

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ, ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА АЕРОКОСМІЧНОЇ ГЕОДЕЗІЇ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач випускної кафедри  
д.ф.-м. н., проф. Железняк О. О.  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ДИПЛОМНА РОБОТА**  
**(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**  
ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР  
ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНА ПРОГРАМА «ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ  
СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ»

**Тема: «Застосування аерокосмічних методів для моніторингу  
стану лісів Закарпаття»**

Виконавець: студент 208 групи ФЕБІТ **Погорслов Олександр Сергійович**

Керівник: к.т.н., доцент кафедри аерокосмічної геодезії **Гебрин-Байди Лілія  
Василівна**

Нормоконтролер: к.ф.-м.н., ст..досл. **Великодський Юрій Іванович**

**КИЇВ 2020**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ, ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА АЕРОКОСМІЧНОЇ ГЕОДЕЗІЇ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри

д.ф.-м. н., проф. Железняк О.О.

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019 р.

## ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

**Погорелова Олександра Сергійовича**

1. Тема дипломної роботи: **«Застосування аерокосмічних методів для моніторингу стану лісів Закарпаття»** затверджена наказом ректора від «25» жовтня 2019 р. №299/ст.
2. Термін виконання роботи: з 15.10.2019 р. по 06.02.2020 р.
3. Вихідні дані до роботи: супутникові знімки місії Sentinel-2, методичні рекомендації по роботі з програмними продуктами Erdas Imagine, QGis, Arcgis, статистична інформація про загальні площі та територію вирубки лісів Закарпаття та Ужгородського району зокрема, карта України, нормативно-правові документи.
4. Зміст пояснювальної записки включає визначення об'єкта та предмета дипломної роботи, мети, постановки основних завдань та шляхи їх вирішення.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу:

Дипломна робота включає 60 сторінок тексту, 40 рисунків, 6 таблиць та 39 використаних джерел.

#### 6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1.	Отримання завдання на дипломну роботу	15.10.2019 р.	
2.	Пошук та аналіз літературних джерел по темі дипломної роботи	15.10.2019 р. – 30.10.2019 р.	
3.	Написання вступу та 1 розділу дипломної роботи	30.10.2019 р. – 15.11.2019 р.	
4.	Написання 2 та 3 розділів дипломної роботи	15.11.2019 р. – 20.12.2019 р.	
5.	Написання 4 розділу дипломної роботи та висновків	20.12.2019 р. – 25.12.2019 р.	
6.	Створення та оформлення графічного матеріалу	25.12.2019 р. – 10.01.2020 р.	
7.	Підготовка роздаткового матеріалу та презентації на захист дипломної роботи	10.01.2020 р. – 6.02.2020 р.	

7. Дата видачі завдання: 15 жовтня 2019 р.

Керівник дипломної роботи \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент кафедри аерокосмічної геодезії **Гєбрин-Байди Л.В.**

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ **Погорєлов О. С.**

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Застосування аерокосмічних методів для моніторингу стану лісів Закарпаття» включає 60 сторінок тексту, 40 рисунків, 6 таблиць та 39 використаних джерел.

**Об'єкт дослідження** – моніторинг процесів лісокористування за допомогою методів дистанційного зондування Землі.

**Предмет дослідження** – моделі виявлення місць вирубки лісів на території Закарпаття.

**Мета дипломної роботи** – підвищення ефективності управління лісовими ресурсами Закарпаття за допомогою методів дистанційного зондування Землі.

**Основні завдання:** обґрунтування теоретичних та практичних аспектів системи моніторингу лісових ресурсів на основі нормативно-правового забезпечення; дослідження сучасного стану лісового покриву Закарпатської області та окремих районів; аналіз можливостей використання методів дистанційного зондування Землі для моніторингу лісів; отримання супутникових даних, їх попередня обробка, радіометричне калібрування та атмосферна корекція; виконання алгоритмів неконтрольованої та контрольованої класифікації знімків Sentinel-2 для дослідження стану та незаконних вирубок лісів; застосування апарату вегетаційних індексів для моніторингу використання лісового покриву.

**Методи дослідження** – картографічний, системний аналіз, кластерний аналіз, алгоритми контрольованої класифікації, апарат вегетаційних індексів.

**Практичне значення отриманих результатів:** результати даного дослідження можуть бути використані для процесів ведення державного кадастру, комплексного обліку, оцінювання природних ресурсів та характеристики стану лісів і природоохоронних територій.

ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ, СУПУТНИКОВИЙ ЗНІМОК,  
ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ (ГІС), ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ  
(ГІТ), БАЗА ДАНИХ (БД), МОНІТОРИНГ ЛІСІВ.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ	6
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА ТА СТРУКТУРИ МОНІТОРИНГУ ЛІСІВ	10
1.1. Моніторинг лісів як завдання лісовпорядкування	10
1.2. Структура лісового фонду Закарпатської області	13
1.3. Нормативне забезпечення лісових ресурсів України	17
Висновки до розділу 1	19
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ОЦІНКИ СТАНУ І ДИНАМІКИ ЛІСІВ ЗА ДОПОМОГОЮ БАГАТОСПЕКТРАЛЬНИХ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ	20
2.1. Використання методів дистанційного зондування Землі для моніторингу лісів	20
2.2. Вибір та формування вихідних даних. Опис інформаційних та програмних ресурсів	28
Висновки до розділу 2	35
РОЗДІЛ 3. ПРОСТОРОВИЙ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ЛІСОВИХ МАСИВІВ УЖГОРОДСЬКОГО РАЙОНУ	36
3.1. Загальна характеристика досліджуваної території	36
3.2. Класифікація багатоспектральних космічних знімків	39
3.3. Розрахунок вегетаційних індексів	47
3.4. Пошук змін на різночасових знімках	51
Висновки до розділу 3	55
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	56
ВИСНОВКИ	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	61

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ**

ДЗЗ – дистанційне зондування землі

КСЯ – коефіцієнт спектральної яскравості

ГІС – геоінформаційні системи

ГІТ – геоінформаційні технології

БІЧ (NIR) – ближня інфрачервона зона спектра (Near Infrared)

ВІ – вегетаційний індекс

КК – контрольована класифікація

НКК – неконтрольована класифікація

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормалізований диференціальний вегетаційний індекс

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Лісистість території нашої держави відносно невелика і становить 15,7%. Лісовою рослинністю вкрито 9,7 млн. га. Вирубка лісів є одним із головних процесів лісокористування. На жаль, вона не завжди проводиться санкціоновано та раціонально. Всезростаюче антропогенне навантаження на природні ландшафти, нарощування темпів винищення лісових ресурсів з метою задоволення запитів суспільства, невиправдане вилучення лісових земель для цілей, непов'язаних з веденням лісового господарства, посилює загальну негативну тенденцію у сфері використання лісових ресурсів країни. Загалом стан вивчення проблеми з лісовими ресурсами в Україні можна охарактеризувати як далекий від сучасних еколого-економічних запитів суспільства. Неспроможність традиційних методів збирання та аналізування інформації, які б забезпечували оптимальне управління природокористуванням і контроль за станом навколишнього середовища, особливо гостро проявилася в процесі переходу до територіального принципу управління природними ресурсами і природоохоронною діяльністю у державних структурах. Досі не вироблено механізмів моніторингу і регулювання природокористування на різних територіальних рівнях. Відсутня система комплексного контролю використання природних ресурсів, оцінювання впливу господарюючих об'єктів на довколишнє середовище, виявлення прямої і непрямой залежності різних факторів впливу на це середовище. Не узгоджено процедури, формати, терміни й порядок надання інформації до органів державної влади та обміну даною інформацією між контролюючими органами. Треба визнати, що в цілому ситуація з обліком лісових ресурсів не забезпечує потреби органів влади та управління повною, достовірною, актуальною інформацією про кількість, якість, стан і належність ресурсів. Оскільки управління здійснюється на різних рівнях: загальнодержавному, територіальному, об'єктовому, то й відповідне інформаційне забезпечення має бути побудоване

за ієрархічним принципом з різним ступенем деталізації та узагальнення інформації на кожному з них.

В Україні поки що не розроблено державної програми дистанційного моніторингу лісів, і тому спостереження відбувається наземними методами. Впровадження дистанційних технологій забезпечує спрощення інвентаризаційних робіт, здешевлює їх, практично унеможлиблює впливи суб'єктивних факторів та дозволяє охопити моніторингом більші площі за короткий проміжок часу.

Розвинена потужна багаторівнева геоінформаційна система, що побудована на основі даних дистанційного зондування Землі, може стати інструментом, що дозволяє оперативно і достовірно відображати й аналізувати інформацію для підготовки управлінських рішень на будь-якому рівні управління.

**Об'єкт дослідження** – моніторинг процесів лісокористування за допомогою методів дистанційного зондування Землі.

**Предмет дослідження** – моделі виявлення місць вирубки лісів на території Закарпаття.

**Мета дипломної роботи** – підвищення ефективності управління лісовими ресурсами Закарпаття за допомогою методів дистанційного зондування Землі.

Відповідно до мети були поставлені наступні **завдання**:

- обґрунтування теоретичних та практичних аспектів системи моніторингу лісових ресурсів на основі нормативно-правового забезпечення;
- дослідження сучасного стану лісового покриву Закарпатської області та окремих районів;
- аналіз можливостей використання методів дистанційного зондування Землі для моніторингу лісів;
- отримання супутникових даних, їх попередня обробка, радіометричне калібрування та атмосферна корекція;



- виконання алгоритмів неконтрольованої та контрольованої класифікації знімків Sentinel-2 для дослідження стану та незаконних вирубок лісів;
- застосування апарату вегетаційних індексів для моніторингу використання лісового покриву.

**Методи дослідження** – картографічний, системний аналіз, кластерний аналіз, алгоритми контрольованої класифікації, апарат вегетаційних індексів.

**Наукова новизна отриманих результатів:**

1. На основі застосування методів дистанційного зондування Землі та статистичної інформації досліджено сучасний стан лісів Закарпатської області та Ужгородського району.

2. Виявлено території незаконних вирубок, на досліджуваній території, на основі методів класифікації супутникових знімків та розрахунку вегетаційного індексу NDVI.

**Практичне значення отриманих результатів:** результати даного дослідження можуть бути використані для процесів ведення державного кадастру, комплексного обліку, оцінювання природних ресурсів та характеристики стану лісів і природоохоронних територій.

ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ (ДЗЗ), СУПУТНИКОВИЙ ЗНІМОК, ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ (ГІС), ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ (ГІТ), БАЗА ДАНИХ (БД), МОНІТОРИНГ ЛІСІВ.

## РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА ТА СТРУКТУРИ МОНІТОРИНГУ ЛІСІВ

### 1.1 Моніторинг лісів як завдання лісовпорядкування

Ліси займають більш як 15,7 % території України (9,58 млн га) і розташовані в основному на півночі (Полісся) та заході (Карпати). Вони мають важливе соціально-економічне та екологічне значення, є джерелом цінних ресурсів, забезпечують збереження у зв'язаному стані значної частини світового запасу вуглецю, виступають як екологічний каркас для збереження біорізноманіття екосистем, а також виконують безліч інших біосферних функцій. Необхідність здійснення регулярного моніторингу стану лісів обумовлена їх безперервною динамікою в результаті впливу природних і антропогенних факторів (пожежі, вирубки, техногенне забруднення тощо).

Моніторинг – це система повторних спостережень одного чи більше елементів навколишнього природного середовища у просторі й часі з певними цілями відповідно до завчасно підготовленої програми.

Геоінформаційний моніторинг – це технологія та автоматизована система планування й проведення моніторингу на основі інтегрування даних з різних джерел, моделювання, оцінювання та прогнозування стану об'єктів моніторингу в середовищі геоінформаційних систем із застосуванням баз геопросторових даних і баз знань [10].

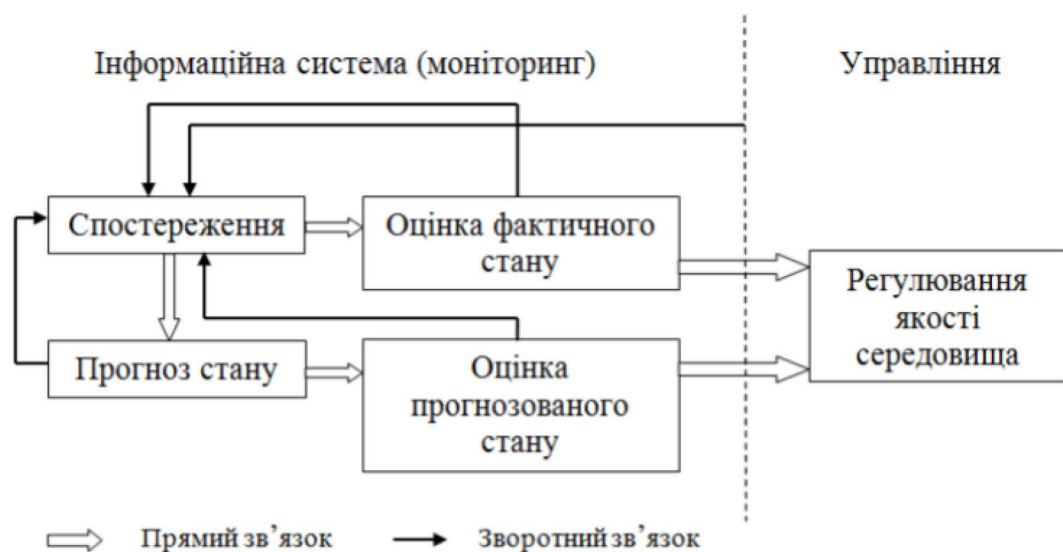


Рис. 1.1. Блок – схема системи моніторингу

Основною метою моніторингу є запобігання негативних наслідків, пов'язаних з господарською діяльністю людини.

Завдання моніторингу лісів з метою визначення стратегії раціонального лісокористування та захисту навколишнього середовища передбачає необхідність широкого застосування технологій дистанційного зондування Землі (як космічних, так і авіаційних), супутникових навігаційних систем і ГІС-технологій для збирання, оброблення та аналізування інформації про лісові ресурси у поєднанні з даними аеровізуальних обстежень і матеріалами традиційних наземних методів лісопатологічних досліджень. Такий комплексний підхід дозволяє зібрати великий масив актуальних даних і на цій основі створити достовірні карти, що характеризують стан лісів, використовувати отримані результати в процесах ведення державного лісового кадастру, комплексного обліку та оцінювання природних ресурсів, управління лісокористуванням, природоохоронними територіями і т. д.

Моніторинг лісів - це система регулярних спостережень, оцінки та аналізу інформації про стан лісів та прогнозування його змін з метою забезпечення інформаційно-аналітичної підтримки прийняття рішень щодо сталого управління лісами. Моніторинг є складовою частиною системи інформаційної підтримки управління лісами.

Функціонування моніторингу має забезпечити:

- підвищення оперативності отримання і якості первинних даних про екологічний стан лісів;
- зростання рівня адекватності між реальним екологічним станом лісів та його інформаційною моделлю;
- підвищення рівня обґрунтування прийняття рішень з управління лісами;
- покращення якості інформаційного забезпечення споживачів лісоекологічної інформації шляхом застосування сучасних комп'ютерних та інформаційних технологій.

Основні завдання моніторингу лісів:

- довгострокові систематичні спостереження за станом лісових екосистем України для одержання повної, об'єктивної та своєчасної інформації щодо його поточних змін
- виявлення та оцінка факторів (природних і антропогенних), які впливають на стан лісів, оцінка масштабів погіршення стану лісів, з'ясування причин і механізмів зміни стану лісів, визначення закономірностей їх сталого функціонування і прогнозування їх динаміки;
- інформаційно-аналітична підтримка рішень щодо управління лісами.

Моніторинг - багаторівнева система спостережень. Виділяють два рівні моніторингу: I (екстенсивний) та II (інтенсивний). Призначення моніторингу I рівня (екстенсивного) - отримувати інформацію про часову та просторову динаміку стану лісів і визначити території, на яких відбуваються суттєві зміни стану лісів.

Призначення інтенсивного моніторингу - вивчення закономірностей динаміки стану лісів та виявлення головних факторів, які визначають стан лісів (оцінка причинно-наслідкових взаємозв'язків).

Моніторинг лісів - це система спостережень, оцінки і прогнозу стану і динаміки лісового фонду з метою державного управління в галузі використання, охорони, захисту лісового фонду, відтворення лісів і підвищення їх екологічних функцій.

Основні завдання моніторингу:

- оцінка площ;
- виявлення вогнищ впливу (вирубка, захворювання, загоряння і ін.);
- оцінка коефіцієнта пожежної небезпеки;
- оцінка деревостану (вікові та ін. показники);
- оцінка листяного покриву;
- виявлення шкідників і захворювань [27].

В Україні спостереження за станом лісів і досі проводиться наземними методами на ділянках моніторингу. Хоча має місце освоєння нових технологій інвентаризації лісів (використання таких інструментів, як лазерні далекоміри, електронні висотоміри, електромагнітні компаси, супутникові навігаційні системи, електронні мірні вилки, польові комп'ютери). Наступним кроком слід очікувати впровадження дистанційних технологій, оскільки вони забезпечують спрощення інвентаризаційних робіт, здешевлюють їх, практично унеможливають впливи суб'єктивних факторів та дозволяють охопити моніторингом більші площі за короткий проміжок часу.

Для прикладу варто зазначити, що застосування космічних технологій в лісовому секторі економіки Російської Федерації, де зосереджена п'ята частина всіх лісів світу і половина світових хвойних лісів, є важливим напрямком у діяльності держави. Зокрема, у 2005 р. дистанційним моніторингом порядку лісокористування було охоплено понад 52 млн га лісів у зонах інтенсивного освоєння семи суб'єктів Федерації. Обстежено 16 000 вирубок, великомасштабне підсупутникове аерофотознімання проведено приблизно на 100 тис. га. За два роки в РФ створено систему космічної зйомки лісів зі суцільним покриттям території панхроматичними матеріалами високої розрізненності (6-10 м) і багатозональними середньої розрізненності (20-30 м).

На жаль, в Україні поки що не розроблено державної програми дистанційного (аерокосмічного) моніторингу лісів. З 1997 р. навіть припинилося бюджетне фінансування аерофотозйомки, в результаті чого лісовпорядкування змушене було перейти до спрощення технології.

## **1.2. Структура лісового фонду Закарпатської області**

Лісом укрита більша частина площі Закарпаття, тому питанню лісових ресурсів відводять головну роль у господарстві області. Ліси є важливими не лише в економіці краю, вони виконують водозахисну, водо- і

кліматорегулівну функцію, мають міжнародне значення для розвитку туризму та рекреації. Тому вивчення структури лісового фонду Закарпаття дуже актуальне.

За площею лісового фонду Закарпаття входить до першої п'ятірки серед областей України, а за лісистістю і запасами деревини займає перше місце. Ліси на території області є одним з основних природних ресурсів. Понад 80 % лісів розміщено у гірській місцевості.

Загальна площа лісового фонду, що закріплена за постійними лісокористувачами, становить 724,0 тис. га, (56,8 %), у тому числі земель, укритих лісовою рослинністю, – 657,5 тис. га (51,6 %) . Загальні запаси деревини в області оцінюють у кількості 207,5 млн м<sup>3</sup> або близько 11 % від загальних запасів деревини в Україні.

За оцінками експертів, у тому числі міжнародних, закарпатські ліси вважають найпродуктивнішими не тільки в Карпатському регіоні, а й у Європі.

Лісові масиви на території області розташовані головню в гірській частині, на яку припадає понад 80 % території [5].



Рис. 1.2 Розподіл лісового фонду у відсотковому відношенні

Таблиця 1.1.

Розподіл лісового фонду Закарпатської обл. у розрізі адміністративних районів (за даними обліку лісового фонду станом на 1 січня 2016 р.)

Район, місто	Загальна площа, км <sup>2</sup>	Площа лісів, тис. га			Лісистість, %
		Держком- лісгосп	Інші відомства	Разом	
Берегівський	654,3	6,5	1,8	8,3	12,7
Великобerezнянський	809,9	27,4	22,6	50,0	61,8
Виноградівський	696,1	8,0	2,8	10,8	15,6
Воловецький	543,9	25,2	6,8	32,0	58,9
Іршавський	944,5	32,1	17,4	49,5	52,4
Міжгірський	1165,5	29,2	43,0	72,2	62,0
Мукачівський	998,2	25,7	4,7	30,4	30,4
Перечинський	631,3	30,0	10,3	40,3	63,9
Рахівський	1892,1	110,5	25,1	135,6	71,6
Свалявський	673,0	36,5	8,3	44,8	66,7
Тячівський	1817,5	73,7	35,9	109,6	60,3
Ужгородський	869,7	13,7	8,9	22,6	26,0
Хустський	996,7	31,2	15,0	46,2	46,3
м. Мукачеве	27,9	-	0,1	0,1	4,2
м. Ужгород	31,6	0,2	0,1	0,3	9,1
Усього по області	12752,2	449,9	202,8	652,7	51,2

Лісові ресурси Закарпаття представлені у вигляді деревини, заготівля якої нормативно дозволена в обсязі 1,3 млн м<sup>3</sup> щорічно з усіх видів рубок. [21].

Крім задоволення потреб господарства в деревині й продукції побічних лісових користувань, лісові насадження мають важливе природоохоронне і рекреаційне значення. Лісові масиви регулюють поверхневий стік, захищають ґрунти від ерозії, а водні джерела від замулення та забруднення,

попереджають утворення селевих потоків, зсувів ґрунтів. Захисні функції лісів передбачають позитивний вплив на клімат, гідрологічний режим рік і прилеглих територій, оптимізують кліматичні чинники.

Особливим призначенням лісів області є їхня рекреаційна і лікувально-оздоровча функції. Чудові гірські краєвиди з безліччю гірських потоків, чисте повітря і вода, наявність численних мінеральних джерел, географічне розташування приваблювали в Закарпаття туристів з усіх кінців світу.

Від загальної площі лісів близько 48 % – експлуатаційні, решту території займають ліси природоохоронного призначення, захисні ліси і рекреаційно-оздоровчі ліси. Лісові багатства краю нині використовують незначно. Лісозаготівлі скоротилися майже наполовину від нормативних обсягів, нема сучасних технологій з переробки дикорослих плодів, ягід, грибів та лікарської сировини, не досягла належного рівня туристична індустрія.

Для розвитку лісового господарства області найбільше значення мають такі показники економічних умов: доступність території для господарського впливу, транспортні умови або густота дорожньої мережі і забезпечення робочою силою.

Ліси Закарпатського обласного управління лісового та мисливського господарства приведені лісовпорядкуванням у відповідність до “Порядку поділу лісів на категорії та виділення особливо захисних лісових ділянок”, який затверджений постановою Кабінету Міністрів від 16 травня 2007 р. № 733. Цей порядок визначає єдині вимоги до поділу лісів на категорії, умови та ознаки віднесення їх до таких категорій, а також виділення особливо захисних лісових ділянок з режимом обмеженого лісокористування [33].

Залежно від основних виконуваних функцій ліси поділяють на такі категорії: ліси природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення; рекреаційно-оздоровчі ліси; захисні ліси; експлуатаційні ліси.

Отже, Закарпаття є найбільш лісистим регіоном України. Має вигідне геополітичне розташування на перехресті міжнародних транспортних шляхів,



що сприяє розвитку економічного співробітництва. Однак особливістю лісів Закарпаття є також те, що вони гірські й останнім часом постало надзвичайно важливе питання щодо постійності виконання лісовими насадженнями їхніх природоохоронних функцій. Проте засади сталого розвитку, які впроваджують у лісовому господарстві області, передбачають не тільки безперервне та невиснажливе лісокористування, яке в області практикують давно, а й нарощення і використання екологічного потенціалу. Тобто впровадження засад сталого розвитку відбувається як у ресурсному, так і в екологічному аспектах.

Для підвищення ролі лісів Закарпаття та комплексного їх використання в господарстві необхідно удосконалювати техніку, підвищувати рівень виробництва, розробляти системи господарства з урахуванням природних умов. Лісогосподарською основою рубок мають бути постійне і безперервне зростання лісу, збереження та підвищення його корисних властивостей, регульоване користування лісом і його побічними продуктами, підвищення біологічної стійкості та продуктивності насаджень. Тому на особливу увагу заслуговують поступові й вибіркові рубки, що дають змогу повніше використати природу лісу, підвищити його захисні функції.

Площа лісів регіону становить 724,0 тис. га. За запасами деревини – 205,7 млн м<sup>3</sup> – область посідає друге місце в Україні. Породний склад лісів представлений буком, ялиною, ялицею, дубом, явором, ясенем. Щорічна заготівля деревини становить понад 1 млн м<sup>3</sup>. Закарпаття займає третє місце в Україні за площею лісів після Житомирської і Рівненської областей, будучи водночас найбільш лісистю областю держави.

### **1.3. Нормативне забезпечення моніторингу лісових ресурсів України**

Основним законом України про ліси й ведення господарства в них є Лісовий кодекс (21.01.1994 р. № 3852-XII). Правові аспекти лісового господарства як суб'єкта землекористування визначено Земельним кодексом.

Відповідні норми щодо збереження й відтворення лісів регулюються

законами України: «Про охорону навколишнього природного середовища» (25.06.1991 р. № 1264-ХІІ), «Про мораторій на проведення суцільних рубок на гірських схилах в ялицево-букових лісах Карпатського регіону» (10.02.2000 р. № 1436-ІІІ), «Про загальнодержавну програму формування національної екологічної мережі України на 2000–2015 роки» (21.09.2000 р. № 1989-ІІІ), «Про природно-заповідний фонд України» (16.06.1992 р. № 2456-ХІІ) та інші.

Земельний кодекс України (25.10.2001 р. № 2768-ІІІ) регулює земельні відносини при використанні лісів, а також рослинного й тваринного світу. Він базується на принципах поєднання особливостей використання землі як природного ресурсу, основного засобу виробництва, забезпечення раціонального використання й охорони земель, користування й розпорядження землею, крім випадків, передбачених законом.

Закон України «Про мораторій на проведення суцільних рубок на гірських схилах в ялицево-букових лісах Карпатського регіону» від 10 лютого 2000 року №1436-ІІІ [23].

Завданнями Закону є забезпечення екологічно збалансованого лісокористування, запобігання проявам згубних наслідків природних явищ, посилення водоохоронних, захисних, кліматорегулювальних, санітарно-гігієнічних та інших корисних властивостей лісів, охорона здоров'я населення Карпатського регіону та його естетичне виховання.

Законом установлені жорсткіші вимоги щодо обмеження окремих способів рубок, впровадження природозберігальних технологій розробки лісосік (обмеження суцільних і перехід на поступові й вибіркові).

У регіоні значно збільшилися площі деревостанів із обмеженим режимом лісокористування та площі, де повністю заборонені рубки головного користування. В цілому зменшені обсяги рубок. Площа заповідних територій по 4-х областях Карпатського регіону вже перевищує 20% земель лісового фонду.

Закони України «Про загальнодержавну програму формування

національної екологічної мережі України на 2000–2015 роки» та «Про природно-заповідний фонд України» визначають вимоги щодо формування екологічної мережі України з метою збереження, відтворення та охорони природних комплексів, територій із природним станом ландшафтів.

Відповідно до цього Закону та з урахуванням переважно екологічного значення лісів України, Держкомлісгосп проводить роботу зі збільшення площі лісів з обмеженим режимом лісокористування, заповідання лісових територій.

Лісове господарство України функціонує на підставі Лісового кодексу, прийнятого в 1994 р., з урахуванням змін, внесених до нього пізніше, а також інших нормативно-правових документів. У вересні 2009 р. Кабінет Міністрів України прийняв Державну цільову програму "Ліси України" на 2010-2015 роки. Метою програми стало визначення основних напрямів збалансованого розвитку лісового господарства, спрямованих на посилення екологічних, соціальних та економічних функцій лісів [23].

### **Висновки до розділу 1**

Нові соціально-економічні умови розвитку України потребують розроблення нових, більш ефективних методів та технологій які б надавали інформацію про лісові масиви.

В першому розділі дипломної роботи було проведено дослідження предметної сфери моніторингу лісів, проаналізовано структуру лісового фонду регіону та визначено, якими законами регламентується лісокористування в Україні.

## **РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ОЦІНКИ СТАНУ І ДИНАМІКИ ЛІСІВ ЗА ДОПОМОГОЮ БАГАТОСПЕКТРАЛЬНИХ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ**

### **2.1. Використання методів дистанційного зондування Землі для моніторингу лісів**

Методи використання даних спостережень із супутників для моніторингу лісів отримали інтенсивний розвиток на початку 70-х років двадцятого століття, як в СРСР, так і в ряді інших технічно розвинених країнах світу, зокрема, таких як США, Канада, Франція, Німеччина, Швеція, Фінляндія. В СРСР, а потім і в Україні, дослідження і розробки в галузі використання даних супутникових спостережень для вирішення завдань лісового господарства та лісознавства проводилися починаючи з кінця 90-х років двадцятого століття. У 1995 році було запущено перший український науково-дослідницький супутник «Січ-1».

Для проведення експериментальних робіт була створена експериментальна база даних по характеристиках лісів для оцінки можливостей використання приладів дистанційного зондування. Результати досліджень були використані для обґрунтування розв'язуваних за даними дистанційного зондування завдань. Були розроблені вимоги до просторової і радіометричної роздільної здатності зображень, періодичності проведення зйомок, оперативності отримання інформації в залежності від розв'язуваних. Було встановлено, що рішення задач лісовпорядкування і картографування лісів, оцінки стану лісовідновлення вимагає використання даних високої роздільної здатності. Досліджувалися можливості розпізнавання лісових форм та об'єктів в різні сезони року, виявлення вирубок, лісових пожеж і контролю їх динаміки [1].

Результати теоретичних і експериментальних робіт дозволили обґрунтувати перелік завдань лісового господарства, що доцільно виконувати за допомогою даних дистанційного зондування, а також розробити методи і

технології вивчення лісів і оцінки їх стану. Була розроблена автоматизована система обробки аерокосмічної інформації про ліси, а також цифрові методи обробки супутникових зображень для інвентаризації лісів. Велися розробки методів дистанційного зондування для охорони лісів від пожеж, включаючи виявлення пожеж та контроль їх динаміки, картографування снігового покриву, оцінки метеорологічних умов, виявлення і оцінки територій, на яких були пожежі.

Динаміка розвитку методів використання даних дистанційного зондування для моніторингу лісів в технічно розвинених країнах Західної Європи та Північної Америки була багато в чому обумовлена появою відповідних приладів супутникових спостережень. Інтенсивний розвиток отримала методологія картографування лісового покриву і виявлення змін в лісах. При цьому найбільше число досліджень було для тропічних лісів, які відчувають на собі останні кілька десятиліть масштабний вплив, що приводить до зменшення лісистості території.



Рис. 2.1. Типова санітарна рубка догляду у тропічному лісі

Супутникові дані високого просторового розділення (такі як, Landsat, Sentinel) дозволяють домагатися точніших оцінок і можуть бути ефективно використані для вивчення лісів на локальному рівні. Було використано статистичний підхід і вибірку даних Landsat – TM для оцінки лісових

ресурсів на рівні усього поясу тропічних лісі. Можна зробити висновок, що використання супутникових даних в комбінації з оглядовими картами, у тому числі, отриманими по супутникових зображеннях низького просторового дозволу є ефективним [42].

Відповідно до сучасної концепції супутникового моніторингу лісів виділяють різні рівні спостережень. Вони розрізняються за функціональними завданнями, територіальним охопленням, призначенням, а також за вимогами до просторової і тематичної детальності одержуваної інформації.

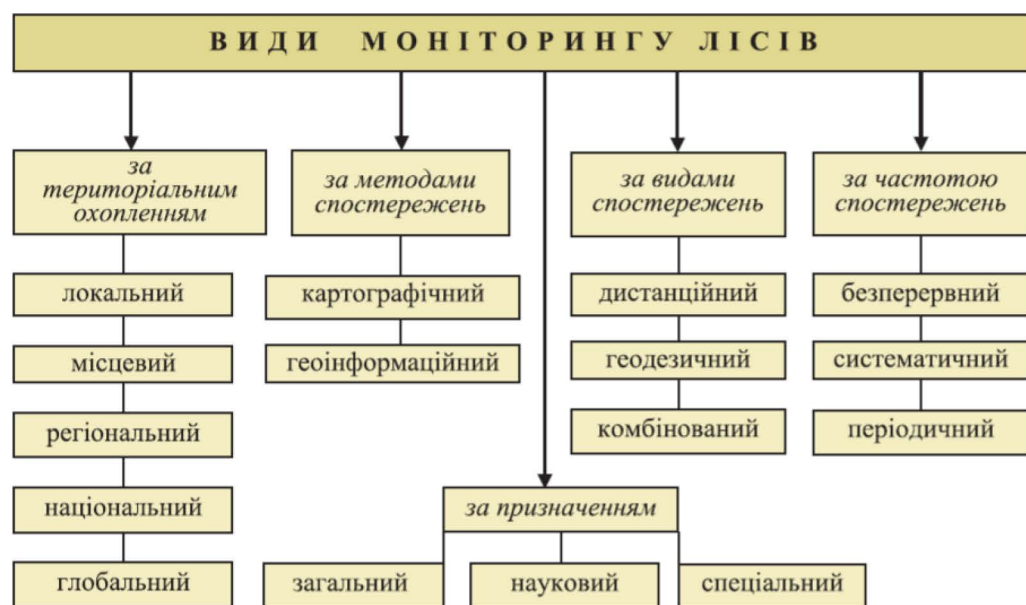


Рис. 2.2. Класифікація видів моніторингу лісів [10 ]

Функціональні завдання моніторингу лісів можна об'єднати у такі вісім груп:

1. Охорона лісів від пожеж.
2. Контроль за санітарно-лісопатологічним станом лісів.
3. Спостереження за територіями, забрудненими радіонуклідами.
4. Стеження за порядком лісокористування і лісовідновленням.
5. Спостереження за станом і динамікою лісів, деревної та чагарникової рослинності на землях, які не входять до лісового фонду.
6. Стеження за станом і динамікою деревної і чагарникової рослинності на землях сільгоспстворень, які не входять до лісового фонду.

7. Оцінювання стану лісових екосистем та лісового покриву.

8. Актуалізація даних про вивченість лісів.

Наведений перелік завдань не є остаточним. Під час створення єдиної комплексної системи моніторингу цей список може уточнюватися і доповнюватися. У зв'язку з тим, що моніторинг лісів ефективно функціонує лише за наявності надійних даних про ліси і розвиненої ГІС, першочерговим можна вважати восьме завдання. З урахуванням інформації про ліси мають формуватися й підтримуватись в актуалізованому стані комплексні багатоцільові ГІС різних рівнів (національного, регіональних, локальних). Вирішення означених завдань можливе лише за умови поєднання всіх видів спостережень і вимірювань, головні з яких – дистанційні (аерокосмічні).

Основні етапи моніторингу лісів з використанням аерокосмічної інформації:

- отримання та попереднє оброблення аерокосмічної інформації;
- отримання і нагромадження наземної інформації, яка стосується лісотехнічних характеристик;
- одночасне оброблення аерокосмічної та наземної інформації;
- аналізування результатів та прогнозування перспектив розвитку лісів, зокрема і наслідків лісогосподарської діяльності.

Дистанційні спостереження з космічних і повітряних літальних апаратів можуть здійснюватися як у ході знімальних в оптичному і радіодіапазонах, так і шляхом візуальних (інструментально-візуальних) спостережень. Наразі аеровізуальні спостереження найширше застосовуються при охороні лісів від пожеж – для патрулювання території та виявлення лісових пожеж і спостереження за їх динамікою. Щоб якимось забезпечити ефективне функціонування моніторингу лісів, потрібен комплекс даних ДЗЗ, що істотно відрізняються щодо просторового розрізнення, спектральності каналів, оперативності знімання та постачання знімальної інформації споживачам.

За просторовим розрізненням вся інформація, одержана методом дистанційного зондування і рекомендована для використання в ході моніторингу лісів, умовно поділяється на чотири групи:

- оглядова космічна інформація оптичного діапазону з низьким просторовим розрізненням (близько 1 000 м), отримувана зі штучних супутників Землі NOAA (радіометр AVHRR), "Метеор-3М", "Океан", а також в радіодіапазоні пасивними засобами знімання (СВЧ-радіометрами) до 10 км;
- космічні зображення середнього радіуса (100-200 м), отримані із супутників "Ресурс-01" і "Океан" (з тепловими каналами в інтервалі 2-5 мкм), MODIS;
- космічні зображення оптичного і радіодіапазонів з великим (10-20 (30) м) – ШСЗ типу SPOT, Landsat-7, "Ресурс-01", "Ресурс-Ф";
- космічні або аерозображення оптичного і радіо діапазонів надвисокого радіуса (1-5 м) – ШСЗ типу Ikonos, КВР, аерознімків [30].

У космічних системах ДЗЗ для отримання даних використовують такі діапазони електромагнітного випромінювання, як ультрафіолетовий, видимий, інфрачервоний, мікрохвильовий і радіодіапазон.

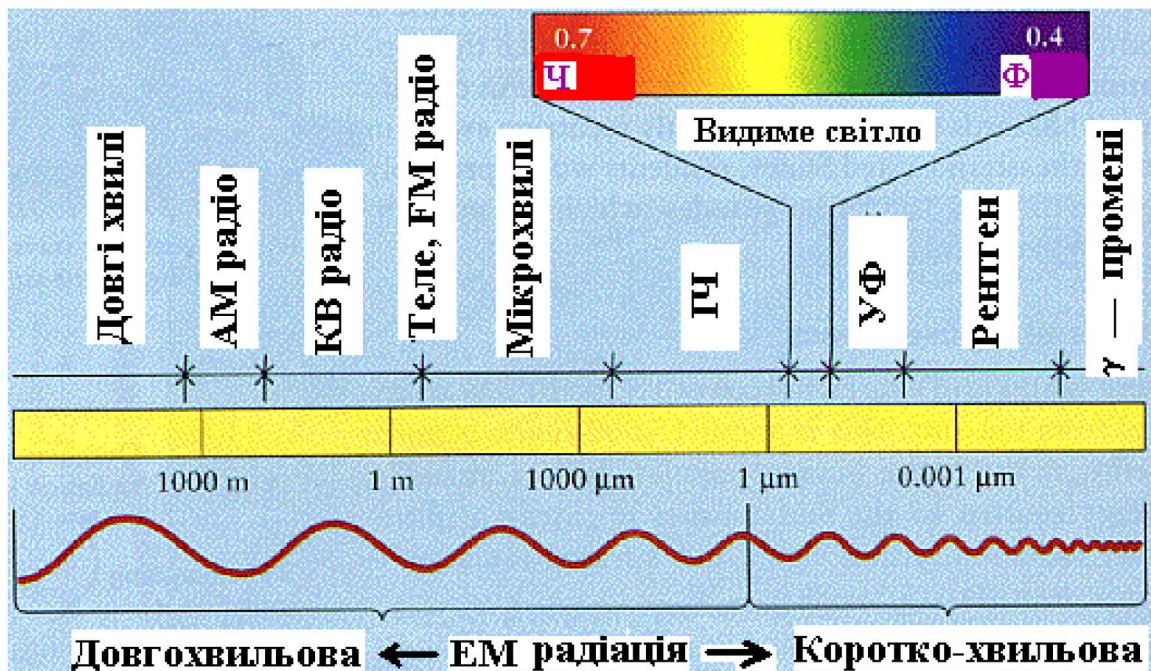


Рис. 2.3. Діапазон електромагнітного випромінювання



Ультрафіолетовий діапазон (0,1-0,38 мкм) застосовують для оцінювання стану рослин і водойм, а також для визначення поширення малих доз газових домішок та озону в атмосфері. Видимий (0,38-0,74 мкм) і ближній інфрачервоний діапазони (0,74-2,50 мкм) широко використовують для знімання лісових масивів як у панхроматичному, так і в мультиспектральному режимах. Механізм формування корисного сигналу (наприклад, про стан рослинності) полягає в тому, що під дією різних умов відбувається зміна спектральних характеристик об'єктів на земній поверхні. Хлорофіл, що міститься в листі, поглинає червоні й сині промені, тоді як зелені в основному ним відбиваються. У синій і червоній зонах видимої ділянки спектра здатність відбивання променів рослинами дуже низька. Зате в ближньому інфрачервоному діапазоні фіксуються максимальні значення коефіцієнтів відбиття. Тому при вивченні стану лісів, їх картографуванні ефективно використовуються знімки в "крайній червоній" зоні (довжина хвилі – 0,7-0,75 мкм) видимої ділянки спектра та в ближньому інфрачервоному діапазоні (0,78-0,88 та 0,9-1,05 мкм відповідно).

Тепловий діапазон (2,5 мкм-1 мм) надає інформацію про теплове поле ландшафту. При дослідженні температурного режиму лісу було встановлено, що в різних типах рослинності, в насадженнях різної щільності, складу й віку порід у приземному шарі на рівні поверхні і в ґрунті перепад температур досягає декількох градусів. Застосування теплового знімання надає додаткову інформацію про ліси, в т. ч. й про умови місць їх зростання, що значно різняться за ступенем зволоженості ґрунту: вологі ділянки зазвичай холодніші, ніж дреновані, поверхня яких прогрівається швидше. Перепад температур було виявлено і в полосі насаджень. Теплова зйомка може використовуватися для виявлення хворих, ушкоджених і сухостійних дерев, оскільки за температурною яскравістю вони різко відрізняються від фонові і здорової рослинності. Крім цього, теплова зйомка давно зарекомендувала себе як найкращий метод виявлення лісових і торф'яних пожеж. Космічна зйомка в тепловому діапазоні дозволяє контролювати ситуацію одночасно на

великих площах, виявляти приховані вогнища пожеж, здійснювати моніторинг і вдень, і в нічний час, і в умовах сильного задимлення.

Мікрохвильовий, СВЧ (1 мм-1 м), діапазон дає інформацію про топографічні характеристики територій та акваторій, запаси вологи в ґрунті й листях рослин, про впливи на рослини промислових викидів. Радіодіапазон (1 м - більш як 10 км) надає специфічну інформацію про підстилаючу поверхню і про полог лісу, для зображень, отриманих за допомогою радарного знімання, характерні глибокі тіні, які властиві об'єктам зі значними перепадами висот. Це дозволяє не тільки аналізувати рельєф місцевості, що також важливо для процесів лісо впорядкування, а й розділяти ділянки лісу аж до таксаційних відділів, за висотою і щільністю деревостану, виявляти рідколісся, ділянки згарищ, вирубки різних типів. Радіолокаційне знімання може проводитися за будь-яких погодних умов і в будь-який час доби.

Особливості застосування певних методів і систем ДЗЗ при вирішенні конкретних завдань лісового моніторингу наведені у таблиці 2 [27]

Таблиця 2.1.

Методологія застосування супутникових ДЗЗ-систем для вирішення задач моніторингу лісів

Задачі моніторингу	Типи систем ДЗЗ, що використовуються, та види знімків	Супутникові системи, що найбільше застосовуються
Моніторинг пожежної небезпеки в лісах	Системи низького просторового розрізнення, метеорологічні космічні апарати	NOAA, TERRA/MODIS, Aqua/MODIS (США), "Монитор-Э" (Росія)
Виявлення вогнищ загоряння, оцінювання площ та динаміки лісових пожеж	Оперативне знімання в тепловому діапазоні (доповнюється зніманням у видимому)	TERRA ASTER, EO-1, TERRA/MODIS, Aqua/MODIS (США), "Монитор-Э" (Росія), SPOT-4 (Франція)
Виявлення згарищ, наслідків інших стихійних лих	Знімання районів, постраждалих від стихійних лих (знімки у видимому, БЧ, СВЧ, радіодіапазонах)	ALOS (Японія), RapidEye (Німеччина), Radarsat-2 (Канада), EO-1 (США), SPOT (Франція)
Контроль за лісокористуванням, у т. ч. за вирубками. Виявлення незаконних вирубок	Періодичне знімання високої і надвисокої роздільної здатності, радарне знімання	ALOS (Японія), RapidEye (Німеччина), SPOT (Франція), IRS P6/Resourcesat (Індія), Radarsat-2 (Канада), EROS (Ізраїль), IKONOS (США)
Ландшафтний моніторинг, ландшафтне картографування, моніторинг заповідних територій	Знімання середнього, високого і надвисокого розрізнення в мультиспектральному режимі	ALOS (Японія), RapidEye (Німеччина), IRS 1C/1D (Індія), IRS P6/Resourcesat (Індія), Landsat-7 (США)
Лісовпорядкування, оновлення карт, інвентаризація лісів, кадастр земель лісового фонду	Знімання високого і надвисокого розрізнення, доповнюване наземними роботами, аерозніманням	IKONOS, WorldView-2, GeoEye, QuickBird (США), SPOT (Франція)
Обчислення площ лісів, виявлення динаміки лісистості, оновлення топографічних карт	Використання тимчасових рядів знімків високого і надвисокого розрізнення	ALOS (Японія), IKONOS, QuickBird (США), SPOT (Франція)
Вивчення вуглецевого балансу, підрахунок біомаси в лісах для кліматологічних досліджень	Системи ДЗЗ середнього розрізнення (видимий, БЧ, СВЧ-діапазони), системи ДЗЗ для вивчення атмосфери і погоди	Landsat-7 (США), IRS 1C/1D (Індія), TRMM (Швеція), Envisat (Євросоюз), EO-1 (США)

Порівняльний аналіз космічних знімків різних типів показує, що:

1. Знімки надвисокої роздільної здатності повністю задовольняють потребу у визначенні таксаційних показників лісових насаджень як з використанням традиційних, так і із застосуванням сучасних методів візуального дешифрування. Із знімків цього типу найбільш затребувані зображення з апаратів WorldView-1, WorldView-2, GeoEye-1, GeoEye-2 та QuickBird.

2. Знімки високої роздільної здатності забезпечують базовою інформацією про всі види об'єктів лісового картографування для інвентаризації, контролю лісокористування, виявлення різких змін у лісовому фонді.

3. Знімки середньої роздільної здатності завдяки мультиспектральній інформації дозволяють виявляти природні та антропогенні зміни в лісових масивах. Крім цього, за ними також можна контролювати лісогосподарську діяльність, виявляти різкі зміни обстановки у лісах. Головна перевага таких знімків – низька вартість і великий масштаб покриття території.

4. Сучасні радіолокаційні дані (їхні переваги – висока роздільна здатність) вже зараз можуть надавати інформацію про вкриті лісом площі, різкі зміни в лісовому середовищі, лісокористуванні, особливо для територій з постійною хмарністю, здійснювати знімання на гарантовану дату і в зимовий час.

Сучасний стан розвитку методів дистанційного зондування забезпечує можливість оцінювання характеристик стану лісового покриву і створення системи регіонального моніторингу лісів на основі комбінованого використання даних різного просторового розрізнення. Проте й досі оцінювання лісових ресурсів на основі системи статистичних показників – єдиний спосіб підготовки і прийняття управлінських рішень у сфері лісового господарства та охорони лісу.

Космічний моніторинг розвивається дуже швидкими темпами: якщо ще 5 років тому в навколосемному просторі працювало 20 космічних апаратів,

котрі здійснювали постійну зйомку, то нині їх нараховується вже близько 300. Крім того, постійно розширюється спектр, в якому відображається планета, збільшується розрізнявальна здатність, поліпшується якість отримуваних зображень.

Не менш важливим є й те, що впродовж останнього часу космічні знімки стали значно доступнішими для споживачів такої продукції: коли в 1985 році використання цієї інформації було комерціалізовано, ціни на неї були дуже високими, а для українських науковців – фактично, недозволеною розкішшю. Нині знімки середньої розрізненості з деяких супутників (наприклад, супутника «Sentinel», нещодавно запущеного Європейським космічним агентством) безкоштовні для наукових досліджень. Якщо ж дослідження має довготривалий ретроспективний характер, то вчені найчастіше користуються базою даних, отриманих у межах американської програми Landsat [2].

## **2.2. Вибір та формування вихідних даних. Опис інформаційних та програмних ресурсів**

У дипломному проекті розглядається питання дослідження місць вирубок лісових масивів на території Ужгородського району за допомогою даних дистанційного зондування.

Вихідними даними проекту є:

1. Супутникові знімки високої роздільної здатності (супутник Sentinel-2)
2. Програмні ресурси Erdas Imagine та QGIS.

Геопортали:

[\\_http://earthexplorer.usgs.gov](http://earthexplorer.usgs.gov) [12], <https://libra.developmentseed.org> [11], <https://eos.com/landviewer> [13].

За допомогою цих ресурсів користувачі зможуть отримати доступ до ресурсів єдиного банку геоінформаційних даних, а також здійснювати пошук по єдиному каталогу інформації дистанційного зондування Землі, розрахунок

координат і відстаней для вибраних об'єктів на фотокарті і формування замовлення на архівні матеріали.



Рис.2.4. Знімок космічного апарату Sentinel-2

Космічний апарат Sentinel-2 складається із двох однакових супутників — Sentinel-2A і Sentinel-2B. Дует цих супутників проходить однією орбітою, вони повернені на 180 градусів один від одного, що дає змогу знімати всю територію Землі кожні п'ять днів. Космічні апарати серії Sentinel відносяться до космічного сегменту програми “Copernicus”, яка займається моніторингом навколишнього середовища. Близнюки Sentinel знаходяться на орбіті протягом наступних кількох років для збору інформації про стан планети задля дотримання правил політики ЄС. Sentinel 2A та 2B займають центральне місце в роботі програми. Дані з них знаходять все ширше застосування, які варіюються від міського планування і контролю якості повітря до відстеження вирубки лісів та відступу льодовиків.

Оптичні камери на супутниках Sentinel-2 мають змогу розпізнати об'єкти розміром до 10 м. Прилади, що знімають у 13 спектральних каналах, будуть спостерігати цілий ряд властивостей різних об'єктів на Землі, що дозволить, приміром, розпізнати різні типи культур і зробити висновки про їх стан.

---

## Канали Sentinel-2

Канали Sentinel-2	Центральна довжина хвилі [мікрометри]	Роздільна здатність [метри]
Канал 1 - Узбережний аерозоль	0.443	60
Канал 2 - Синій	0.490	10
Канал 3 - Зелений	0.560	10
Канал 4 - Червоний	0.665	10
Канал 5 - Червоний край рослинності	0.705	20
Канал 6 - Червоний край рослинності	0.740	20
Канал 7 - Червоний край рослинності	0.783	20
Канал 8 - NIR	0.842	10
Канал 8A - Червоний край рослинності	0.865	20
Канал 9 - Водяна пара	0.945	60
Канал 10 - SWIR - Пір'їсті хмари	1.375	60
Канал 11 - SWIR	1.610	20
Канал 12 - SWIR	2.190	20

Супутникові зображення — збірна назва даних, яку отримують за допомогою космічних апаратів (КА) в різних діапазонів електромагнітного спектра, які візуалізуються потім за певним алгоритмом. Як правило, під поняттям супутникових зображень в широких масах розуміють оброблені дані дистанційного зондування Землі, представлені у вигляді візуальних зображень [9].

Вихідна інформація супутникових зображень являє собою зареєстроване певним видом сенсорів електромагнітне випромінювання. Таке випромінювання може мати як природний характер, так і відгук від штучного (антропогенного або іншого) походження.

Супутникові зображення Землі можуть використовуватися для самої різноманітної діяльності: оцінка ступеня дозрівання урожаю, оцінка забруднення поверхні певною речовиною, визначення меж поширеності якого небудь об'єкта або явища, визначення наявності корисних копалин на заданій території, в цілях військової розвідки і багато іншого.

Для отримання знімків було обрано інформаційний ресурс, що надає знімки супутника Sentinel-2 безкоштовно та у вільному доступі.

Сайт <http://earthexplorer.usgs.gov>. USGS — United States Geological Survey — американська науково-дослідна урядова організація, яка спеціалізується в таких науках, як біологія, географія, геологія та гідрогеологія.

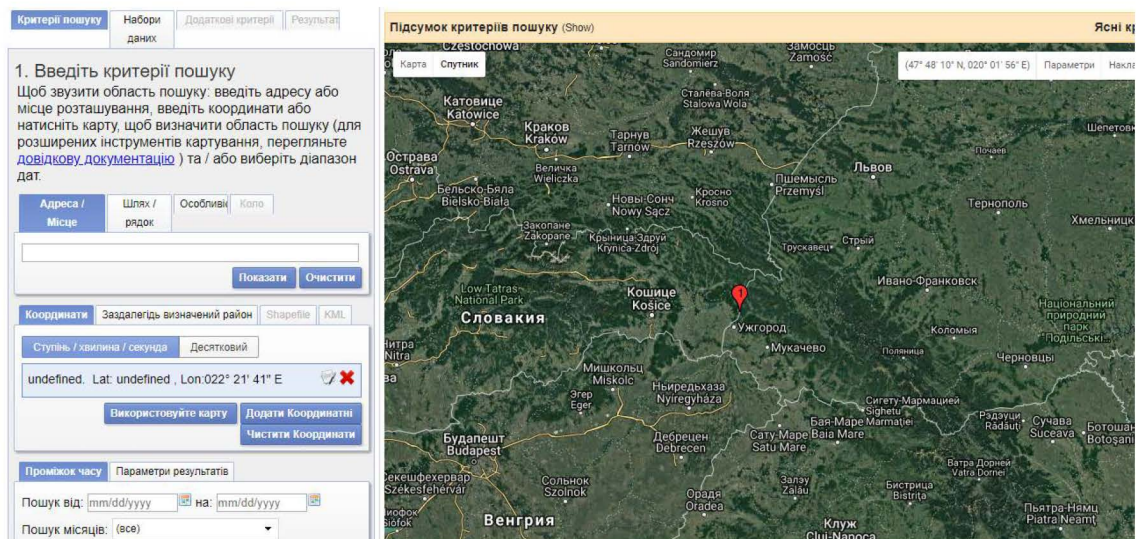


Рис. 2.5. Приклад інформаційного ресурсу

Через веб-інтерфейс EarthExplorer, можна шукати знімки за географічними назвами чи координатами, задавати певні часові рамки, вибирати супутники, день-ніч, рівень хмарності. Разом із прив'язкою результату прийде купа метаданих. Прив'язкою можна проглянути у прив'язці до території на карті. Для того, щоб скачати сирі знімки доведеться зареєструватися на

сайті. Знімки доступні у кількох форматах. Від досить легкого jpg до власне сирих tiff. Всі знімки йдуть з геоприв'язкою, тобто це дає змогу працювати з ними у будь-якій геоінформаційній системі.

Для пошуку знімків в лівій частині геопорталу знаходиться панель пошуку потрібної місцевості для вибору знімка, що є великою перевагою. Адже ми можемо шукати місцевість як і по карті, так і вбити в пошукову строку. Пошук можна здійснювати як по назві місця, так і по координатам.

Рис. 2.6. Пошукова панель

Також на цій панелі знаходиться пошук знімків за певний період часу на даній території. Після вибору часового періоду, переходимо на панель вибору супутників.

Рис. 2.7. Вибір супутників



Вибір знімку не займає великий проміжок часу, тому що присутня функція накладання знімку на карту і це дає можливість побачити всю картину повністю.

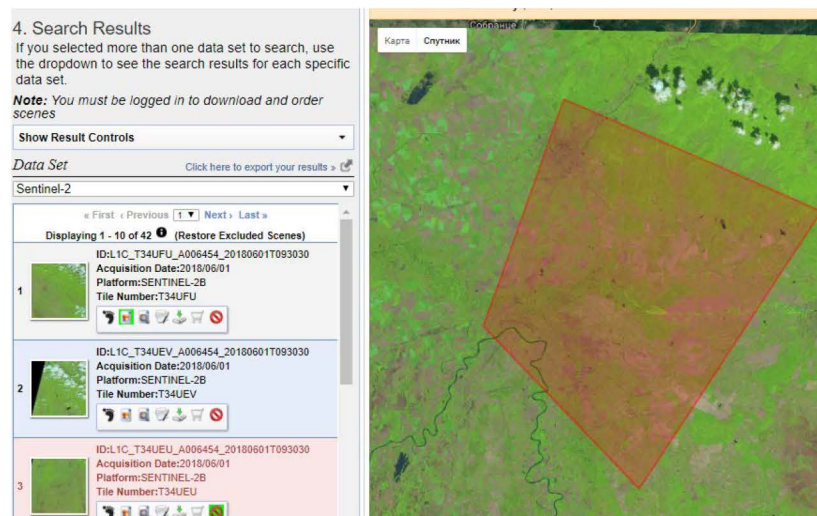


Рис.2.8. Накладання знімка на карту

Але вибір самого знімку доводиться проводити візуально, спостерігати за освітленістю знімка чи його прозорістю.

Також відсутнє сортування за датою. Скачування знімка не є важким завданням, адже можна обрати підходящий формат.

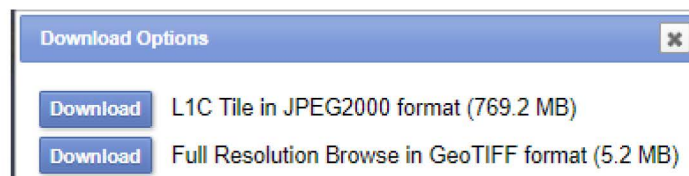


Рис.2.9. Скачування знімків

Основними недоліками геопорталу є відсутність скачування знімків без реєстрації та заплутаний інтерфейс.

Для обробки знімків використовується системне забезпечення Windows, тому що є найпоширенішою у даному регіоні та легкодоступною. Система надає змогу використовувати такі програми як Erdas Imagine та QGIS, які в повній мірі дають можливість для виконання даної дипломної роботи.

Першим програмним ресурсом Erdas Imagine, що являє собою продукт, в якому об'єднані дистанційне зондування, фотограмметрія та робота з

радарними даними. ERDAS IMAGINE - саме потужне програмне забезпечення для отримання інформації, що підтримує такі процеси обробки як:

- ортотрансформування знімків;
- конвертація даних;
- компресія і створення мозаїк;
- ландшафтне картографування і класифікація типів поверхності;
- формування і друк карт, створення звітів і GeoPDF документів;
- збір даних і оновлення по характерним ознакам;
- просторове моделювання (Spatial Modeler) і аналіз;
- формування баз даних рельєфу і їх аналіз.

ERDAS IMAGINE надає великий інструментарій, за допомогою якого легко аналізуються дані з практично будь-яких джерел. Ці дані можна представляти в самих різних видах, починаючи з роздрукованих карт і закінчуючи 3D моделями. Таким чином, ERDAS IMAGINE є комплексним рішенням, якого достатньо, щоб робити всю необхідну роботу з геопросторовими даними.

Другим програмним ресурсом є QGIS - це зручна географічна інформаційна система (ГІС) з відкритим кодом, що є безкоштовною. Вона працює на Linux, Unix, Mac OSX, Windows та Android, підтримує безліч растрових та векторних форматів, бази даних та має багаті можливості. Програма може створювати нові векторні документи, редагувати вже наявні, конвертувати їх в інші формати. Для аналогічних дій з растровими даними їх необхідно імпортувати в GRASS.

QGIS володіє широкими можливостями, зокрема:

1. Зміна і створення нових shape-файлів;
2. Експорт і імпорт даних GPX з GPS, можливість їх завантаження у пристрій GPS;
3. OpenStreetMap – нові можливості в області візуалізації і редагування файлів;

4. SPIN – плагін забезпечує роботу з шарами PostGIS: їх створення і подальша обробка;

5. Створення і подальше зберігання знімків екрану з використанням просторової прив'язки;

6. QGIS дозволяє одночасно поєднувати векторні і растрові зображення, проводити накладання одного на іншого.

Підтримуються наступні основні формати файлів: shp, dbf, shx, prj, qix, qprj, img cvs, osm, gpx, jpeg, png, tif.

Програма володіє приємним і зрозумілим візуальним інтерфейсом, за допомогою якого можна проводити дослідження просторових даних, створювати нові карти.

Одним з вагомих плюсів QGIS є його легка доступність і безкоштовне скачування [34].

## **Висновки до розділу 2**

Результати проведених досліджень свідчать про високу ефективність і доцільність застосування супутникових знімків Sentinel-2a для оцінки просторової структури лісових ресурсів Ужгородського району.

Підвищити ефективність управління ресурсами та вирішувати низку природоохоронних завдань можна за допомогою побудови карт розподілу лісових насаджень та опрацювання супутникових знімків, що покривають дану територію.

В другому розділі, проаналізовано використання методів дистанційного зондування для моніторингу лісів та порівняння програмних забезпечень і вихідних даних для подальшого дослідження.

## РОЗДІЛ 3. ПРОСТОРОВИЙ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ЛІСОВИХ МАСИВІВ УЖГОРОДСЬКОГО РАЙОНУ

### 3.1. Загальна характеристика досліджуваної території

Загальна площа Ужгородського району становить 870 км<sup>2</sup>. Для дослідження було обрано частину масиву державного підприємства «Ужгородське лісове господарство», що відноситься до категорії експлуатаційних лісів. Лісове господарство розташоване у західній частині Закарпатської області, в передгірній зоні. За комплексним лісгосподарським районуванням Західного регіону України територія лісгоспу входить до району Вулканічних Карпат та міжгірних улоговин з буковими і дубово-буковими передгірними лісами та до району Закарпатської низовини з лісостеповими дубовими лісами. На заході лісгосп межує зі словацьким лісгосподарським підприємством у Собранцях, а на півдні з угорською лісовою дирекцією в Ніредьгазі.



Рис. 3.1. Карта Закарпатської області

Площа земель лісового фонду, вкритих лісовою рослинністю, сягає **17,0 тис.га**. Характерним є те, що тільки **17%** площі лісового фонду відноситься до категорії експлуатаційних лісів. На цій площі річний розмір головного користування лісом **3,6 тис. куб. м**. На решті **83%** площі лісового

фонду рубки головного користування заборонені в зв'язку з віднесенням цих лісів до категорій захисних, рекреаційно-оздоровчих лісів та лісів природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення [35].

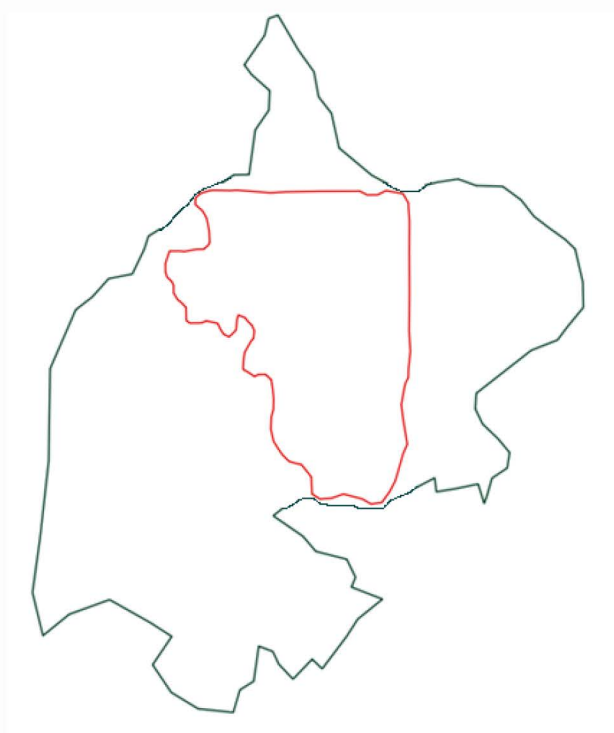


Рис 3.2. Межі Ужгородського району та досліджуваної території



Рис 3.3. Растрове представлення ЦМР SRTM

Для виконання практичної частини використовується знімок супутника SENTINEL-2A. Дані отримані з відкритого джерела даних у форматі JPEG2000 та включають в себе 9 знімків (1 знімок для 1 каналу) з різною просторовою роздільною здатністю (від 10 до 60м).

Після завантаження знімків до ПЗ "Erdas Imagine 2015" проводилося об'єднати знімків в один за допомогою функції "Layer Stack". В результаті було отримано один знімок з 4 каналами та просторовою роздільною здатністю 10 м. Радіометрична роздільна здатність складає 16 біт на піксель. Геометрична та радіометрична корекція не проводиться. Система координат знімка — WGS-84.

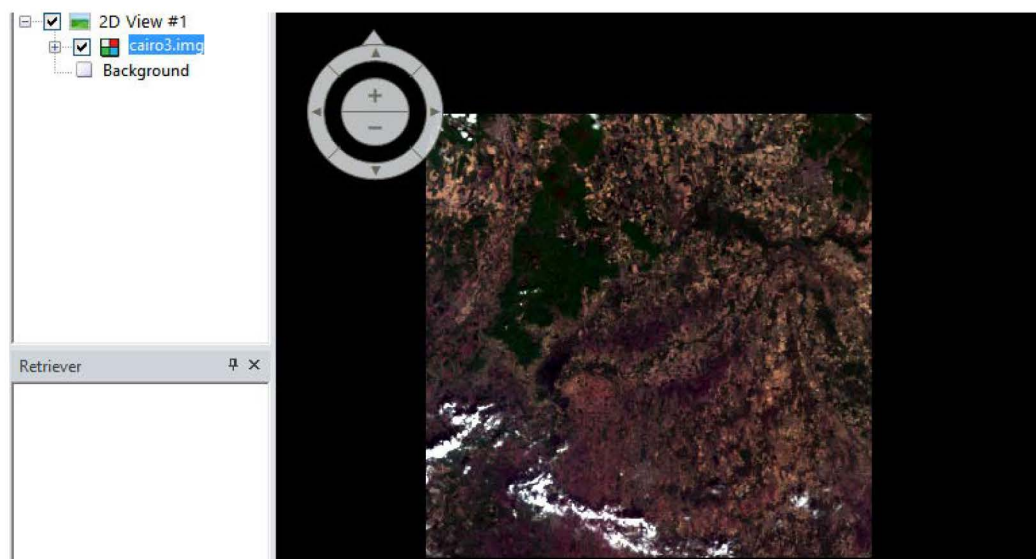


Рис 3.4. Результат об'єднання знімків в один

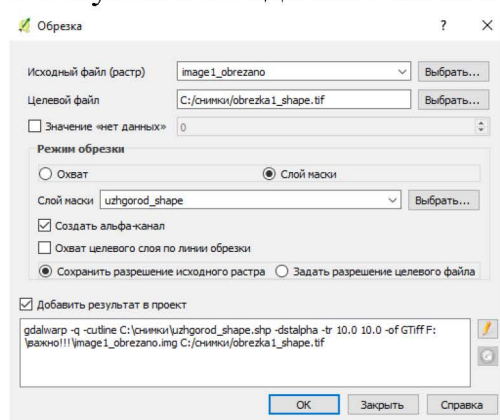


Рис. 3.5. Вирізання досліджуваної території за розмірами shape-файлу за допомогою програмного середовища QGIS

Ортотрансформування знімка не виконувалося, так як використовувався знімок рівня обробки 1С, тобто вже прив'язаний та трансформований. В якості відомостей про рельєф використовувались дані SRTM.

*Основні завдання оцінювання стану лісів засобами ДЗЗ.* Лісові масиви є складними динамічними природними системами, межі яких постійно змінюються. Крім того, ліс – джерело цінної промислової сировини. Зважаючи на високу трудомісткість отримання інформації про склад лісів та їх екологічний стан наземними методами, особливо на великих площах, важлива роль в оцінюванні стану лісів, їх картографуванні та проведенні екологічного моніторингу належить дистанційним методам досліджень. Експлуатація лісових ресурсів, зокрема вирубка лісів, проводиться не завжди санкціоновано та раціонально. Для контролю за промисловим використанням і відновленням лісів здійснюється оперативний космічний моніторинг [38].

### **3.2. Класифікація багатоспектральних космічних знімків**

Видовий склад лісової рослинності визначають засобами класифікації багатоспектральних космічних знімків з використання сучасних програмних засобів, зокрема програмного продукту Erdas Imagine, за методом класифікації з навчанням. При цьому вдається суттєво уточнити просторовий розподіл лісів за видовим складом у межах кварталів і виділів, визначених за картами та схемами лісовпорядкування. Для класифікації видового складу лісової рослинності найпридатнішими є багатоспектральні космічні знімки високого розрізнення КА Landsat, Ikonos, QuickBird (США), SPOT (Франція), IRS (Індія), Ресурс (Росія), Січ-2 (Україна), Sentinel-2 (Європейське космічне агенство). Ліси зазнають значних пошкоджень від різних шкідників (сосновий шовкопряд, коренева губка та ін.). Крім того, на них негативно впливають зміни гідрологічного режиму, забруднення ґрунтів і повітря різними токсикантами – важкими металами, вуглеводнями, радіонуклідами тощо. Ці чинники спричиняють значні економічні збитки. Їх вплив, особливо

внаслідок поширення шкідників, є значним та охоплює значні площі. Ступінь ураженості лісів коливається в широких межах: від початкового до важкого та повної загибелі лісу. Тому потрібний систематичний моніторинг за цими явищами, який без використання методів ДЗЗ практично неможливий [26].

Моніторинг лісів з використанням космічних систем передбачає :

- контроль за знищенням лісів;
- отримання і попередню обробку космічної інформації;
- отримання і нагромадження наземної задвіркової інформації;
- сумісну обробку космічної та наземної інформації із застосуванням ГІС-технологій та програмних продуктів типу Erdas Imagine;
- комп'ютерне моделювання в геосистемах для прогнозування, спрямування та інтенсивності проходження екологічних процесів;
- прийняття управлінських рішень та розроблення заходів щодо оптимальних умов природокористування.

Періодичність знімання під час моніторингу здійснюється залежно від завдань досліджень, від декількох років до кількох годин. Розподіл пікселів на класи здійснюється у спектральному просторі. Якщо піксель задовольняє певні умови, його приписують до класу, що відповідає заданому критерію. Труднощі класифікації пов'язані насамперед із мінливістю ознак: відбивна здатність змінюється залежно від часу доби, сезону тощо, тому правила класифікації для різних знімків можуть і не збігатися. Часто класифікація буває невизначеною та неточною, оскільки за значеннями спектральної яскравості пікселі можуть належати відразу до кількох класів, та й сам піксель растра може являти собою інтегровану характеристику об'єктів різних класів – це так звані змішані пікселі. Незважаючи на це, у процесі класифікації невизначеність ігнорується, і кожний піксель зараховується до одного із класів [22].

Відповідно до теорії розпізнавання об'єктів, простір ознак для класифікації потрібно поділити на замкнені ділянки, кожна з яких містить значення ознак, характерних для одного з класів об'єктів, і зарахувати



кожний піксель знімка до того класу, в ділянку якого потрапив його вектор ознак. Спосіб віднесення пікселів знімка до класів об'єктів визначає так зване вирішальне правило – правило класифікації, реалізацію якого забезпечує відповідний комп'ютерний алгоритм. Правило класифікації формується на основі ознак типових об'єктів, належність яких до певного класу відома (наприклад, ознаки еталонних об'єктів на тестових ділянках). Алгоритми комп'ютерного аналізу, які реалізують різні правила класифікації, поділяють на два типи: алгоритми контрольованої і неконтрольованої класифікації.

*Виконання класифікації.* Вихідними матеріалами для класифікації лісів Закарпатської області поблизу м. Ужгород слугували космічні знімки, отримані оптико-електронними знімальними системами із супутників Sentinel-2 (квітень 2016 р. – весняний знімок) та Sentinel-2 (квітень 2018 р. – весняний знімок).

Розрізнявальна здатність системи становить від 10 до 60 м у видимій, ближній інфрачервоній (VNIR) і короткохвильовій інфрачервоній (SWIR) зонах спектра, що містить у собі 13 спектральних каналів.



Рис. 3.6. Знімок на територію робіт за квітень 2016 р. у відтінках червоного кольору



Рис. 3.7. Знімок на територію робіт за квітень 2018 р. у близьких до натуральних кольорах

*Неконтрольована класифікація.* Концепція неконтрольованої класифікації полягає в тому, щоб автоматично розділити зображення на спектральні класи, що відповідають природнім групам об'єктів в даних.

Неконтрольована процедура класифікації зображення:

- Класифікація зображення.
- Виявлення кластерів.
- Оцінка точності.

Як правило, для процесу класифікації використовуються два або більше каналів. Робота з більш ніж з одним каналом розширює можливості для унікальної ідентифікації інформаційних класів.

Для виконання класифікації лісових об'єктів використано програмне середовище ERDAS Imagine 2015. Важливим елементом неконтрольованої класифікації є вибір класів. У початковій стадії досліджень задано : кількість класів – 15; кількість ітерацій – 25; критерієм переходу на наступну ітерацію слугує відсоток пікселів, які не змінили свого класу, ітерація вважається завершеною, якщо 95% пікселів належать до заданого класу.

Алгоритми некерованої класифікації (їх часто називають алгоритмами кластеризації) застосовують за відсутності апріорної інформації про об'єкт зйомки.

Кластеризація зображення за алгоритмом ISODATA ґрунтується на різниці між середніми значеннями кластерів (мінімальній спектральній відстані між центрами класів).

Метод K-means є подібним до методу ISODATA. Головна відмінність алгоритмів ISODATA і K-means полягає в тому, що на стадії ініціалізації алгоритму ISODATA відбувається розподіл пікселів, тоді як для алгоритму K-means відбувається розподіл значень математичних очікувань.

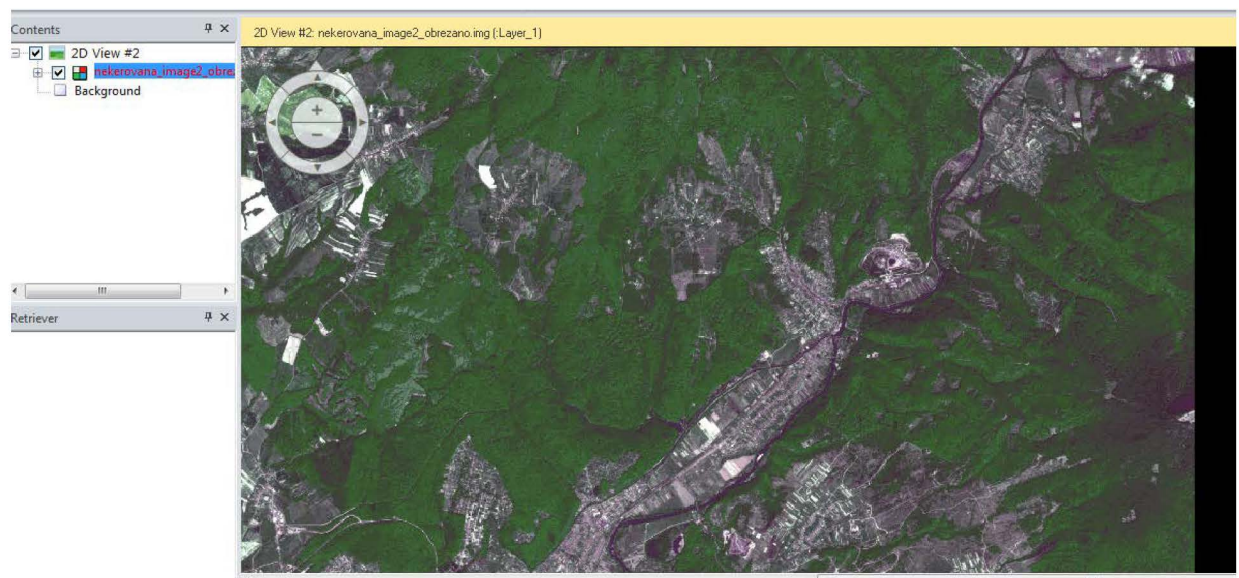


Рис. 3.8. Знімок із виконаною некерованою класифікацією

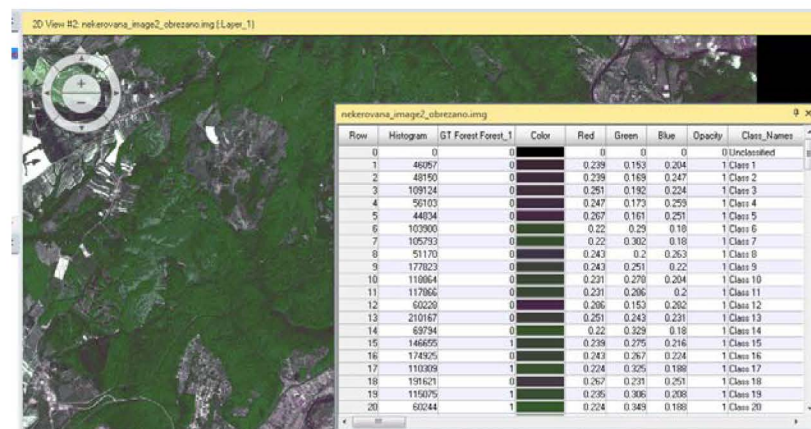


Рис. 3.9. Знімок та атрибути растра

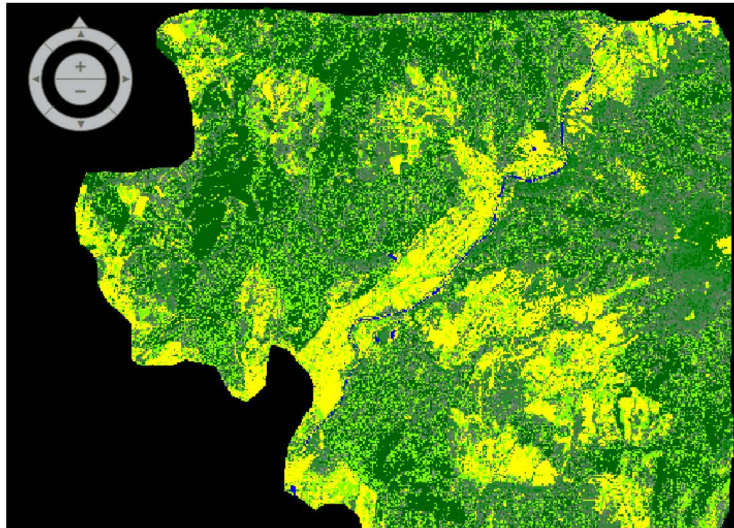


Рис. 3.10. Результати некерованої класифікації для знімку за квітень 2016 року, розфарбованої у неправдиві кольори (20 класів, 25 ітерацій)

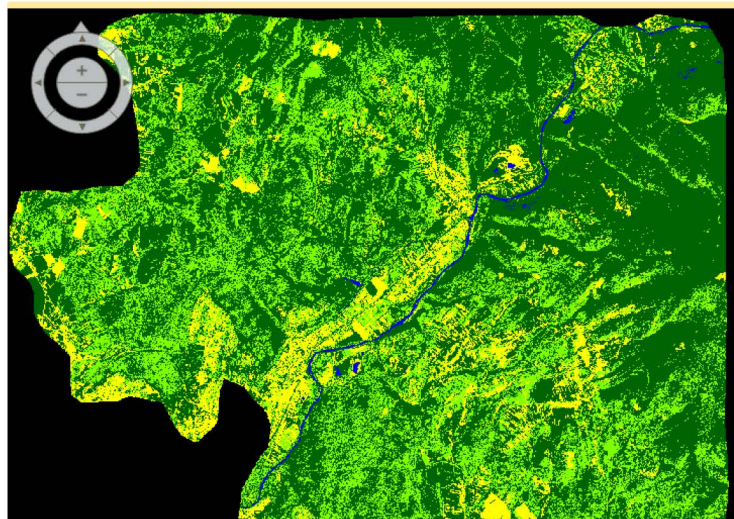


Рис. 3.11. Результати некерованої класифікації для знімку за квітень 2018 року, розфарбованої у неправдиві кольори (20 класів, 25 ітерацій)

*Контрольована класифікація.* Концепція контрольованої класифікації полягає в використанні зразків, які точно ідентифіковано (тобто призначити пікселі до інформаційних класів), алгоритм класифікує пікселі, що ще не ідентифіковані.

Для виконання класифікації лісових об'єктів використано програмне середовище ERDAS Imagine 2015. Важливим елементом неконтрольованої класифікації є вибір класів.

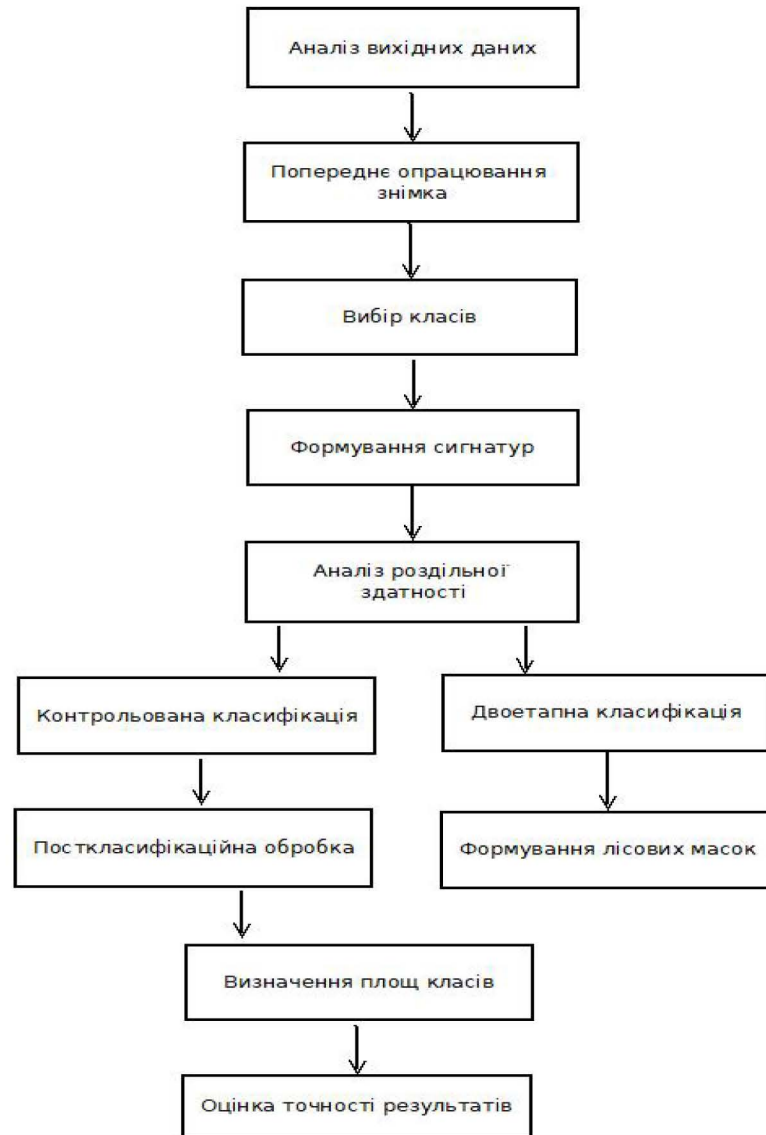


Рис. 3.12. Технологічна схема контрольованої класифікації та визначення площ класів

У початковій стадії досліджень задано : кількість класів – 20; кількість ітерацій – 25; критерієм переходу на наступну ітерацію слугує відсоток пікселів, які не змінили свого класу, ітерація вважається завершеною, якщо 95% пікселів належать до заданого класу.

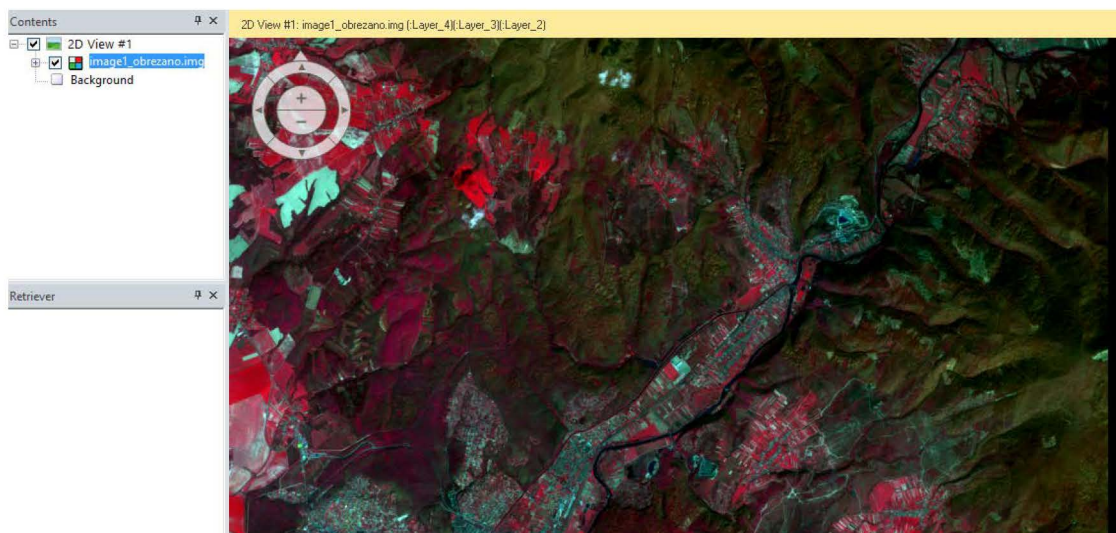


Рис. 3.13. Вихідний знімок

Класифікацію за правилом максимальної правдоподібності виконують за таким алгоритмом:

$$D = \ln(a_m) - [0,5 \ln(|COV_m|)] - [0,5(X - M_m)^T (COV_m^{-1})(X - M_m)],$$

де  $D$  – вагова відстань (вірогідність);  $a_m$  – відсоток вірогідності належності класифікованого пікселя до класу  $m$  (дорівнює 1,0 або вводиться на основі апріорних даних);  $|COV_m|$  – детермінант матриці  $COV_m$ .

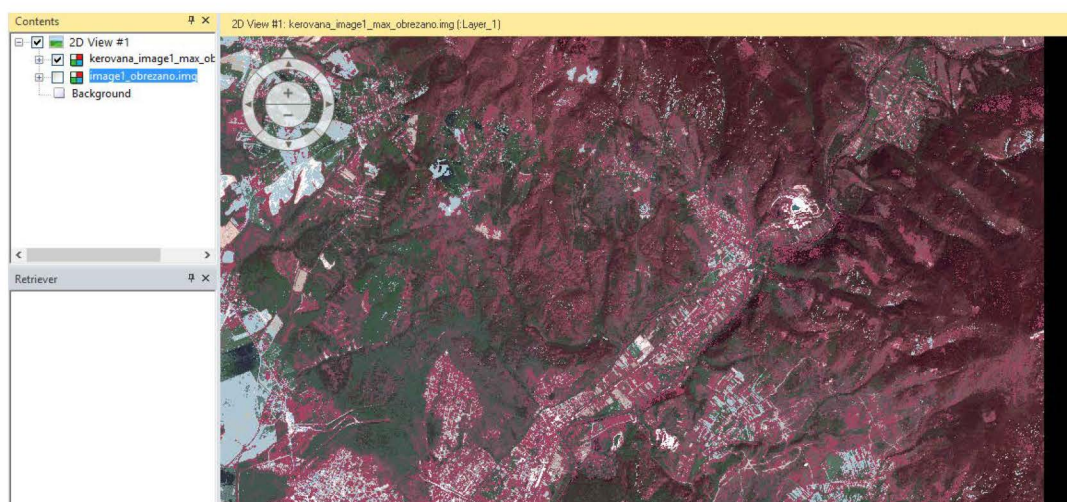


Рис. 3.14. Знімок із виконаною контрольованою класифікацією методом максимальної правдоподібності

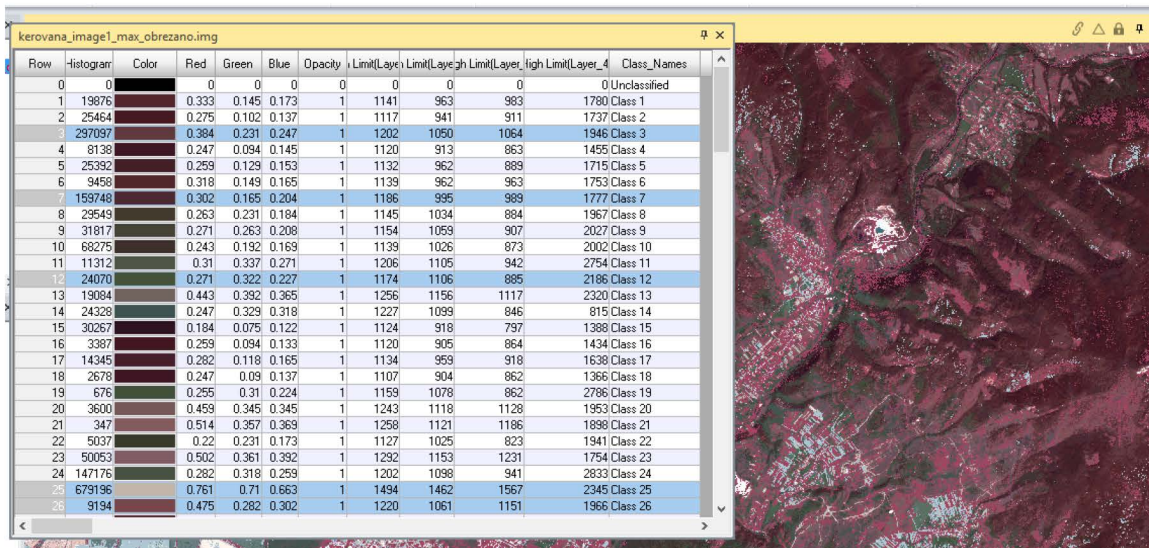


Рис.3.15. Знімок та атрибути растра методом мінімальних спотворень

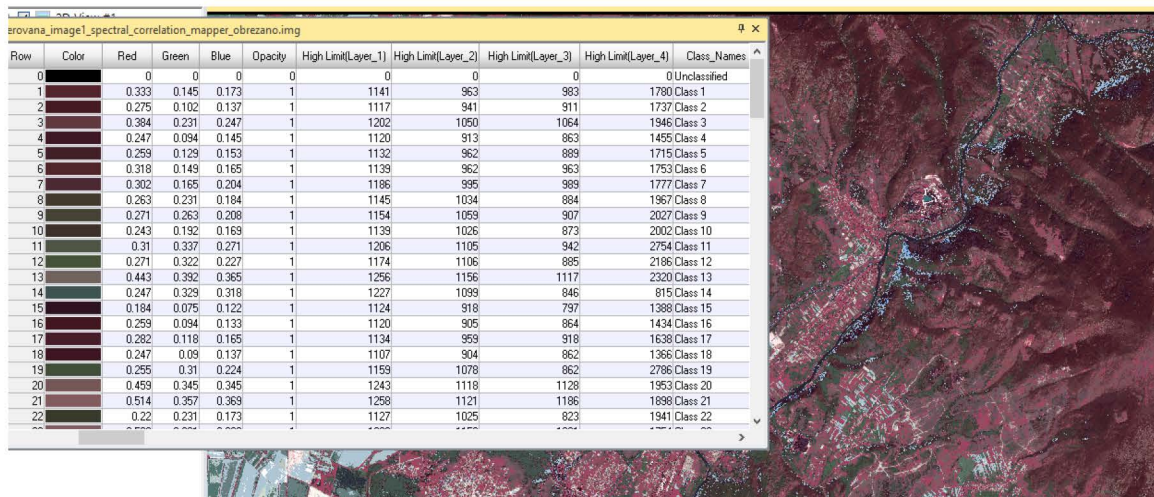


Рис. 3.16. Знімок із виконаною контрольованою класифікацією методом спектрального кута

### 3.3. Розрахунок вегетаційних індексів

Для установлення функціональних зв'язків між вегетаційними характеристиками рослин, які знаходяться в стресових умовах, і спектральними параметрами цих рослин доцільно вживати так звані *спектральні вегетаційні індекси*, які являють собою суму, різницю або відношення спектральних параметрів, визначених на певних аналітичних довжинах хвиль.

Для оцінювання відбивання рослинних покривів та ґрунту під час дистанційного зондування використовують вегетаційні індекси, в основу яких покладені спектральні ділянки з серії *MSS* і *TM*.

Відбивальні властивості рослинного покриву залежать від геометрії покриву (площі та орієнтації листя, кількості листяних шарів), типу рослин, які утворюють покрив. Крім того, значно впливають метеорологічні та кліматичні умови, висота стояння Сонця, наявність хмар, пилу, аерозолів та забруднень в атмосфері, тип та спектральні властивості ґрунту, агрохімічна обробка полів.

NDVI - Нормалізований різницевий вегетаційний індекс. Формула розрахунку:  $NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$ . NDVI - це єдиний набір даних всіх каналів, який показує більш яскраві області, де розміщена зелена рослинність.

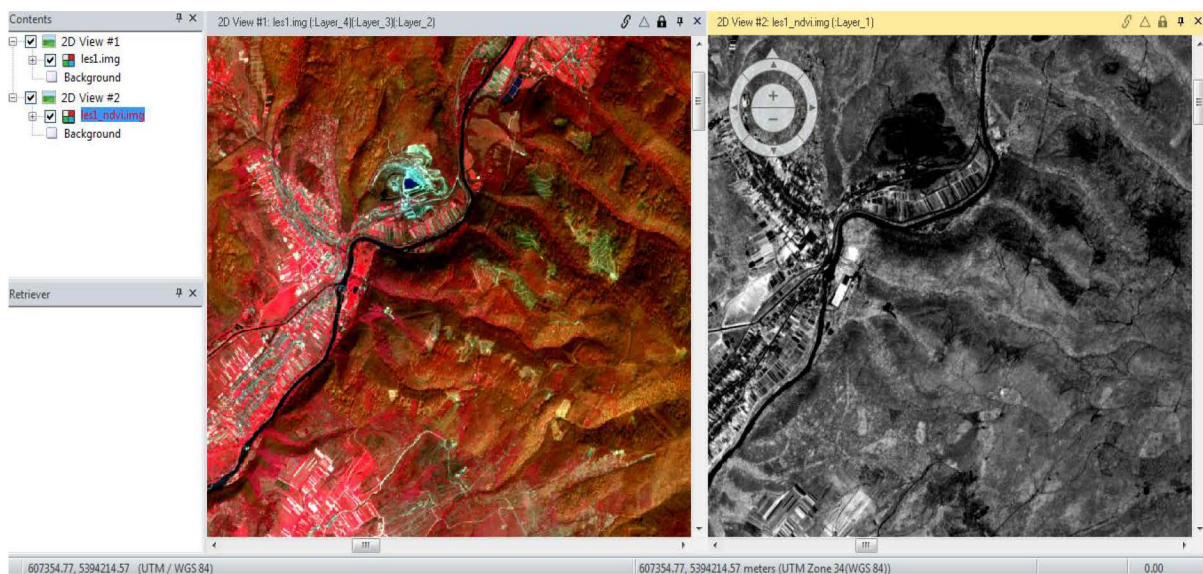


Рис. 3.17. Порівняння вихідного зображення та автоматично розрахованого NDVI для знімку за квітень 2016 року

*Розрахунок індексу NDVI вручну з використанням таблиць Excel.* Використання моделей для розрахунку вегетаційних індексів обмежена наявністю моделей в конкретному програмному забезпеченні. Крім того, отримана тематична карта не несе інформації, яку можна використовувати для визначення типів або стану об'єктів рослинності. Найбільш простий метод розрахунку полягає в тому, що вимірюються значення спектра



відбиття в червоному і ближньому інфрачервоному каналах, і розраховується їх співвідношення.

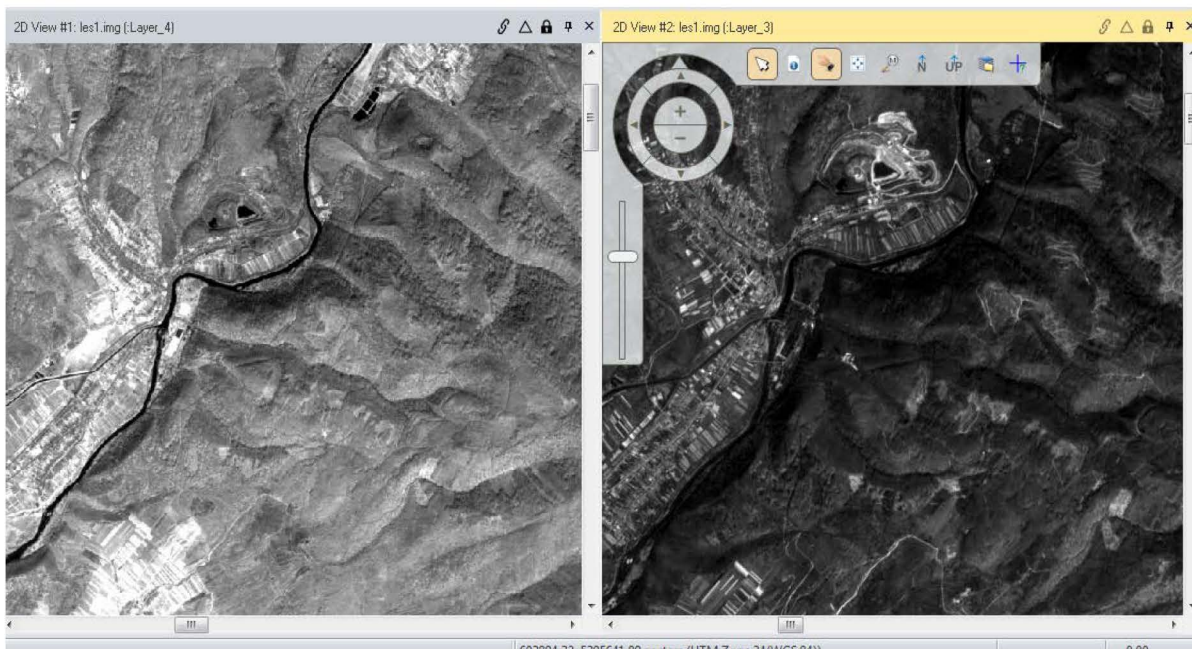


Рис. 3.18. Відображення червоного та ближнього інфрачервоного каналів знімка за 2016 рік у двох в'юерах

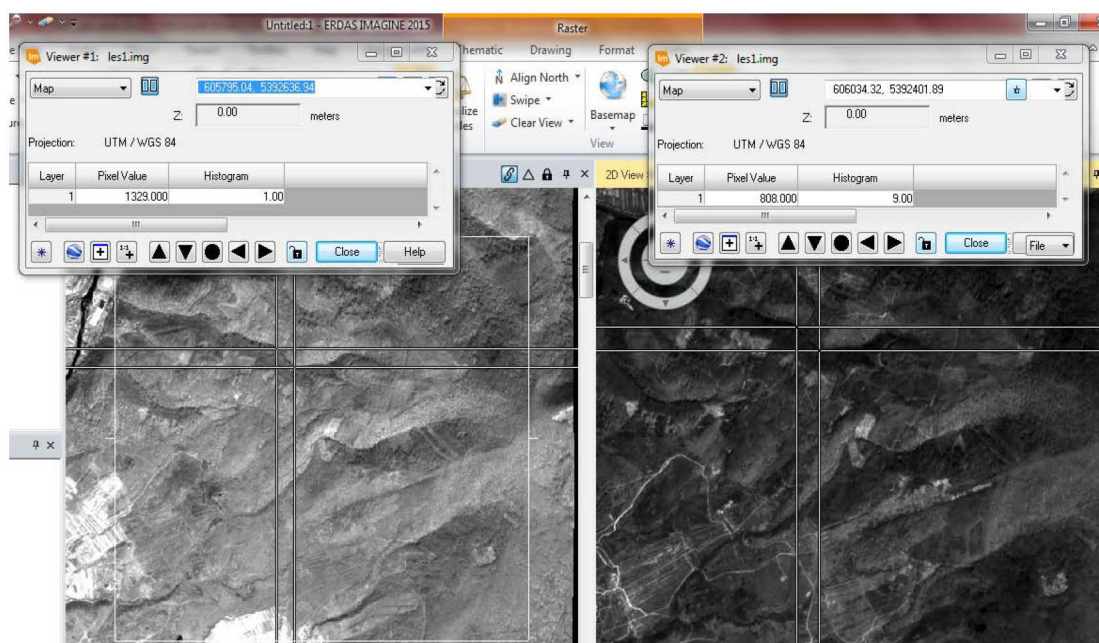


Рис.3.19. Зв'язані в'ювери та визначення окремих значень пікселів  
Індекс NDVI розраховується наступним чином:

$$\text{Red} = 1329, \text{NIR} = 808$$

$$\text{NDVI} = \frac{808 - 1329}{808 + 1329} = -0,243799719$$

Таблиця 3.1

Розраховані значення NDVI для першого знімку

	NIR	Red	Значення
NDVI1	1329	808	0,243799719
NDVI2	976	881	0,051157781
NDVI3	983	976	0,003573252
NDVI4	1082	829	0,132391418
NDVI5	1546	1085	0,175218548
NDVI6	1797	873	0,346067416
NDVI7	1821	948	0,315276273
NDVI8	1605	837	0,314496314
NDVI9	1659	855	0,319809069
NDVI10	1738	822	0,3578125

Здорова рослинність поглинає більшу частину видимого світла і відбиває зелений і більшу частину ближнього інфрачервоного спектра. Нездорова рослинність відбиває більше видимий спектр і менше ближній інфрачервоний спектр.



Рис. 3.20. Порівняння вихідного зображення та автоматично розрахованого NDVI для знімку за квітень 2018 року

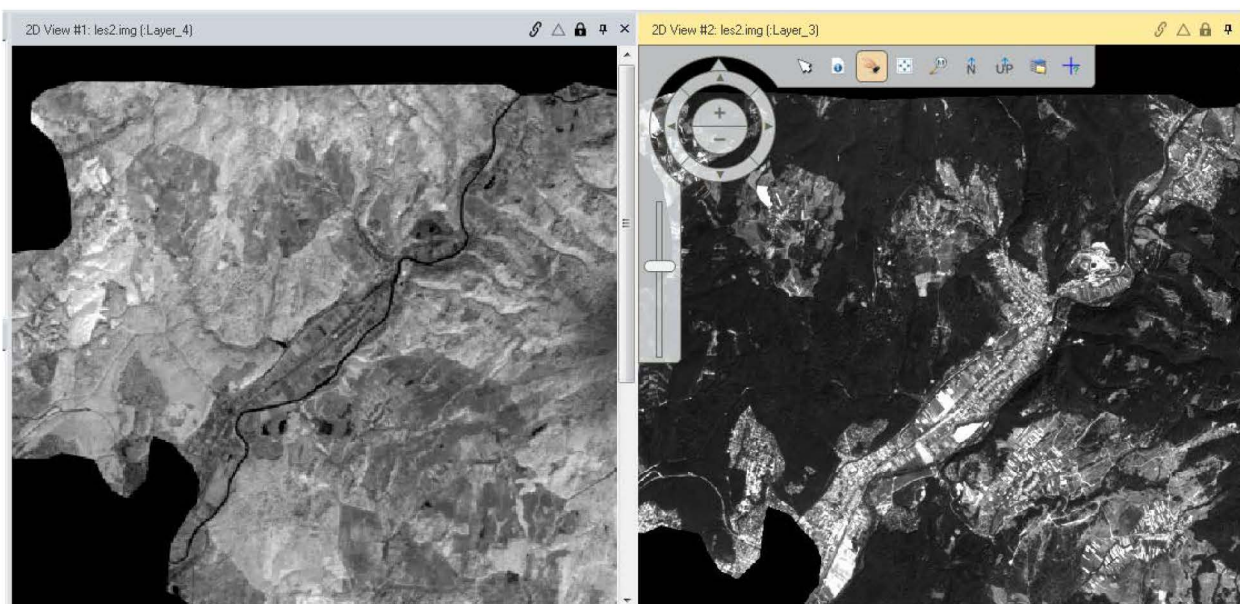


Рис. 3.21. Відображення червоного та ближнього інфрачервоного каналів знімка за 2018 рік у двох в'юверах

Таблиця 3.2

Розраховані значення NDVI для другого знімку

	NIR	Red	Значення
NDVI1	3074	605	0,671106
NDVI2	2943	876	0,541241
NDVI3	2830	768	0,573096
NDVI4	3355	768	0,627456
NDVI5	2943	525	0,697232
NDVI6	2680	524	0,672909
NDVI7	3952	548	0,756444
NDVI8	2925	522	0,697128
NDVI9	3519	534	0,736491
NDVI10	3247	528	0,720265

### 3.4. Пошук змін на різночасових знімках

При вивченні та картографуванні змін у природі, для завдань моніторингу часто важливим є створення карт динаміки. В основі їх створення може лежати співставлення різночасових космічних знімків, що

фіксують стан досліджуваного об'єкту на різні дати, тобто створення різницевого зображень.

Формування різницевого зображення проводилося автоматично в модулі DeltaCue Erdas Imagine, шляхом застосування формули послідовно до усіх відповідних пікселів попарно в кожному зі спектральному каналів:

$d' = S_1 * DN_2 - S_2 * DN_1$ , де  $DN_1$  та  $DN_2$  – значення пікселів у відповідних спектральних каналах знімка №1 та №2,  $S_1$  та  $S_2$  – середні арифметичні величини DN в кожному зі спектральних класів.

При Знімку № 1 раніше Знімку № 2,  $d' < 0$  – коефіцієнт спектрального відбиття ділянки зменшився (потемнішав), а  $d' > 0$  вказує на збільшення яскравості (світліше). Чим більше величина  $d'$  по модулю, тим більше зміни, що відбулися на ділянці і навпаки.

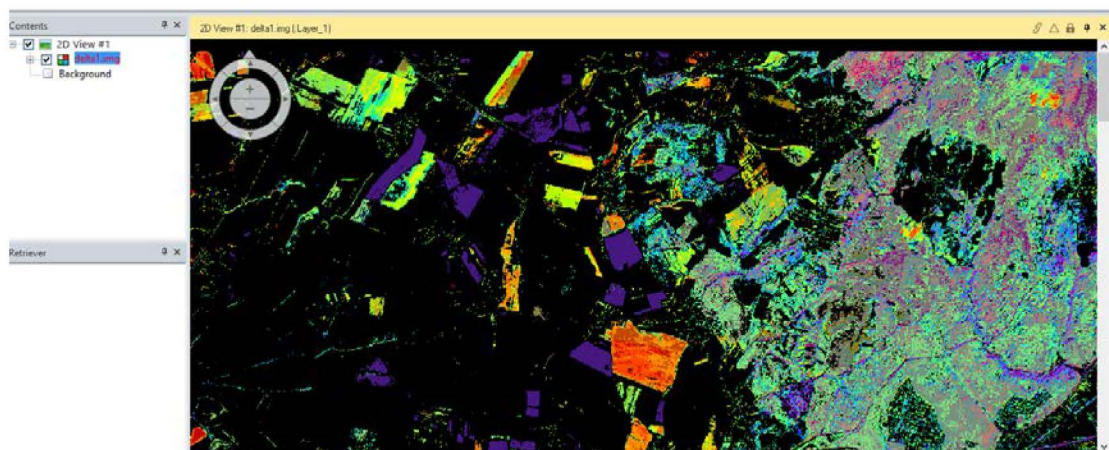


Рис.3.22. Відображення різночасових змін із застосуванням модуля Wizard Mode

Знімки, що співставляються повинні бути геометрично та спектрально ідентичними. Для досягнення кращих результатів в модулі DeltaCue застосовуються функції, що дозволяють здійснювати нормалізацію зображень.

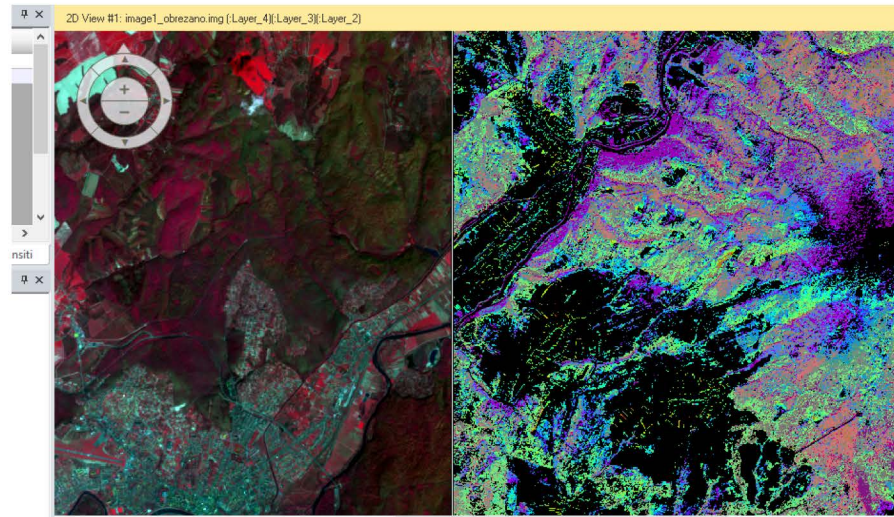


Рис.3.23. Порівняння результату з вихідним зображенням

*Розрахунок площ рубок лісових масивів.*

Технології дистанційного зондування Землі є невід’ємною частиною досліджень стану лісового покриву. Отриману інформацію широко застосовують для завдань картографування лісів, проведення вибіркового статистичних досліджень, виведення оцінок площі та інших детальних біофізичних параметрів.

Першим пунктом для дешифрування показників лісових насаджень є створення «лісової маски», яку отримують внаслідок відокремлення вкритих і неvkритих лісовою рослинністю ділянок. Це питання вирішується за допомогою застосування мультиспектральних супутникових знімків, а також глобальних наборів геопросторових даних про ліси.

Недоліком подібних карт лісового покриву є неузгодженість між поняттями «зімкнутості деревостанів» та визначенням «ліс». Так як під час класифікації до нього висуваються чіткі вимоги стосовно мінімальної площі і зімкнутості. Дані з високою просторовою здатністю (30-60 м) забезпечують необхідні результати картографування лісового покриву та оцінки його площі в умовах України.



Рис. 3.24. Виявлення нових вирубок лісів за допомогою дослідження різночасових знімків

Щоб одержати опорну інформацію про площу лісового покриття, було створено лісову маску на основі класифікації та різночасових змін супутникового знімка Sentinel - 2a із додаванням нового векторного шару та дешифрування полігонів.



Рис. 3.25. Дешифрування лісових масивів

Площа полігонів розраховується автоматично на основі виміряного периметру. Для подальших досліджень та висновків необхідно відкрити атрибутивну таблицю новоствореного shape – файлу.

Record	AREA	PERIMETER	ID
1	177357.527	2254.894	1
2	18867.461	821.618	2
3	77271.916	1290.527	3
4	22057.361	583.573	4
5	21700.175	671.497	6
6	45251.890	985.533	7
7	22242.339	674.484	8
8	128990.563	2042.206	9
9	415168.321	3894.870	10
10	205833.133	2160.207	11
11	163686.154	2241.098	12
12	60059.189	1142.599	13
13	43131.388	888.001	14
14	47109.625	1047.495	15
15	91377.651	2138.388	16
16	42420.989	972.881	17
17	54731.194	1188.503	18
18	20358.015	645.456	19
19	74175.838	1352.194	20

Рис. 3.26. Атрибутивна таблиця векторного шару лісової маски  
Сума площ полігонів вирубок становить 18,7 га.

### Висновки до розділу 3

Розроблену методику може бути рекомендовано для проведення оперативних повномасштабних досліджень та моніторингу стану наземних екосистем. Сумісне використання інформації дистанційного багатоспектрального зондування Землі із космосу та геоінформаційних систем забезпечує збільшення достовірності оцінки стану лісів України.

В третьому розділі був виконаний процес розпізнавання лісової рослинності за методами класифікації багатоспектральних космічних знімків, розраховано індекс рослинності NDVI, пошук та визначення різночасових змін на космічних знімках з відмінністю у два роки та розраховано площу зон вирубок лісів.

Обґрунтувавши все перераховане можна зробити висновок, що поставлена мета дипломної роботи була досягнута і поставлені задачі вирішені.

## РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Основними принципами охорони праці, відповідно до законів та нормативно-правової бази по охороні праці є:

- пріоритет життя і здоров'я працівників відповідно до результатів виробничої діяльності підприємства, повна відповідальність керівника за створення нешкідливих умов праці;
- соціальний захист працівників;
- повне відшкодування збитків, у тому числі і моральних, особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві й професійних захворювань;
- встановлення єдиних нормативів з охорони праці для усіх підприємств, незалежно від форм власності і видів їх діяльності;
- навчання населення, професійна підготовка і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці;
- участь держави у фінансуванні заходів з охорони праці, використання світового досвіду організації роботи щодо поліпшення умов і безпеки праці.

Робота з ГІС передбачена в офісних приміщеннях з використанням ЕОМ. Характерними особливостями є: невелика площа приміщень, система кондиціонування повітря для відводу теплоти від ЕОМ, наявність електромережі живлення обчислювальної техніки та зовнішніх пристроїв. Враховуючи вище написане, можна виділити шкідливі (таблиця 4.1) та небезпечні фактори (табл. 4.2), які можуть виникнути в промисловому процесі.



Повітря в приміщеннях з обчислювальною технікою насичений позитивно зарядженими іонами кисню, що призводить до погіршення здоров'я, гіпоксії, підвищення ймовірності серцево-судинних захворювань.

Таблиця 4.1.

## Шкідливі фактори

№ з/п	Шкідливий фактор	Характеристика фактору	Джерело	Нормативні документи
1	Несприятливий мікроклімат приміщення	Невідповідність температури допустимому діапазону температур ( $t=18-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), недостатня вентиляція та освітлення, невідповідна вологість	Тепловиділяюча апаратура	ДСТУ 12.1.005 – 88
2	Випромінювання ЕОМ в оптичному діапазоні	Інтенсивність та частота випромінювання	ЕОМ	ДСТУ 12.1.003-74
3	Електромагнітне поле	Напруженість поля $100\text{ Вт/м}^2$	ЕОМ	ДСТУ 12.1.002
4	Іонізуюче випромінювання	Рівень альфа-, бета частинок, гама випромінювання, рентгенівське випромінювання 5 бер/рік 1 група, категорія А	ЕОМ	НРБ – 76/87
5	Недостатня освітленість	Природне бокове освітлення (2%), комбіноване (1.5%), штучне освітлення $E_n=500$ (лк)	Освітлювальні пристрої	БНІП II.4 – 79
6	Промисловий шум	Невідповідність нормам частот, рівня звукового тиску, сили звуку ( $\leq 50$ дБА).	Зовнішні пристрої	ДСТУ 27818

Таблиця 4.2

## Небезпечні фактори

№ з/п	Небезпечний фактор	Характеристика фактору	Нормативні документи
1	Ураження електричним струмом	Напруга (220 V), Сила струму (0.6 A), Частота(50(60) Гц)	ДСТУ 12.1.038 – 82
		Напруга (100-240 V), Потужність (85 W), Частота (50(60) Гц)	

		Напруга (220 V), Сила струму (0.3 A), Частота (50(60) Гц)	
2	Загорання обладнання	Підвищення температури	ДСТУ 12.1.033 – 81

Для підтримання допустимих значень мікроклімату необхідно передбачити прилади для зволоження і/або штучної іонізації, кондиціонування повітря.

Перед початком роботи необхідно:

- організувати робоче місце;
- очистити комп'ютер від пилу та інших забруднень;
- відрегулювати освітленість на робочому місці, упевнитись в відсутності відбиття на екрані;
- увімкнути комп'ютер.

Після закінчення роботи необхідно:

- вимкнути живлення ПК у порядку, який встановлений Інструкцією користувача ЕОМ, від'єднати шнури електроживлення та кабелів від електромережі;
- вимкнути вилку силового кабелю з розетки;
- прибрати робоче місце.

Організація робочого місця передбачає правильне планування, оснащення і розстановку обладнання. Інструменти і пристосування, які застосовуються в процесі робіт, повинні виключати травматизм і бути зручними.

Робоче місце користувачів комп'ютерів складається зі стола, крісла і підніжки, які створюють можливість збереження раціональної робочої пози протягом робочого дня (рис. 4.1).

В даний час вже готуються робочі місця цільового призначення для користувачів (рис. 4.2).

Конструкція робочого столу має відповідати сучасним вимогам

ергономіки і забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання (дисплея, клавіатури, принтера) і доку-ментів. Висота робочої поверхні робочого столу з дисплеєм має регулюватися у межах 680 — 800 мм, а ширина і глибина - забезпечувати можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля (рекомендовані розміри: 600 — 1000 мм, глибина — 800 — 1000 мм).

Робочий стіл повинен мати простір для ніг заввишки не менше ніж 600 мм, завширшки не менше ніж 500 мм, завглибшки (на рівні колін) не менше ніж 450 мм, для протягнутої ноги — не менше ніж 650 мм.

Робочий стілець має бути підйомно-поворотним, регульованим за висотою, кутом і нахилом сидіння та спинки і за відстанню від спинки до переднього краю стільця; поверхня сидіння має бути плоскою, передній край — заокругленим. Регулювання кожного із параметрів має здійснюватися незалежно, легко і надійно фіксуватися.

Неувага до робочого крісла або економія на ньому приречуть користувачів комп'ютерів на деформацію хребта та негативну дію на нервові шляхи, на больові відчуття в поперековій ділянці, дискомфорт і нерідко на знижену працездатність. При цьому слід використовувати крісла, які обертаються і які можуть змінювати свою висоту.



Рис 4.1. Робочий стіл

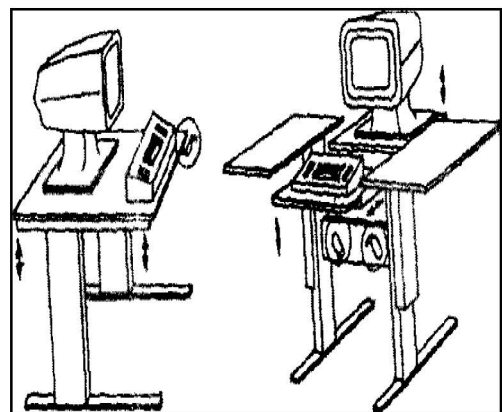


Рис. 4.2. Робочий стіл спеціального виготовлення

## ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано основні теоретичні та методичні підходи щодо системи моніторингу лісового покриву. Досліджено особливості використання лісо вкритих територій на основі аналізу нормативно-правових документів. Визначено, що дотримання законів забезпечує ведення оперативного та правомірного моніторингу лісів на локальному та регіональному рівнях.

2. Застосовано методи геоінформаційного аналізу та статистичну інформацію для дослідження загального стану лісового потенціалу України та Закарпатської області.

3. Проведено детальний аналіз методів дистанційного зондування Землі та геоінформаційних систем, що використовуються для моніторингу лісів. Встановлено, що запорукою успішного впровадження супутникових технологій у практику лісового господарства є саме оволодіння лісознавців сучасними методами обробки даних ДЗЗ.

4. Використано методи неконтрольованої та контрольованої класифікації знімків Sentinel-2 для дослідження стану та незаконних вирубок лісів. Проведення аналізу результатів геоінформаційного моніторингу лісових масивів Ужгородського району дозволяє використовувати результати обробки космічних знімків для розрахунку зміни площ лісових масивів та визначення типів лісів на регіональному рівні.

5. На основі застосування апарату вегетаційних індексів, а саме NDVI, для моніторингу використання лісового покриву було створено карту площі полігонів рубок Ужгородського району. На основі цієї карти було виявлено зміни за два роки і розраховано їх площу задля підвищення практичної цінності роботи, що полягає у ефективності управління процесами лісокористування за даній території.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування / За ред. В.І. Лялько та М.О. Попова. – К.: Наукова думка, 2006. – 360 с. 2. Бунтова О.Г.
2. Барладін О. Використання даних дистанційного зондування Землі для створення актуальних електронних ресурсів / О. Барладін, Л. Миколенко // Сучас. досягнення геодез. науки та вир-ва. - 2011. - Вип. 1. - С. 162-167. - Бібліогр.: 15 назв. - укр.[1]
3. Барталев С.А. Методы использования временных серий спутниковых изображений высокого пространственного разрешения для оценки масштабов и динамики вырубки таежных лесов [Электронный ресурс]/С.А. Барталев, Т.С. Курятникова, Х.Ю. Стибиг // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – М.: ИКИ РАН, 2004. – С. 217–227 – Режим доступа: [www.terranorte.iki.rssi.ru](http://www.terranorte.iki.rssi.ru).
4. Барталев С.С. Возможности региональной экологической оценки лесов по данным спутниковых наблюдений /С.С. Барталев, В.А. Малинников // Известия высших учебных заведений. Сер. Геодезия и аэрофотосъёмка. – 2006. – №6. – С.3–18.
5. *Бойко Я. М.* Механізм розвитку лісового господарства Закарпатської області: мо- ногр. / Я. М. Бойко, І. В. Орос. – Мукачево : Карпатська вежа, 2011. – 184 с.
6. Бурштинська Х., Бондар Р., Поліщук Б. Порівняльний аналіз методів класифікації лісів за матеріалами космічного знімання із супутника QUICKBIRD. УДК 528.8 НУ «Львівська політехніка».
7. Бурштинська Х.В., Станкевич С.А. – Львів. Видавництво Львівської політехніки, 2010. – С. 46–49.
8. Геопортал <http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest>
9. Геопортал [http://geoknigi.com/book\\_view.php?id=626](http://geoknigi.com/book_view.php?id=626)
10. Геопортал <http://gis-lab.info/>

11. Геопортал <http://journals.uran.ua/index.php/2409-3173/article/view/48564/44758>
12. Геопортал <https://earthexplorer.usgs.gov/>
13. Геопортал <https://eos.com/landviewer/>
14. Геопортал <https://uk.wikipedia.org/wiki>
15. Геопортал  
<https://www.globalforestwatch.org/dashboards/country/UKR/23/526?category=climate>
16. Геопортал:  
[http://www.tvvis.com.ua/index.php?option=com\\_content&view=article&id=79&Itemid=111](http://www.tvvis.com.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=79&Itemid=111).
17. Данилин И. М., Медведев Е. М., Мельников С. Р. Лазерная локация Земли и леса: Учеб. пособие.
18. Дешифрування (аерознімків) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://vseslova.com.ua/word>.
19. Дистанційне зондування землі [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.geoguide.com.ua/survey/survey.php?part=dzz>.
20. Дистанційне зондування Землі як науковий напрям: історія та значення в сучасному світі [Електронний ресурс]. – 1808. – Режим доступу до ресурсу:  
<http://www.nas.gov.ua/UA/Messages/news/Pages/View.aspx?MessageID=3392>.
21. Екологічний паспорт Закарпатської області. [Електронний ресурс]. – Департамент екології та природних ресурсів Закарпатської ОДА. – 2009. – Режим доступу : [http://ecozakarp.at.gov.ua/?page\\_id=308](http://ecozakarp.at.gov.ua/?page_id=308).
22. Застосування методу топографічної корекції даних багатозональних космоснімків для класифікації лісового покриву гірських територій / В.І. лялько, О.І. Сахацький, З.М. Шпортюк [таін.] // Космічна наука і технологія. – 2003. – № 2/3. – С. 94–98.
23. Кабінет Міністрів України; Постанова, Порядок від 04.09.2013 № 661. Про затвердження Порядку загальнодержавного топографічного і

тематичного картографування. Стан: Чинний, поточна редакція — Редакція від 17.03.2017, підстава 109-2017-п

24. Кронберг П. Дистанційне вивчення Землі: Основи і методи дистанційних досліджень в геології: Пер. з нім. – М.: Мир, 1988. – 343 с.

25. М.М. Касім, et al. "МОЖЛИВОСТІ ОБРОБКИ І ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ НА БАЗІ ГІС" Політ. Сучасні проблеми науки (2012): 156. Harvard. М.М. Касім, С.О. Ясенев, 2012

26. Манойлов В.П. Дистанційне зондування Землі із космосу: науково-технічні основи формування й обробки видової інформації: монографія / В.П. Манойлов, В.В. Омельчук, В.В. Опанюк. –Житомир: ЖДТУ, 2008. – 384 с.

27. Методика і перспективи створення автоматизованих технологій обробки матеріалів дистанційного зондування в цілях рішення задач природокористування [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [http://ukr-referats.blogspot.com/2013/04/blog-post\\_12.html](http://ukr-referats.blogspot.com/2013/04/blog-post_12.html).

28. Методичні вказівки для виконання практичних, розрахунково-графічної та самостійної робіт з навчальної дисципліни «Геоінформаційні системи в задачах моніторингу» (для студентів 1 курсу денної форми навчання спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій спеціалізації (освітньої програми) «Геоінформаційні системи і технології») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. І. С. Творошенко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 91 с

29. Моисеев В.Л., Попов М.А. Фотограмметрическая обработка и дешифрирование аэроснимков. Ч. II. – К.: КИВВС, 1992. – 336 с.

30. Н.А. Владимирова // Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении и лесном хозяйстве: Доклады IV Междунар. конф. (Москва, 17–19 апреля 2007 г.). – С. 94–97.

31. Основні положення організації і розвитку лісового господарства Закарпатського обласного управління лісового і мисливського господарства Закарпатської обл. – Івано-Франківськ : Фоліант, 2009.

32. Оцінка екологічного стану лісових насаджень в зоні відчуження ЧАЕС / О.Г. Бунтова, М.Д. Кучма,
33. *Поп С. С.* Природні ресурси Закарпаття. – 3-є вид., допов. / С. С. Поп. – Ужгород : Карпати, 2009. – 340 с.
34. Прасул Ю.І., Копанішина К.М. Дистанційне зондування Землі. Робота з аеро- та космознімками (матеріали до модуля 2). – Харків: Форт, 2009. – 51 с.
35. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Закарпатській області в 2009 році. [Електронний ресурс]. – Департамент екології та природних ресурсів Закарпатської ОДА. – 2009. – Режим доступу : [http://ecozakarpat.gov.ua/?page\\_id=308](http://ecozakarpat.gov.ua/?page_id=308).
36. Статистичний щорічник Закарпатської обл. за 2010 рік. Головне управління статистики в Закарпатській області. – Ужгород, 2011. – 560 с.
37. Структура системи дистанційного зондування [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://studfiles.net/preview/3741336/page:38/>.
38. Токорева О.С. Обработка и интерпретация данных дистанционного зондирования Земли: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 148 с.
39. Функциональная структура космического сегмента мониторинга лесов России /В.И. Сухих// Исследование Земли из космоса. – 2001.–№ 3. – С.2–19.