрування. Саме тому, функціональні можливості використовуваного ГІС продукту дають можливість змінити комбінацію каналів космознімків, що полегшить візуальне відображення саме ділянок під вирубкою та зменшить суттєво час дешифрування.

Саме тому, враховуючи, що одне із поставлених завдань дипломної роботи полягало у дешифруванні космічних знімків, а саме у виявленні на територіях під лісовим покривом ділянок із вирубкою лісової рослинності, для запропонованого завдання найкраще підходить синтез каналів 2, 8, 12 космічного знімку Sentinel 2.

Наступним етапом є створення векторного шару та процес безпосереднього оцифрування (відмальовування, оконтурювання, обведення) об'єкта дослідження, в нашому випадку це процес ручного окреслення вирубки. Для того щоб побачити і правильно оцифрувати вирубку, необхідно навчитися її впізнавати на космічному знімку. Космічний знімок – ніби зашифрований рисунок, який треба навчитися читати, як книгу, володіючи певними ознаками дешифрування. Дешифрування ґрунтується на таких ознаках, як колір, форма,

розмір, текстура, наявність тіні та особливості місцезнаходження рельєфу тощо. Перша найхарактерніша ознака – це колір, на темному фоні стиглого лісу вирубки завжди контрастують як світлі плями. У нашому випадку вигляд вирубки на синтезованому космічному знімку Sentinel 2 представлений в комбінації кольорів (SWIR, NIR, Red– 11, 8, 4 канали), де їх легко можна впізнати за червоним кольором на фоні зеленого лісу (рис. 3.12). За кольором також можна визначити частини вирубок, що розрізняються за умовами місцезростання або перебувають в різній стадії лісовідновлення (за віком і переважаючою породою). Так, території лісу, які нещодавно були вирубані і засаджені знову молодими деревами, мають вигляд плям світлозеленого кольору, і від насиченості їх тону можна впізнати, як давно було проведено лісовідновлення.

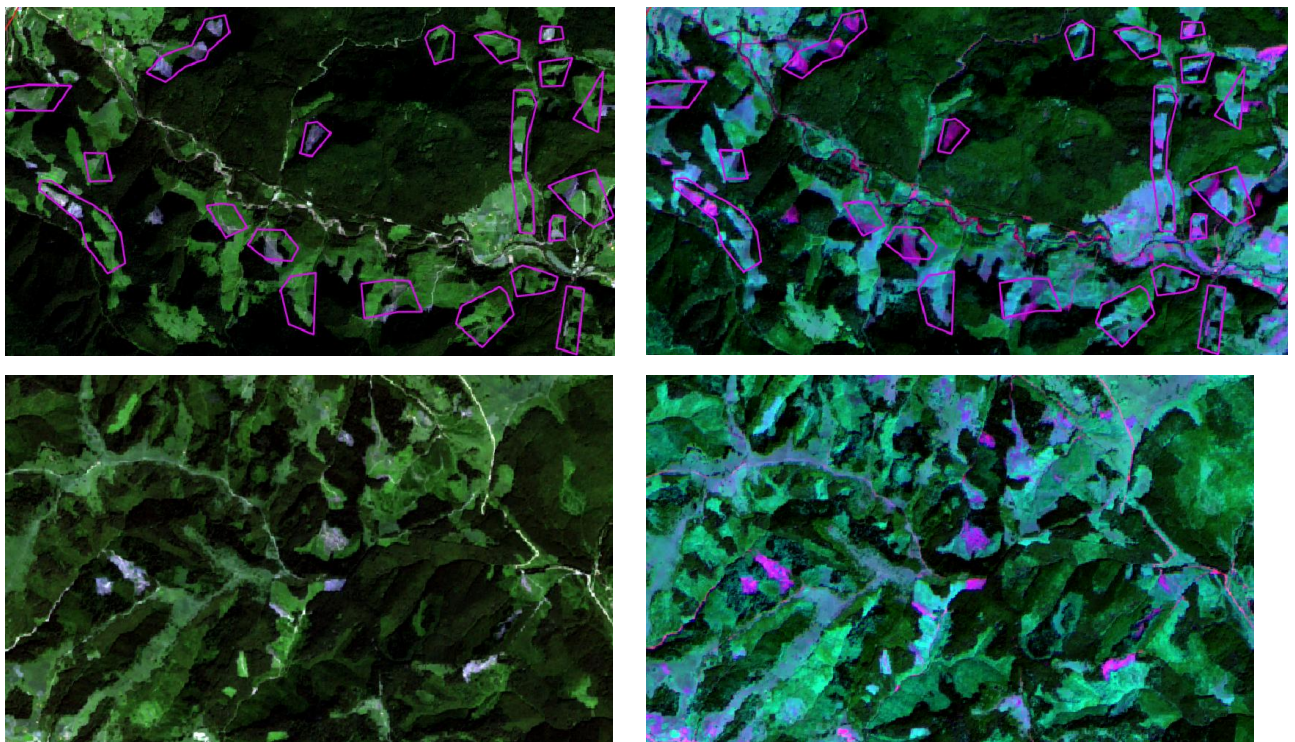
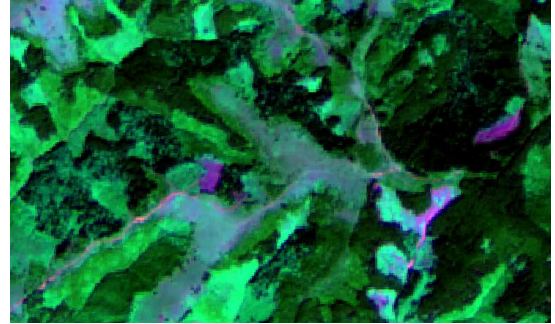
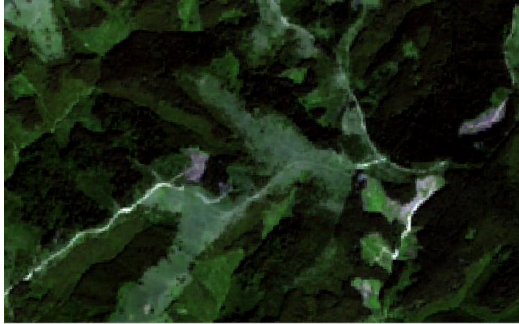


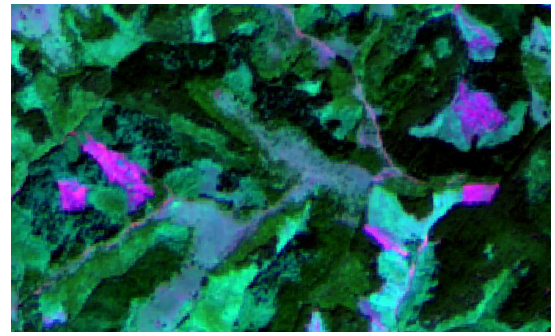
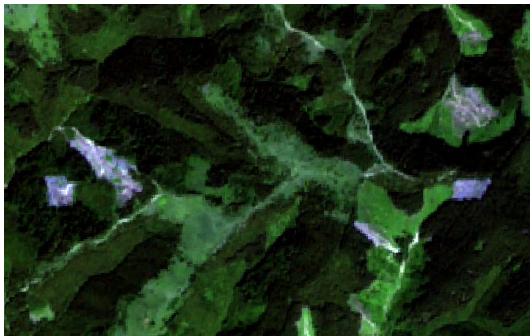
Рис.3.12 Вигляд вирубки на синтезованому космічному знімку Sentinel 2 представлений в комбінації кольорів (SWIR, NIR, Red)

Запропонований метод оцінки вирубки лісів через синтезований космічний знімок Sentinel 2, що представлений в комбінації кольорів (SWIR, NIR, Red) дає досить хороші результати в плані кращого візуального сприйняття самих ділянок, де проводились вирубки. Крім того, цей спосіб дає

можливість оцінити (за інтенсивністю рожевого/червоного кольору) вирубки за малий період спостережень (за рік, сезон, квартал і т.д.) (Рис.3.13). Це важливо, враховуючи швидкий ріст рослинності та озеленення ділянок, що підпали під вирубку, а також проблемність імпорту космічних знімків відповідної роздільної здатності та їх характерних особливостей.



2016 р.



2021 р.

Рис.3.13 Вигляд вирубки на синтезованому космічному знімку Sentinel 2 за 2016 та 2021 р.

Завдяки ГІС продукту QGIS вдалось створити окремий векторизований шар (полігональний) та здійснити дешифрування території досліджень, щодо ділянок під вирубкою. Функціональні можливості ГІС дають можливість створювати одночасно базу даних атрибутивної характеристики геооб'єктів (Рис. 3.14-3.15).

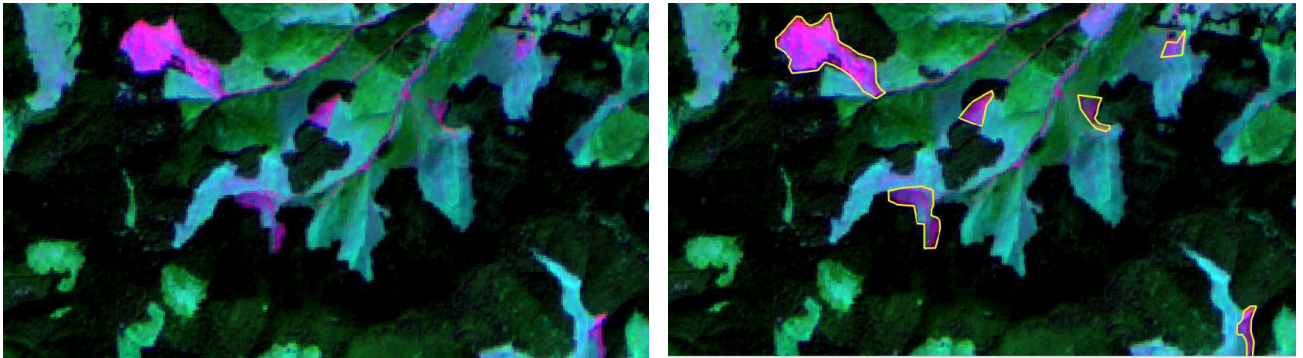


Рис. 3.14 Векторизований тематичний шар вирубки лісів по космічному знімку Sentinel 2 за 2021 р.

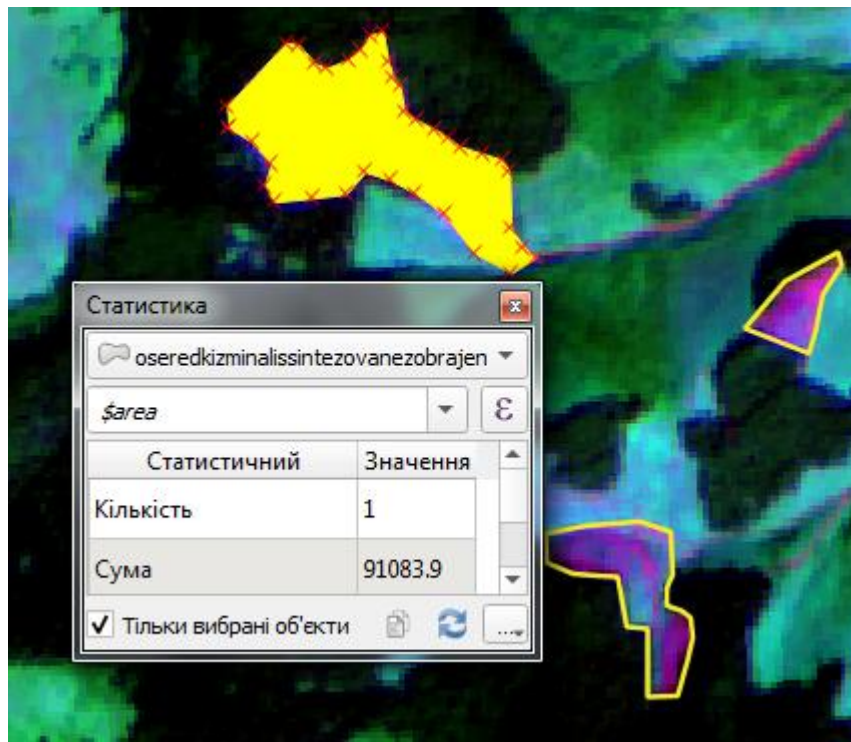


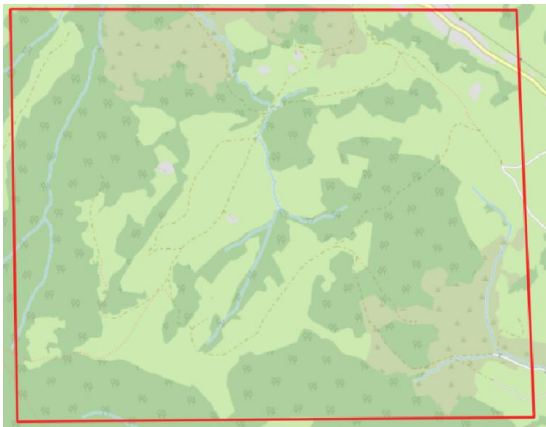
Рис.3.15 Визначення площі ділянки під вирубкою, м².

Таким чином, вдалось створити окремий векторизований тематичний шар ділянок, що підпали під вирубку лісових ресурсів. Протягом дослідження виділено майже 30 зазначених ділянок загальною площею близько 110 га. Порівнюючи з попередніми даними, щодо вирубки з геопорталу Global Forest Watch (GFW) такий низький показник зумовлений тим, що дослідження проводилось по космічному знімку станом на 1 серпня 2021 р. не врахувавши вирубки, яка запланована на осінній період.

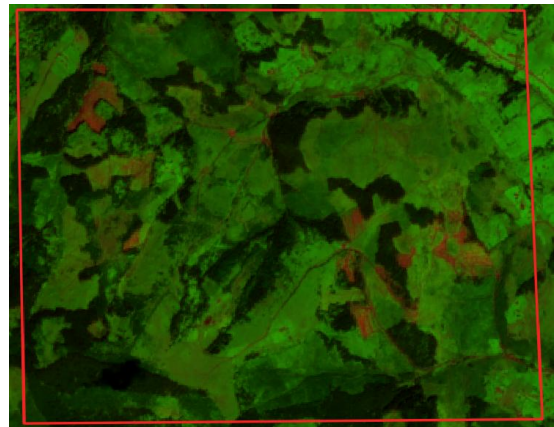
З геопорталу GFW не є можливим здійснити порівняння результатів спостережень, щодо зникнення лісового покриву так як останні дані на сайті за

2020 р. Тому, щоб підтвердити чи спростувати ефективність даного способу визначення площ ділянок під вирубкою було створено окремий векторизований тематичний шар ділянок за 2016 р. Результат показав, що кількість виділених об'єктів склала 68 одиниць загальною площею майже 251 га. За даними геопорталу площа під вирубкою склала 253 га за 2016 рік. Це говорить про хороше співпадіння показників двох джерел. Причиною невеликого зменшення показника розрахованого за допомогою ГІС QGIS є в тому числі середня роздільна здатність космічних знімків (10 метрів.)

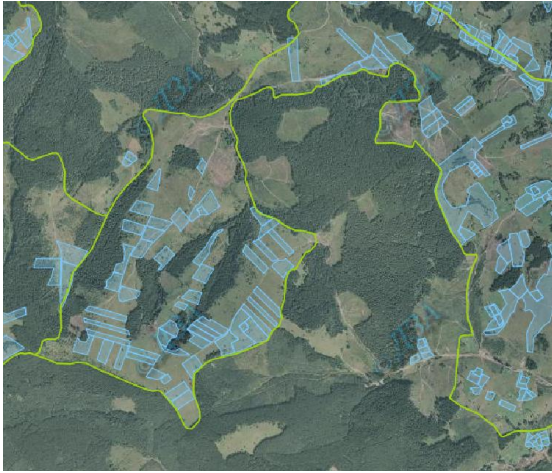
На сьогоднішній день чимало сайтів, геопорталів пропонують, в тому числі, і безкоштовні послуги щодо імпортування космічних знімків певної території різної роздільної здатності. Проте відповідність візуалізованого зображення на космознімках більшості безкоштовних геоплатформ сучасності бажає бути кращим. Так, в роботі вдалось проаналізувати уже імпортовані в ГІС продукт знімки Sentinel 2 (Earthexplorer), на яких вдалось виділити ділянки із вирубкою для території досліджень та космічні знімки популярних геоплатформ OpenStreetMap, GoogleEarth, Sasplanet, вужче спеціалізованих (аналіз лісових ресурсів)ukrforest, globalforestwatch, геопорталу публічної кадастрової карти України (Рис.3.16).



OpenStreetMap



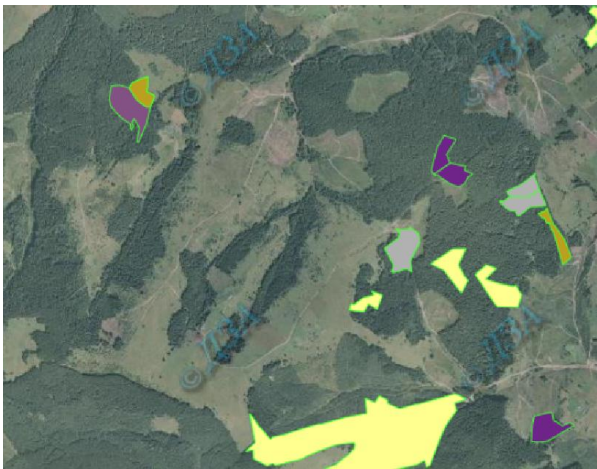
Earthexplorer



Публічна кадастрова карта України



GoogleEarth, SasPlanet



Ukrforest



Globalforestwatch

Рис. 3.16 Порівняння лісових ресурсів на космічних знімках різних геоплатформ

Таким чином, як видно з рисунка у другій колонці представлені космічні знімки де для території досліджень відсутнє лісове покриття (наявна вирубка), це зокрема для геоплатформ – Globalforestwatch, GoogleEarth, SasPlanet, Earthexplorer. А для космічних зображень в першій колонці характерним є присутність рослинного покриву, зокрема для платформ – OpenStreetMap, Публічна кадастрова карта України, Ukrforest. Останнє є підтвердженням того, що космознімки є застарілими, а геооб'єкти, що на них, не зовсім відповідають їх сучасному стану. Причому на деяких геоплатформах космічні знімки не оновлювались декілька років.

Висновки до розділу 3. За допомогою архіву Геологічної служби (ГС) США (USGS), що розмістив свої відкриті дані на сайті EarthExplorer вдалось, для подальших досліджень, отримати та скачати космічні знімки Sentinel 2.

Проведено дешифрування та аналіз космічних знімків в ГІС QGIS.

Для оцінки просторово-часових змін лісовкритих площ території досліджень здійснено порівняння серії космознімків та ручне чи напівавтоматичне дешифрування за 2016 та 2021 роки.

Створено векторний шар та проведено безпосереднє оцифрування (відмальовування, оконтурювання, обведення) об'єкта дослідження, в нашому випадку це процес ручного окреслення вирубки за допомогою синтезованого космічного знімка Sentinel 2 в комбінації кольорів (SWIR, NIR, Red).

ВИСНОВКИ

1. Для аналізу змін площі земель під лісовими ресурсами на території Селятинської територіальної громади використано онлайн-платформу GlobalForestWatch (GFW). Після активованого шару – Втрата покриття дереваотримано кількісні показники часового розподілу зникнення деревного покриву для території дослідження з 2001 по 2020 рік. Аналіз показав, що найнижчі показники площі втрат деревного покриву для території області були характерні для 2003 р. – 989 га., та 2001 р. – 1030 га., а найвищі в 2007 р. і становлять 3860 га. Просторовий аналіз виокремив території з найбільшими втратами деревного покриву – Вижницький район, колишні Путильський та Вижницький райони. Якщо розглядати територію колишнього Путильського району то візуально виділяється Селятинська громада.
2. Здійснено аналіз фізико-географічної характеристики території досліджень. Здійснено моніторинг за сучасним станом вирубки лісових ресурсів за даними геопорталу uk.ukrforest.com. Проаналізувавши картосхему Чернівецької області з нанесеними межами лісництв було включено та візуалізовано рубки різного призначення та класифікації. Завдяки функціональним можливостям геопорталу вдалось виділити межі Путильського лісового господарства, Селятинського лісництва з позначеними межами лісництв, кварталів, виділів та рубок обраної території. Встановлено, що територія досліджень належить до ДП ”Путильське лісове господарство” лісництво – Селятинське, тип вирубки – вибіркова санітарна рубка. Крім того для території досліджень виділено ділянки які піддавались вирубці.
3. Проведено імпортування космічних знімків Sentinel 2 в QGIS завдяки сайту EarthExplorer. Здійснено дешифрування та аналіз космічних знімків в ГІС QGIS.

Виявлено на територіях під лісовим покривом ділянки із вирубкою лісової рослинності. Для запропонованого завдання найкраще підходить синтез каналів 2, 8, 12 космічного знімку Sentinel 2.

4. Для оцінки просторово-часових змін лісовкритих площ території досліджень здійснено порівняння серії космознімків та ручне чи напівавтоматичне дешифрування. Експортовані знімки 2016 та 2021 років в ГІС продукт дають можливість це зробити.

З геопорталу Global Forest Watch (GFW) було імпортовано зображення території досліджень з увімкненими шарами вирубки лісів протягом 2016-2021 рр. Локація таких ділянок співпадає.

Створено векторний шар та процес безпосереднього оцифрування (відмальовування, оконтурювання, обведення) об'єкта дослідження, в нашому випадку це процес ручного окреслення вирубки через синтезований космічний знімок Sentinel 2, що представлений в комбінації кольорів (SWIR, NIR, Red).

Завдяки ГІС продукту QGIS вдалось створити окремий векторизований шар (полігональний) та здійснити дешифрування території досліджень, щодо ділянок під вирубкою.

5. Виділено майже 30 ділянок загальною площею близько 110 га. З геопорталу GFW не є можливим здійснити порівняння результатів спостережень, щодо зникнення лісового покриву так як останні дані на сайті за 2020 р.

Було створено окремий векторизований тематичний шар ділянок за 2016 р. Результат показав, що кількість виділених об'єктів склала 68 одиниць загальною площею майже 251 га. За даними геопорталу площа під вирубкою склала 253 га за 2016 рік.

6. Проаналізовано уже імпортовані в ГІС продукт знімки Sentinel 2 (Earthexplorer), на яких вдалось виділити ділянки із вирубкою для території досліджень та космічні знімки популярних геоплатформ OpenStreetMap, GoogleEarth, Sasplanet, вужче спеціалізованих (аналіз

лісових ресурсів) ukrforest, globalforestwatch, геопорталу публічної кадастрової карти України.

Встановлено, що більшість космознімків є застарілими, а геоб'єкти, що на них, не зовсім відповідають їх сучасному стану. Причому на деяких геоплатформах космічні знімки не оновлювались декілька років.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бондаренко Е.Л. Особливості вдосконалення ГІС для вирішення проблемно-орієнтованих завдань еколого-географічного картографування. *Картографія та вища школа*. Київ, 2007. № 12. С. 51–57.
2. Білокриницький С. М. До проблеми геодезичного забезпечення землевпорядних робіт // Наукові записки Тернопільського педагогічного університету. – 2000. – № 2. Географія. – С. 92-95.
3. Вицега, Р. Р. (2007). Методичні засади вибіркової інвентаризації гірських лісів. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України, 17.2, 32–38.
4. Земельний кодекс України : від 25жовтня 2001 року № 2768-III(з наступними змінами) : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2768-14>
5. Лакида, П. І., & Миронюк, В. В. (2018). Методичні рекомендації щодо оцінки стану та динаміки лісів за даними ДЗЗ. Київ: НУБіП України.
6. Лесів, М. Ю., Щепашенко, Д. Г., Швиденко, А. З., & Бунь, Р. А. (2012). Побудова карти лісів України за даними глобальних цифрових карт земельного покриття. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України, 22.9, 24–30.
7. Лесів, М. Ю., Щепашенко, Д. Г., Швиденко, А. З., & Бунь, Р. А. (2012). Побудова карти лісів України за даними глобальних цифрових карт земельного покриття. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України, 22.9, 24–30.
8. Лісовий кодекс України : постанова Верховної Ради України від 21 січня 1994 року № 3853-III(з наступними змінами): <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852-12>
9. Миронюк, В. В., Білоус, А. М., & Дячук, П. П. (2018). Методика обчислення стовбурового запасу лісових насаджень на пробних ділянках вибіркової інвентаризації лісу. Тези доповідей учасників міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми розвитку лісової таксації,

лісовпорядкування та інвентаризації лісів», 6–8 грудня 2018 р. (с. 100–101). Київ.

10. Податковий кодекс України: закон України від 2 грудня 2010 року № 2755-VI(з наступними змінами): <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2755-17>

11. Про охорону навколишнього природного середовища [Електронний ресурс]: закон України від 25 червня 1991 р. № 1264-XII: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>

12. Про внесення змін до Земельного кодексу України щодо усунення корупційної складової у сфері розпорядження землями лісогосподарського призначення: проект Закону України від 03.09.2015 № 301: http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=56360

13. Про оптимізацію системи центральних органів виконавчої влади : указ Президента України від 9 грудня 2010 р. № 1085/2010 (з наст. змінами): <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1085/2010>

14. Про Положення про Державне агентство лісових ресурсів України : указ Президента України від 13 квітня 2011 р. № 458/2011: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/458/2011>

15. Про затвердження Порядку ведення Державного земельного кадастру : постанова Кабінету Міністрів України від 17 жовтня 2012 р. № 1051: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1051-2012-%D0%BF>

16. Про затвердження Положення про державну лісову охорону : постанова Кабінету Міністрів України від 16 вересня 2009 р. № 976: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/976-2009-%D0%BF>

17. Про затвердження Державної цільової програми «Ліси України» на 2010–2015 роки : постанова Кабінету Міністрів України від 16 вересня 2009 р. № 977: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/977-2009-%D0%BF>

18. Про затвердження Санітарних правил в лісах України : постанова Кабінету Міністрів України від 27 липня 1995 р. № 555: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/555-95-%D0%BF>

19. Постанова Судових палат у цивільних, адміністративних та господарських справах Верховного Суду України від 24 грудня 2014 р. № 6–150цс14:[http://www.scourt.gov.ua/clients/vsu/vsu.nsf/\(documents\)/A5C928DC2079B700C2257DDA002C2E2A](http://www.scourt.gov.ua/clients/vsu/vsu.nsf/(documents)/A5C928DC2079B700C2257DDA002C2E2A).

20. Пітак І.В., Негадайлов А.А., Масікевич Ю.Г., Пляцук Л.Д., Шапорев В.П., Моїсєєв В.Ф. Геоінформаційні технології в екології. *Навчальний посібник*. Чернівці, 2012. 273с.

21. Світличний О.О., Плотницький С.В. Основи геоінформатики. Навчальний посібник. Суми, 2006. 295 с.

22. Суховірський Б. І., С. В. Крисенко, Г. О. Городиський Застосування знімків високої роздільної здатності для обліку і оцінки земельних ресурсів районного рівня. *Землепорядний вісник*. Київ, 2004. №3. С. 24-27

23. Суховірський Б. І., С. В. Крисенко Використання ГІС-технологій у вирішенні завдань територіального управління. *Інженерна геодезія*. Київ, 1999. №41. С. 164-169

24. Швиденко, А. З., & Строчинский, А. А. (1974). Обоснование нормативов выборки в системе выборочно-перечислительной таксации. Унификация лесостроительных материалов: сокращенные доклады зонального совещания. (с. 93–96).

25. Burivalova, Z., Bauert, M. R., Hassold, S., Fatroandrianjafinonjasolomiovazo, N. T., & Koh, L. P. (2015). Relevance of Global Forest Change Data Set to Local Conservation: Case Study of Forest Degradation in Masoala National Park, Madagascar. *Biotropica*, 47(2), 267–274. <https://doi.org/10.1111/btp.12194>

26. Global Forest Watch: Forest monitoring designed for action. (2014). Retrieved December 13, 2018, from <https://www.globalforestwatch.org/>

27. Hansen, M. C., & Loveland, T. R. (2012). A review of large area monitoring of land cover change using Landsat data. *Remote Sensing of Environment*, 122, 66–74. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.08.024>

28. Hill, R. A., Wilson, A. K., George, M., & Hinsley, S. A. (2010). Mapping tree species in temperate deciduous woodland using time-series multi-spectral data. *Applied Vegetation Science*, 13(1), 86–99. <https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2009.01053.x>
29. Lui, G., & Coomes, D. (2015). A Comparison of Novel Optical Remote Sensing-Based Technologies for Forest-Cover/Change Monitoring. *Remote Sensing*, 7(3), 2781–2807. <https://doi.org/10.3390/rs70302781>
30. Stefanski, J., Chaskovskyy, O., & Waske, B. (2014). Mapping and monitoring of land use changes in post-Soviet western Ukraine using remote sensing data. *Applied Geography*, 55, 155–164. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.08.003>
31. Sexton, J. O., Noojipady, P., Anand, A., Song, X.-P., McMahon, S., Huang, C., ... Townshend, J. R. (2015). A model for the propagation of uncertainty from continuous estimates of tree cover to categorical forest cover and change. *Remote Sensing of Environment*, 156, 418–425. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.08.038>
32. Sexton, J. O., Song, X.-P., Feng, M., Noojipady, P., Anand, A., Huang, C., ... Townshend, J. R. (2013). Global, 30-m resolution continuous fields of tree cover: Landsat-based rescaling of MODIS vegetation continuous fields with lidar-based estimates of error. *International Journal of Digital Earth*, 6(5), 427–448. <https://doi.org/10.1080/17538947.2013.786146>
33. Shimada, M., Itoh, T., Motooka, T., Watanabe, M., Shiraishi, T., Thapa, R., & Lucas, R. (2014). New global forest/non-forest maps from ALOS PALSAR data(2007–2010). *Remote Sensing of Environment*, 155, 13–31. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.04.014>
34. Schepaschenko, D., See, L., Lesiv, M., McCallum, I., Fritz, S., Salk, C., ... Ontikov, P. (2015). Development of a global hybrid forest mask through the synergy of remote sensing, crowdsourcing and FAO statistics. *Remote Sensing of Environment*, 162, 208–220. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.02.011>

35. Woodcock, C. E., Allen, R., Anderson, M., Belward, A., Bindschadler, R., Cohen, W., ... Wynne, R. (2008). Free Access to Landsat Imagery. *Science*, 320(5879), 1011a-1011a. <https://doi.org/10.1126/science.320.5879.1011a>