

Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Географічний факультет
Кафедра геодезії та картографії

На правах рукопису
УДК 332.3:528.8

**МОНІТОРИНГ СТАНУ ТА ВИКОРИСТАННЯ
ЗЕМЕЛЬ ЛІСОВОГО ФОНДУ**

Галузь знань 19 - “Архітектура та будівництво”
Спеціальність 193 - “Геодезія та землеустрій”
Освітня програма - “Землеустрій та кадастр”

Випускна кваліфікаційна робота магістра
студента другого курсу ОР “Магістр”

Асада Мішеля Марвановича

Науковий керівник

кандидат географічних наук, доцент

Підлісецька Ірина Олександрівна

Допущено до захисту:

Протокол засідання кафедри № ____ від “ ____ ” _____ 2021 року

Завідувач кафедри

проф. Даценко Л. М.

Київ - 2021

РЕФЕРАТ

В роботі розглянуті питання теоретичних та методичних основ дистанційного моніторингу земель лісового фонду.

На основі проведеного дослідження встановлено, що для отримання оперативної та достовірної інформації про стан лісових ресурсів, правомірність використання земель лісгосподарського призначення, виявлення виникнення надзвичайних ситуацій, а саме – осередків пожеж та теплових аномалій, визначення їх координат тощо, оптимальною технологією сьогодення є застосування методів дистанційного зондування.

Комплексна технологія дистанційного зондування ґрунтується на триступеневому підході: використання матеріалів глобального та регіонального супутникового знімання; локального аерофотознімання; детальних польових обстежень.

З метою автоматизації обробки масиву інформації дистанційного зондування, широке застосування отримали спеціалізовані програмні засоби, які вдало доповнені сучасними хмарними сервісами. Робота подібних ресурсів базується на обробці матеріалів мультизонального знімання високої розрізненості з акцентом уваги на даних відзнятих в діапазоні інфрачервоного випромінювання.

Отримані результати та висновки роботи базуються на практичних матеріалах вільного доступу.

Ключові слова: *моніторинг, землі лісового фонду, дистанційне зондування, оперативне картографування.*

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	2
ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ МОНІТОРИНГУ ЛІСІВ	7
1.1 Узагальнена характеристика лісів України	7
1.2. Основні принципи моніторингу лісів	12
1.3 Державна цільова екологічна програма проведення моніторингу навколишнього природного середовища	19
1.4 Методичні рекомендації з моніторингу тестових ділянок лісів ..	24
РОЗДІЛ 2 ЗАСОБИ ТА МЕТОДИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЛІСОВКРИТИХ ТЕРИТОРІЙ	31
2.1 Засоби дистанційного зондування лісів	31
2.2 Матеріали дистанційного знімання та їх інформативність	36
РОЗДІЛ 3 МЕТОДИ АНАЛІЗУ ТА ОБРОБКИ ФОТОМАТЕРІАЛІВ ПРИ ЛІСОВПОРЯДКУВАННІ	41
3.1 Методи та засоби дешифрування.....	41
3.2 Дешифрувальні ознаки об'єктів лісовпорядкування.....	44
3.3 Дешифрування лісів за аерокосмічними фотознімками	47
3.4 Програмні засоби обробки матеріалів ДЗЗ	56
РОЗДІЛ 4 ОСОБЛИВОСТІ ДИСТАНЦІЙНИХ МЕТОДІВ ВИВЧЕННЯ СТАНУ ТА ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ ЛІСОВОГО ФОНДУ	64
4.1 Оперативне картографування та визначення стану лісових масивів	64
4.2 Періодичність повторення дистанційних досліджень	71
ВИСНОВКИ	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	75
ДОДАТКИ	78

ВСТУП

Актуальність. В наш значна увага в усьому світі приділяється комплексному моніторингу лісів на основі об'єднання різних інформаційних потоків в єдину систему оперативного прийняття управлінських рішень. Технічною основою такої системи є сучасні і перспективні платформи дистанційного зондування Землі на базі використання космічних і повітряних носіїв, в тому числі і безпілотних, та ГІС – технології.

Матеріали космічного знімання знаходять практичне застосування при багатоцільовому космічному моніторингу лісів; дослідженнях, пов'язаних з різнобічним вивченням екосистем; таксації та картографуванні лісових масивів; у вирішенні завдань збереження та охорони особливо цінних територій та оцінки екологічної ситуації; у виявленні та обстеженні місць проведення рубок; при раціональному поєднанні наземної інвентаризації лісів з матеріалами дистанційного зондування території лісового фонду. Особливе місце серед реалізованих напрямків займає моніторинг лісів з метою своєчасного виявлення осередків пожеж, оцінки категорії небезпеки та прогнозу їх поширення.

Важливість вирішення проблематики моніторингу лісових масивів підкреслюють національне законодавство та національні програми. Основу такої поліції закладено Постановою Кабінету Міністрів України № 992-р від 31.12.2004 р., якою передбачалося створити та запровадити державну систему моніторингу довкілля, в тому числі і в лісовому господарстві. Розвиток цього питання тісно пов'язаний з реалізацією Державної цільової екологічної програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища (Постанова Кабінету Міністрів України від 05.12.2007 № 1376), Державної цільової програми «Ліси України» на 2010-2015 роки (Постанова Кабінету Міністрів України від 16.09.2009 № 977) та цілої низки державних та регіональних програм забезпечення пожежної безпеки, особливо після виникнення та ліквідації лісових пожеж в 2019-20 рр. Стимулювали

прийняття і реалізацію цих програм не тільки надзвичайні події але й нецільове використання земель лісового фонду в районах незаконного видобування корисних копалин, самовільних вирубок лісу та інших насущних проблем.

Держгеокадастр також не обходить стороною висвітлення питання використання земель лісового фонду створивши в Публічній кадастровій карті нові шари, серед яких є шар «Ліси» та шар «Природно-заповідний фонд».

З метою оптимізації та раціонального використання можливостей технологій дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) при створенні державної інформаційної системи, відомої під назвою «Національної інфраструктура просторових даних», в березні 2021 року Держгеокадастр підписав із Національним космічним агентством України та іншими зацікавленими структурами державної влади угоду про для комплексний збір та обробку інформації, з використанням технологій ДЗЗ та супутникової навігації для раціонального використання земельних ресурсів нашої держави.

Все це й визначає актуальність обраної теми кваліфікаційного дослідження.

Мета магістерської роботи полягає у вивченні сучасних методів отримання, обробки та аналізу матеріалів дистанційного зондування при здійсненні лісовпорядкування та моніторингу земель лісового фонду.

Завдання роботи:

- проаналізувати методологічні основи та завдання проведення моніторингу земель лісового фонду;
- вивчити методи обробки та аналізу матеріалів дистанційного зондування для забезпечення раціонального ведення лісового господарства і користування землями лісового фонду;
- оволодіти технологією оперативного картографування для визначення стану й використання земель лісового фонду та при виникненні надзвичайних ситуацій.

Об'єктом дослідження визначені землі лісового фонду України.

Предметом дослідження є вивчення методики дистанційного моніторингу стану та використання лісових ресурсів за матеріалами аерокосмічного знімання.

Структура роботи. Дипломна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.



РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ МОНІТОРИНГУ ЛІСІВ

1.1 Узагальнена характеристика лісів України

Стаття 1 Лісового кодексу України під назвою «Поняття про ліс» дає чітке визначення лісу: «Ліс - тип природних комплексів (екосистема), у якому поєднуються переважно деревна та чагарникова рослинність з відповідними ґрунтами, трав'яною рослинністю, тваринним світом, мікроорганізмами та іншими природними компонентами, що взаємопов'язані у своєму розвитку, впливають один на одного і на навколишнє природне середовище [1]».

Відповідно до ст. 55 Земельного кодексу України до земель лісогосподарського призначення належать землі, вкриті лісовою рослинністю, а також не вкриті лісовою рослинністю, нелісові землі, які надані та використовуються для потреб лісового господарства [2].

Це поняття, з деяким уточненням, розкривається в статті 2 Лісовому кодексі України де вказано, що «об'єктом лісових відносин є лісовий фонд та окремі лісові ділянки». В ст. 4 Лісового кодексу України наведений перелік земельних ділянок, які віднесені до лісового фонду, а саме: «лісові ділянки, в тому числі захисні насадження лінійного типу, площею не менше 0,1 гектара [1]».

Там же вказано, які землі не відносяться до лісового фонду: «...зелені насадження в межах населених пунктів (парки, сади, сквери, бульвари тощо), які не віднесені в установленому порядку до лісів; окремі дерева і групи дерев, чагарники на сільськогосподарських угіддях, присадибних, дачних і садових ділянках [1]».

Статтею 5 Лісового кодексу визначений розширений перелік земель, які віднесені до земель лісогосподарського призначення: «до земель ...

належать лісові землі, на яких розташовані лісові ділянки, та нелісові землі, зайняті сільськогосподарськими угіддями, водами й болотами, спорудами, комунікаціями, малопродуктивними землями тощо, які надані в установленому порядку та використовуються для потреб лісового господарства [1]».

На підставі чого ж проводиться облік лісів та земель? На це питання також знаходимо відповідь в нормативно-правових документах України.

В статті 2 Порядку ведення державного лісового кадастру та обліку лісів говориться: «Державний лісовий кадастр включає системні відомості про розподіл лісового фонду між власниками лісів і постійними лісокористувачами, поділ усіх лісів за категоріями залежно від виконуваних ними основних функцій, грошову оцінку та інші дані, що характеризують кількісний і якісний стан лісів [3]».

На теперішній час можна навести статичні дані, відповідно яким загальна площа лісових ділянок, що належить до лісового фонду України, становить 10,4 млн. га, в тому числі вкриті лісовою рослинністю 9,6 млн. га. До сфери управління Держлісагентства належить 7,6 млн. га лісів, або 73%. (рис.1.1).



Рис.1.1 Приналежність земель лісового фонду України [4]

Відповідно до Земельного та Лісового кодексів ліси України можуть перебувати у **державній, комунальній та приватній** власності.

Переважає більшість лісів перебуває у державній власності.

В процесі розмежування земель до комунальної власності були віднесені близько 1,3 млн га (13%) земельних ділянок лісгосподарського призначення, що знаходяться у постійному користуванні комунальних підприємств, підпорядкованих органам місцевого самоврядування. Частина лісів приватної власності становить менше 0,2% загальної площі лісових земель.

Близько 0,8 млн га лісових земель державної власності не надані в користування та віднесені до земель запасу.

В Україні історично сформована ситуація з закріпленням державних лісів за численними постійними лісокористувачами (для ведення лісового господарства ліси надані в постійне користування підприємствам, установам і організаціям кількох десятків міністерств і відомств).

За відомчим підпорядкуванням, найбільша площа лісових земель (близько 73%) перебуває у користуванні лісгосподарських підприємств Держлісагентства [5].

До особливостей лісів та лісового господарства України відносяться:

- відносно низький середній рівень лісистості території країни;
- зростання лісів у різних природних зонах (Полісся, Лісостеп, Степ, Українські Карпати та гірський Крим), що містить істотні відмінності щодо лісорослинних умов, методів ведення лісового господарства, використання лісових ресурсів та корисних властивостей лісу;
- переважно екологічне значення лісів та висока їх частка (до 50%) з режимом обмеженого лісокористування;
- високий відсоток заповідних лісів (16,1%), який має стійку тенденцію до зростання;
- історично сформувалась ситуація закріплення лісів за численними постійними лісокористувачами (для ведення лісового господарства ліси

надані в постійне користування підприємствам, установам і організаціям кількох десятків міністерств і відомств);

- значна площа лісів зростає у зоні радіоактивного забруднення;
- половина лісів України є штучно створеними і потребують посиленого догляду.

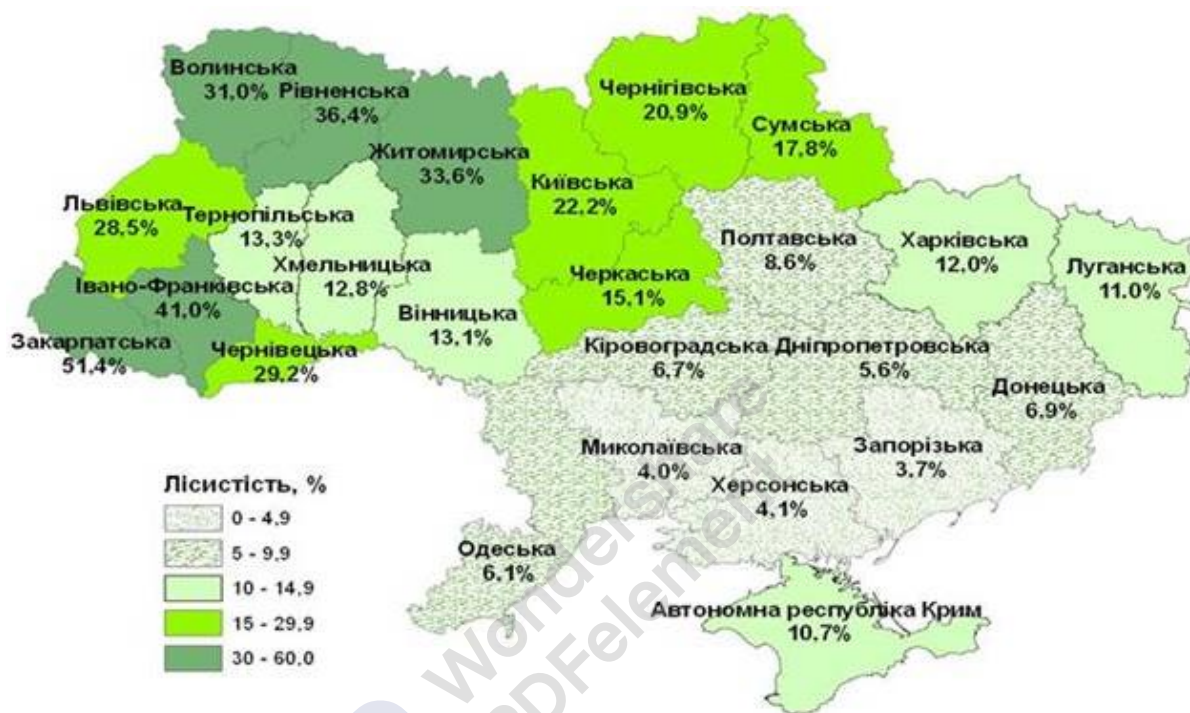


рис.1.2 Лісистість по адміністративно-територіальним одиницям України (на 01.01.2014) [5]

Дані про площі лісів та лісистість з врахування адміністративно – територіального поділу України наведені в додатку А.

Як видно з викладеного вище, ліси на території України розташовані дуже не рівномірно. Вони сконцентровані здебільше в Поліссі та в Українських Карпатах. Лісистість у різних природних зонах має значні відмінності й не досягає оптимального рівня (рис.1.3), за якого ліси найкраще впливають на клімат, ґрунти, водні ресурси, послаблюють наслідки ерозійних процесів, а також дають більший приріст деревини.

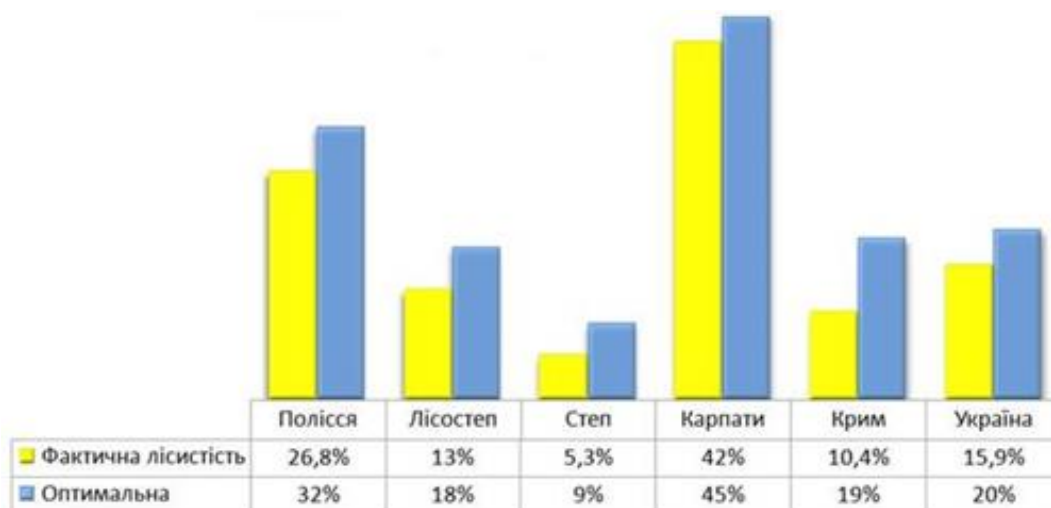


рис.1.3 Показники лісистості по природних зонах України [5]

Це не кінцева інформація. Ситуація постійно змінюється. Прикладом таких змін є статистика яка опублікована у публічному звіті Державного агентства лісових ресурсів України, презентованому 5 березня 2020 року на засіданні Міністерства і захисту довікля де вказано, що у 2019 році було відтворено лісів на площі 42 тисячі га, у тому числі висаджено нових лісів на площі 2,2 тис. га. Для порівняння, у 2016 році ці показники становили 50 тисяч га та 2,6 тис. га, відповідно [6].



Рис.1.4 Динаміка робіт з відтворення лісів

Ліси в залежності від покладених на них функцій поділяються на наступні категорії [7]:

- ліси природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення;
- рекреаційно-оздоровчі ліси;
- захисні ліси;
- експлуатаційні ліси.

Ліси за своїм призначенням і розташуванням виконують переважно водоохоронні, захисні, санітарно-гігієнічні, оздоровчі та інші функції і забезпечують потреби суспільства в лісових ресурсах.

1.2 Основні принципи моніторингу лісів

Моніторинг (від латинського «той, що нагадує, попереджає») – складна інформаційна система, основне завдання якої полягає в спостереженні та оцінці стану природного середовища, яке зазнає антропогенного впливу. Кінцева мета моніторингу – розробка заходів раціонального (від латинського «розумний») використання природних ресурсів, збереження природної рівноваги [8].

Але з чого все розпочалося? Наприкінці 1960-х років багато країн усвідомили, що необхідно скоординувати зусилля по збору, збереженню і переробці даних про стан навколишнього середовища. У 1972 році в Стокгольмі пройшла конференція по охороні навколишнього середовища під егідою ООН, де вперше виникла необхідність домовитися про визначення поняття «*моніторинг*». Вирішено було під моніторингом навколишнього середовища розуміти «комплексну систему спостережень, оцінки і прогнозу змін стану навколишнього середовища під впливом антропогенних факторів». Це стало доповненням до поняття «*контроль стану навколишнього середовища*».

В наш час під моніторингом прийнято розуміти сукупність спостережень за визначеними компонентами біосфери, спеціальним чином

організованими в просторі і в часі, а також адекватний комплекс методів екологічного прогнозування.

Статтею 55, глави 10 «Моніторинг, національна інвентаризація лісів і лісова сертифікація» Лісового кодексу України визначено, що «Моніторинг лісів - система регулярного спостереження, оцінки і прогнозу динаміки кількісного і якісного стану лісів. Моніторинг лісів проводиться шляхом збирання, передавання, збереження та аналізу інформації про стан лісів, прогнозування змін у лісах і розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для інформаційно-аналітичного забезпечення управління лісами, прийняття рішень щодо запобігання негативним змінам стану лісів, дотримання вимог екологічної безпеки та принципів ведення лісового господарства на засадах сталого розвитку. Моніторинг лісів є складовою частиною державної системи моніторингу навколишнього природного середовища [1]».

Основні задачі екологічного моніторингу: спостереження за станом біосфери, оцінка і прогноз її стану, визначення ступеня антропогенного впливу на навколишнє середовище, виявлення факторів і джерел впливу.

Результуючою метою моніторингу навколишнього середовища є оптимізація відносин людини з природою, екологічна орієнтація господарської діяльності [9].

Залежно від призначення за спеціальними програмами здійснюються:

- загальний,
- кризовий та
- фоновий екологічний моніторинг довкілля.

Загальний екомоніторинг довкілля - це оптимальні за кількістю та розміщенням місця, параметри і періодичність спостережень за довкіллям, які дають змогу на основі оцінки і прогнозування стану довкілля підтримувати прийняття відповідних рішень на всіх рівнях відомчої і загальнодержавної екологічної діяльності.

Кризовий екомоніторинг довкілля – це інтенсивні спостереження за природними об'єктами, джерелами техногенного впливу, розташованими в районах екологічної напруженості, у зонах аварій та небезпечних природних явищ із шкідливими екологічними наслідками, з метою забезпечення своєчасного реагування на кризові та надзвичайні екологічні ситуації і прийняття рішень щодо їх ліквідації, створення нормальних умов для життєдіяльності населення і господарювання.

1. **Фоновий екомоніторинг довкілля** – це багаторічні комплексні дослідження спеціально визначених об'єктів природоохоронних зон з метою оцінки і прогнозування зміни стану екосистем, віддалених від об'єктів промислової і господарської діяльності, або одержання інформації для визначення середньостатистичного (фонового) рівня забруднення довкілля в антропогенних умовах [8].

Державна система екологічного моніторингу проводить здійснення наступних видів робіт:

- режимні спостереження,
- оперативні роботи,
- спеціальні роботи.

Режимні роботи проводяться систематично за щорічними програмами, на спеціально організованих пунктах спостережень або тестових ділянках. Потреба проведення *оперативних робіт* залежить від виникнення надзвичайних ситуацій наприклад, випадків аварійного забруднення природного середовища чи стихійних лих (пожеж) [9].

При моніторинзі проводять оцінку стану використання земель, виявлення процесів, які негативно впливають на землі або на ресурсу, виявляють зміни просторових та якісних характеристик.

Прийнято класифікувати спостереження за станом земель залежно від періодичності їх проведення. Виділяють:

- **базові**, тобто такі які фіксують стан земель на початку спостережень;
- **періодичні** – проводяться через визначений період часу, наприклад через рік по сезонах;
- **оперативні**, ціль яких виявити поточні зміни під дією тих чи інших чинників.

За територіальним охопленням прийнято виділяти проведення моніторингу на:

- **національному** (поширюється на всі землі у межах території України)
- **регіональному** (розповсюджується на території, для яких характерні однорідні фізико-географічні та екологічні умови) та
- **локальному** рівнях (здійснюється для окремих частин (структур) ландшафтно-екологічних комплексів або ж навіть для окремих ділянок).

Рекомендується проводити моніторинг використання земель, відповідно їх цільовому призначенню, територіальними центральними та регіональними органами Держгеокадастру. Інформація, одержана під час моніторингу земель, підсумовується по об'єктах спостереження, або ж за окремими природними комплексами і передається у пункти збору автоматизованої інформаційної системи територіальних органів Держгеокадастру.

Моніторинг земель в його широкому розумінні має забезпечити:

- збір інформації про структуру землекористування і землеволодіння, трансформація угідь, стан та якість ґрунтів і дотримання режиму використання земель водоохоронних зон;
- зміни у стані земель на конкретних територіях;
- виявлення процесів деградації земель і діагностика їх стану;

- виявлення забруднювачів, їх характеристика і шкідлива дія;
- виявлення напрямів і розмірів негативних процесів;
- передбачення соціальних та економічних наслідків;
- прийняття адекватних заходів (антидеградаційних, агрохімічних тощо);
- рекомендації щодо використання земель;
- управлінські рішення щодо поліпшення стану земель, їх захисту, запобігання і ліквідації наслідків негативних процесів.

Як видно з перерахованого, коло задач моніторингу земель доволі значне. Сам же технологічний процес моніторингу земель лісового фонду має доволі чітку послідовність:

- проведення фіксації (в основному фотографічними методами) та обстеження земель;
- обробка та виявлення негативних процесів, які відбуваються на досліджуваних землях;
- їх оцінювання, прогнозування змін, прийняття управлінських рішень.

Моніторинг земель в Україні нормативно регламентований та ґрунтується на наступних законах (частково розглянутих вище):

- Земельному кодексі України;
- Закону України «Про державний контроль за використанням та охороною земель»;
- Закону України «Про охорону земель»;
- Положенні про моніторинг земель (затверджене постановою Кабінету міністрів України від 20.08.1993, №661).

Окрім зазначених вище основних нормативних актів, моніторинг земель лісового фонду та лісів в Україні здійснюється з обов'язковим врахуванням положень, вимог та норм

- Лісового кодексу України (ст. 35, 55);
- Постанови Кабінету Міністрів України від 30 березня 1998 р. за № 391 «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля»;

- Порядку поділу лісів на категорії та виділення особливо захисних лісових ділянок (постанова КМУ від 16 травня 2007 р., №733)
- Порядку ведення державного лісового кадастру та обліку лісів (постанова КМУ від 20 червня 2007 р., №848)
- Постанові «Про затвердження показників регіональних нормативів оптимальної лісистості території України» наказ Держкомлісгоспу України від 29.12.2008 № 371 (zareєстровано в Мінюсті 9 липня 2009 р., № 610/16626)
- Інструкції про порядок ведення державного лісового кадастру і первинного обліку лісів» наказ Держкомлісгоспу України від 01.10.2010 №298 (zareєстровано в Мінюсті 16 грудня 2010 р., № 1267/1856)

Що ж прийнято сьогодні розуміти під поняттям моніторинг земель?

Відповідно до ст. 191 Земельного кодексу України «Моніторинг земель – це система спостереження за станом земель з метою своєчасного виявлення змін, їх оцінки, відвернення та ліквідації наслідків негативних процесів [2]».

Пояснення державної сутності цілого комплексу робіт ми можемо бачити в п.3 «Положення про моніторинг земель», яке визначає моніторинг як важливу функцію «управління у сфері використання та охорони земель, об'єктом якого є землі України незалежно від форм власності на землю, цільового призначення та характеру використання, відповідно до загальнодержавних і регіональних (місцевих) програм [10]».

Цими ж та деякими іншими регламентними документами визначені вповноважені державні інституції, які виконують та контролюють виконання моніторингу. Структурно вони мають вертикальне підпорядкування. До таких органів відносяться:

- ✓ Парламентський Комітет з питань екологічної політики та природокористування;
- ✓ Підкомітет Верховної Ради України з питань державного моніторингу навколишнього природного середовища;
- ✓ Державний комітет України по земельних ресурсах;

- ✓ Міністерство охорони навколишнього природного середовища України;
- ✓ Міністерство аграрної політики та продовольства України;
- ✓ Державне агентство лісових ресурсів;
- ✓ Центральні та регіональні органи Держгеокадастру;
- ✓ Національне космічне агентство;
- ✓ Державна служба з питань геодезії, картографії та кадастру;
- ✓ Державна екологічна інспекція;
- ✓ Місцеві органи виконавчої влади.

Всі ці органи влади мають відповідні служби, в компетенції яких входять моніторингові завдання. Забезпечувати своєчасне та повномасштабне виконання моніторингу покладене на Держгеокадастру. України як першорядний орган, який здійснює державну політику у сфері земельних відносин.

З наведеного вище видно, що в Україні моніторинг природного середовища проводиться багатьма відомствами, у діяльності яких є відповідні задачі.

Рівні і складові підсистеми моніторингу. У системі моніторингу навколишнього природного середовища, що здійснюється в Україні, прийнято виділяти три рівні: *глобальний, регіональний і локальний.*

Мета, методичні підходи і практична реалізація моніторингу на різних рівнях відрізняються. Найбільше чітко критерії здійснення моніторингу навколишнього природного середовища визначені на локальному рівні.

Регіональний рівень ґрунтується на визначенні впливу будь-яких господарських видів діяльності на відносно велику територію. Так, наприклад, стан рослинного покриву, в першу чергу лісів, суттєво впливає на зміну кліматичних умов регіону.

Базуючись на зібраній інформації та оцінці стану земель складаються оперативні зведення, науково обґрунтовані передбачення і рекомендації, які використовуються місцевими органами виконавчої влади та органами

самоврядування, щодо прийняття відповідних заходів з попередження або ж ліквідації наслідків негативних явищ та процесів.

Підсумовуючи та узагальнюючи, дещо спрощуючи наведені визначення, можна сказати, що моніторинг – це система постійного або періодичного контролю за станом і використанням визначеного об'єкту спостереження і дослідження.

1.3 Державна програма проведення моніторингу навколишнього природного середовища

Незважаючи на тривале опрацювання і впровадження систем та методик моніторингу лісів, питання використання і вивчення стану земель лісового фонду стало актуальним відносно недавно - тільки з середини 1990-х років з розробкою та реалізацією наукових досліджень УкрНДІЛГА. Основу ж сучасної політики стосовно моніторингу земель лісового фонду та, в цілому, лісового господарства поклала програма, про яку поговоримо нижче.

Державна система моніторингу довкілля створена для збирання та аналізу інформації про стан навколишнього природного середовища, прогнозування його змін і розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень з питань запобігання негативним змінам навколишнього природного середовища та дотримання вимог екологічної безпеки.

Основними завданнями системи моніторингу є:

1. проведення систематичних спостережень, збирання та збереження даних про стан навколишнього природного середовища;
2. створення та ведення банків даних і забезпечення інформаційного обміну;
3. аналіз інформації, оцінка стану навколишнього природного середовища і впливу на нього факторів забруднення, прогнозування

змін та інформаційно-аналітична підтримка прийняття рішень з питань охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки;

4. удосконалення нормативного, методичного та технічного забезпечення збирання, збереження, оброблення та аналізу даних;
5. забезпечення достовірності інформації, що надається органам державної влади та органам місцевого самоврядування, громадським і міжнародним організаціям.

Передбачається функціонування системи моніторингу на загальнодержавному, регіональному та локальному рівні (відповідно у межах країни, адміністративних одиниць та їх окремих територій).

Проведення моніторингу покладено на дев'ятьох суб'єктів системи моніторингу: Мінприроди, МНС, МОЗ, Мінагрополітики, Держводгосп, Держкомприродресурсів, Держлісагенство, Держгеокадастр і Держжитлокомунгосп.

Координацію діяльності суб'єктів системи моніторингу здійснює міжвідомча комісія, склад якої затверджується Кабінетом Міністрів України.

Забезпечення функціонування єдиної системи моніторингу є достатньо складним завданням, яке потребує вирішення цілого ряду як організаційних, так і технічних питань.

Відповідно до функціональних завдань (отримання і збереження первинних даних; оброблення, аналіз і подання інформації; оцінка, контроль та планування заходів щодо поліпшення стану окремих компонентів довкілля) на рівні окремих суб'єктів системи моніторингу створено власну структурно-організаційну, науково-методичну та технічну бази.

При цьому забезпечується проведення спостережень за станом окремих компонентів довкілля, впливом на нього відповідних джерел забруднення та природних процесів і явищ.

Неоптимальне функціонування системи моніторингу на сьогодні зумовлюється низьким рівнем уніфікації нормативно-методичної бази,

технічного забезпечення та взаємодії її суб'єктів, а також недостатнім обсягом фінансування робіт.

Основними недоліками, що зумовлюють низьку ефективність функціонування системи моніторингу, є :

- відсутність єдиної мережі спостережень;
- застаріле технічне і методичне забезпечення спостережень;
- відсутність сучасного технічного оснащення центрів системи моніторингу в більшості регіонів;
- неузгодженість окремих елементів інформаційних технологій, що використовуються суб'єктами системи моніторингу;
- неповна відповідність нормативно-технічного та нормативно-правового забезпечення системи моніторингу сучасним вимогам.

Мета програми спрямована на поліпшення стану навколишнього природного середовища, підтримання екологічної рівноваги на території України, забезпечення конституційного права людини на безпечне довкілля шляхом підвищення ефективності функціонування системи моніторингу.

Аналіз можливих шляхів розв'язання проблеми дає підстави для висновку, що здійснити це можна насамперед на основі створення нової мережі спостережень без використання існуючої, що потребує занадто великого обсягу коштів для фінансування, або з її використанням.

Концепцією передбачається максимальне використання існуючого потенціалу без залучення значних капіталовкладень протягом найближчих років шляхом поетапного удосконалення організаційного, правового, методичного і технічного забезпечення системи моніторингу з урахуванням сучасних інформаційних потреб та рекомендацій Європейської економічної комісії ООН.

Програмою передбачається проведення заходів, спрямованих на поліпшення стану навколишнього природного середовища шляхом підвищення ефективності використання та зміцнення існуючого потенціалу

служб спостережень суб'єктів системи моніторингу на основі діючих нормативно-правових, економічних, фінансових, науково-експертних, інформаційно-освітніх та інших засобів, а також шляхом впровадження сучасних інформаційних технологій, застосування засобів вимірювальної техніки, уніфікованих методик вимірювання, оптимізація показників спостережень і створення на їх основі єдиної мережі спостережень.

Моніторинг стану лісів проводиться щодо :

- лісової рослинності;
- лісової фауни, у тому числі мисливської;
- лісових ґрунтів;
- земельних ділянок, не вкритих лісовою рослинністю, але наданих для потреб лісового господарства.

Удосконалення системи моніторингу має на меті якнайповніше задоволення інформаційних потреб суспільства.

Передбачається, що робота проводитиметься у рамках державної, регіональних і галузевих програм моніторингу довкілля.

У разі потреби можуть розроблятися спеціальні програми для отримання інформації, пов'язаної з надзвичайними ситуаціями природного та техногенного характеру, транскордонним моніторингом тощо.

З метою забезпечення збирання, збереження, оброблення та аналізу даних і підготовки необхідної інформації передбачається створити центри на загальнодержавному і регіональному рівні, а також на рівні суб'єктів системи моніторингу, які здійснюватимуть розроблення програм та координацію їх виконання.

З метою забезпечення інтеграції інформаційних ресурсів та взаємодії суб'єктів системи моніторингу необхідно створити єдину автоматизовану підсистему збирання, оброблення, аналізу і зберігання даних.

Для збереження даних моніторингу та подальшої роботи з ними створюватимуться розподілені бази даних і комплексні банки інформаційних ресурсів.

Організаційне забезпечення виконання Програми покладається у межах повноважень на Мінприроди, інші суб'єкти системи моніторингу та місцеві органи виконавчої влади.

Програма фінансується з державного бюджету, а також з інших джерел.

Контроль за виконанням Програми здійснює Кабінет Міністрів України.

Виконання Програми сприятиме:

1. належному забезпеченню органів державної влади та органів місцевого самоврядування, громадських і міжнародних організацій обґрунтованою, об'єктивною і достовірною інформацією про стан навколишнього природного середовища;
2. поліпшенню управління у сфері охорони навколишнього природного середовища та забезпеченню раціонального природокористування;
3. оптимізації фінансових витрат на забезпечення функціонування системи моніторингу за рахунок підвищення ефективності використання наявних можливостей;
4. оперативному реагуванню місцевих органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування на виникнення або загрозу виникнення надзвичайних ситуацій та належному контролю за їх розвитком і ліквідацією наслідків;
5. поліпшенню координації дій суб'єктів системи моніторингу під час планування, організації та проведення спостережень і спільних заходів [11].

1.4 Методичні рекомендації з моніторингу тестових ділянок лісів

Для проведення моніторингу стану лісу і з метою набору базової інформації про конкретну територію та її особливості, а також для використання цієї інформації при розробці або уточненні алгоритмів обробки матеріалів дистанційного зондування в спеціалізованих програмних засобах (в навчальних вибірках), повинні бути виконанні комплексні польові дослідження.

Такі дослідження проводяться із дотриманням методичних рекомендацій, конспективне викладення яких буде наведено нижче.

Період проведення моніторингових робіт. Роботи рекомендовано проводити у період з 15 липня по 15 вересня. При їх виконанні потрібно витримувати певну послідовність обстеження. Рекомендовано, одні і ті ж ділянки обстежувати щорічно в приблизно однакові строки, а часова різниця, між річними послідовними обстеженнями, не повинна перевищувати 10 календарних днів.

Визначення місцеположення ділянки моніторингу. Координати мережі ділянок моніторингу розраховуються за спеціальними програмами в УкрНДІЛГА. Місцезнаходження ділянок моніторингу відзначається на топографічних картах. Умовним центром ділянки є вузлова точка центрної. Координати центру ділянки моніторингу спочатку знаходять на топографічній карті масштабу 1:50000. На наступному етапі визначають місце розташування ділянки на карті лісонасаджень (1:25000). Далі розташування ділянки моніторингу визначається на планшеті масштабу 1:10000. Центр ділянки повинен бути розташований не ближче 50 м від узлісся. При цьому не рекомендується вибирати моніторингову ділянку в таксаційному виділі, площа якого менше 1 га, потрібно також уникати деревних насаджень нижче V класу бонітету та рідколісся. Вся ділянка моніторингу повинна знаходитись в одному таксаційному виділі.

Якщо не вдається розмістити ділянку так, щоб вона відповідала вище наведеним вимогам, можна зміщувати центр ділянки на відстань до 500 м від точки із вибраними по середньомасштабним картам координатам.

Потім в радіусі 5 м підбирають дерево I класу Крафта (див. додат. Б) воно маркується, як центр ділянки (на висоті 1,5 м фарбою наноситься смуга шириною до 10 см). Таке дерево координується сучасними методами, або ж прив'язується відносно кварталних стовпів або іншого орієнтирів.

При виборі місцезнаходження рекомендовано використовувати *спіральну палетку*. Її використання мінімізує суб'єктивність при виборі місця розташування ділянки (рис.1.1).

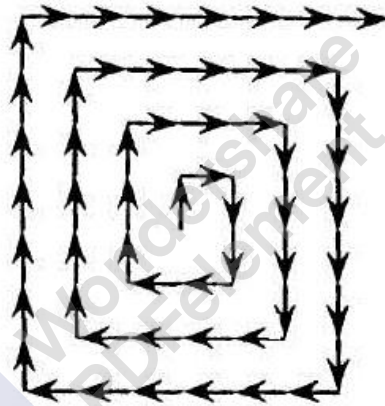


Рис.1.1. Спіральна палетка

Закладка ділянки моніторингу. Ділянка моніторингу складається з чотирьох кругових підділянок. Вони закладаються за напрямками сторін світу на відстані близько 25 м від центру ділянки (центрального дерева) за наступною схемою: перша підділянка – на північ від центру, друга – на схід, третя – на південь та четверта – на захід. Підділянки нумеруються за наступною схемою: 1-Пн, 2-Сх, 3-Пд, 4-Зх (див. рис. 1.2).

В центрі кожної підділянки закріплюється орієнтирний стовп з указанням кварталу, виділу, номера ділянки та підділянки, орієнтований на центральне дерево усієї ділянки.

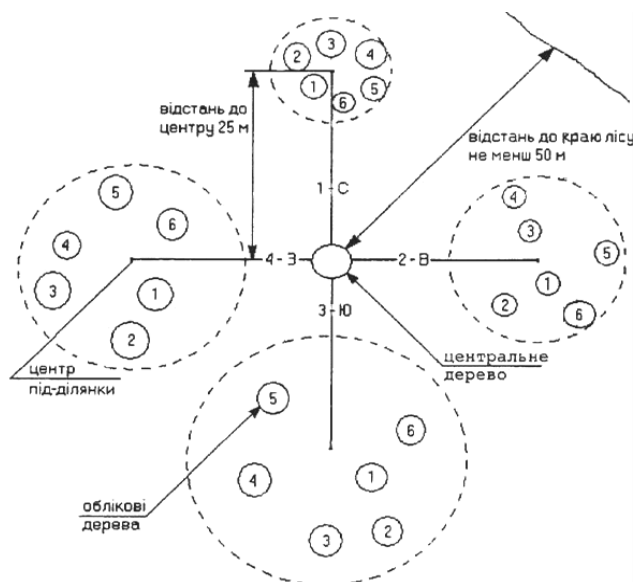


Рис.1.2. Схема ділянки моніторингу

Вибір облікових дерев. На кожній підділянці обирають 6 найближчих до центру під ділянки дерев першого ярусу, що належать до I – III класів Крафта та не мають значних механічних пошкоджень (наприклад, тріснутий стовбур, великі відкриті рани на стовбурі тощо). Дво- та багатостовбурні дерева можуть бути внесені до обліку, в залежності від висоти, на якій вони розгалужуються. На кожній ділянці повинно бути вибрано не менше 24 облікових дерев. Якщо в стиглих та перестійних насадженнях з великим середнім діаметром не можна вибрати необхідну кількість дерев, дозволяється збільшити відстань між підділянками до 50 м. Реєструють розташування кожного облікового дерева на підділянці, а саме – азимут (з точністю до 1°) та відстань (з точністю до 10 см) від центру підділянки.

Нумерування облікових дерев. На кожному дереві на висоті 1,5 м білою масляною фарбою (для берези використовують червону фарбу) наносять номер у формі дробового числа, чисельник якого є порядковим номером облікового дерева, а знаменник – номер підділянки.

Перший номер надається найближчому до центру підділянки дереву. Далі обирається ще п'ять дерев, які нумеруються в порядку віддалення від першого дерева за годинниковою стрілкою за азимутом. Якщо за одним азимутом від центру під ділянки розташовано два чи більше дерев, менші

номери даються тим деревам, що знаходяться ближче до центру підділянки. У випадку наявності багатьох стовбурів, що трапляється в порослевих насадженнях, їх треба оцінювати в тому порядку, в якому вони розташовані за годинниковою стрілкою.

Нумерація ділянки. Номер ділянки складається з унікального номеру вузла мережі спостережень, який визначається з топографічної карти, та унікального власного номеру ділянки. Власна нумерація ділянок, що належать до даного вузла мережі спостережень, позначається двозначним числом, починаючи з одиниці (01, 02 і т.д.). Наприклад, ділянка вузла під номером 180521, що закладена вперше отримує номер 18052101. Якщо в даному вузлі буде закладено нову ділянку, то вона отримає номер 18052102.

Координати ділянки. Координати ділянки представляють собою координати вузла мережі спостережень визначені за системою прямокутних координат. На основі прив'язки в камеральних умовах розраховують реальні координати центру ділянки.

Визначення місцезнаходження дерева. Місцезнаходження дерева фіксується через азимут та відстань, які визначаються з центру підділянки до середини комлевої частини стовбуру. Визначення азимуту і відстані повторно проводиться через чотири роки.

Вимірювання периметру дерева. Периметри облікових дерев вимірюють один раз на чотири роки на висоті 1,3 м з найвищого положення біля дерева. Якщо у стовбура на цій висоті зустрічаються будь-які нерівності, опуклості, заглиблення чи гілки, вимірювати периметр слід безпосередньо над ними, там, де форма стовбуру набуває свого нормального вигляду. У дерев із потовщенням понизу стовбуру периметр вимірюється на висоті 0,5 м над різко вираженою випуклістю чи звуженою частиною стовбуру, якщо висота, на якій він звужується, перевищує 0,8 м.

Розгалуження стовбуру можна оцінювати тільки тоді, коли другорядний стовбур складає не менш $1/3$ діаметру головного та розгалужується від нього під кутом не більше, ніж 45° [12].

Для оцінки показників стану крон облікових дерев розроблена методика яка базується на особливостях листяного покриву. **Дефоліація**, - це величина, що характеризує загальну нестачу листової маси дерева в процентному співвідношенні (%). Вона визначає показник передчасних втрат листя під впливом несприятливих умов або дії інших факторів дефоліації (наприклад, об'їдання комахами) та втрати через недорозвинення деякої кількості листової маси, яка б могла з'явитися в звичайних умовах.

Дефоліацію слід, перш за все, розгадати як результат ненормальної, передчасної втрати листя. До неї призводять різні фактори, багато з яких можуть діяти одночасно: несприятливі кліматичні умови - посухи, заморозки; зміни рівня ґрунтових вод, пожежі, сонячні промені в умовах зрідження насадження, нестача поживних елементів, хвороби, пошкодження комахами, забруднення повітря або ґрунту.

Дефоліація кожного окремого дерева визнається візуально у порівнянні з еталоном, який представляє собою повністю вкрите листям дерево. Основні вимоги, яким повинен відповідати еталон, - це стабільність у просторі та часі. В програмі моніторингу лісів першого рівня інтенсивності еталоном є фотографії дерев з різним рівнем дефоліації.

Інша важлива характеристика лісового покриву, яка безпосередньо впливає на якість і повноту відображення лісів на аерокосмічних фотографічних знімках це **щільність крони**. За визначенням - це величина в %, яка характеризує розвиненість та повноту крони дерева. Вона вказує на відносну кількість структурних елементів (стовбур, гілки, листя, квіти, шишки, плоди тощо), що перешкоджають проходженню крізь крону сонячного світла.

Якщо при оцінці дефоліації оцінюється лише листя, визначення щільності потребує врахування усіх структурних елементів крони. Кожній породі притаманні певні, типові значення щільності крони, які визначаються особливостями гілкування, розмірами листя/хвої тощо. Щільність крони залежить від характеристик умов місцезростання, генетичних особливостей

дерев, густоти та зімкненості насадження, ступеня пошкодження дерев та ін. Щільність крони дерева вказує на його потенційну життєздатність, уразливість до дії несприятливих факторів та можливості щодо приросту у майбутньому. Деревам з розрідженими або ж пригніченими кронами, як правило, властивий уповільнений ріст.

Щільність крони (%) оцінюють за допомогою спеціальної еталонної картки (рис.1.3).

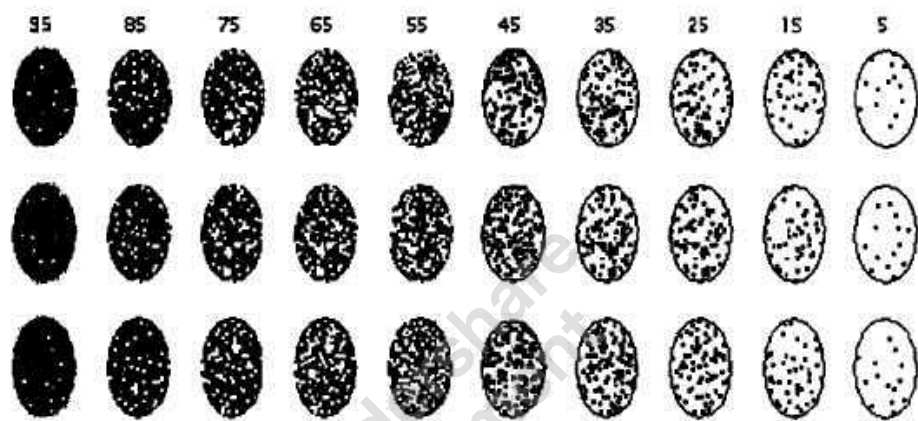


Рис.1.3. Картка-еталон для визначення щільності крони

Дехромація (%) - це величина, що вказує на відносну кількість листя/хвої, колір якого/якої відхиляється від нормального забарвлення живого листя/хвої даного виду дерева. Дехромація - це ненормальна, передчасна зміна кольору, тому дуже важливо оцінювати цей показник раніше, ніж починаються природні процеси пожовтіння або побуріння листя восени. Сухе листя/хвоя, наприклад, на зламаних гілках, не враховується. Дехромація є результатом розпаду або змін пігментів листя/хвої. В будь-якому випадку такі зміни впливають на рівень фотосинтетичної активності, та відповідно, на приріст дерева. Дехромація може бути спричинена різними факторами, а саме, впливом забруднювачів повітря (характерний наліт на листках бука під впливом озону), нестачею або надлишковим надходженням поживних елементів, пошкодженням комахами, захворюваннями, посухою, заморозками, старінням листя/хвої.

Дехромація (%) – оцінюють відсоток листя/хвої, що втратили природній колір. Дехромацію оцінюють з точністю 5%.

Відносна висота крони, % - це величина, що є співвідношенням довжини живої крони та загальної висоти дерева. Вона вказує на частку загальної висоти дерева, яка забезпечує формування та підтримку живої крони. Величина відносної висоти крони, окрім специфічних для кожної деревної породи особливостей відмирання нижніх гілок, визначаються, понад усе, умовами освітлення в насадженні, які змінюються в залежності від його віку, густоти та зімкненості. Цей показник визначається за допомогою спеціальної шкали, що наведена в еталонній карточці. Для її використання необхідно сумістити шкалу "0" з живою верхівкою дерева, а шкалу "99" – з його основою. Потім слід спроектувати на шкалу основу живої крони. Цифра, що вказана на шкалі, і буде означати відносну висоту крони. Якщо проекція основи крони буде між двома значеннями шкали, слід округлити цифру до 5%.

Звітність за результатами моніторингу. Після закінчення комплексу польового обстежень складається річний звіт з інформацією про результати моніторингу до якого входять:

1. Первинні дані обстеження ділянок у вигляді заповнених польових бланків моніторингу.
2. Бланк повідомлення про результати моніторингу. В якому подається узагальнена інформація про особливості проведення робіт з моніторингу в даному році: обсяги проведених робіт (кількість обстежених ділянок, кількість облікових дерев за породами та ін.), відомості про повноту оцінки головних параметрів, додаткова інформація щодо особливостей метеорологічних умов даного сезону та факторів пошкодження лісів.
3. Зведені та узагальнені дані з дефоліації та дехромації. [12].

РОЗДІЛ 2 ЗАСОБИ ТА МЕТОДИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЛІСОВКРИТИХ ТЕРИТОРІЙ

2.1 Засоби дистанційного зондування лісів

Дистанційне зондування лісових ресурсів – це напрям науково-прикладних досліджень призначений для вивчення лісових ресурсів за допомогою інформації одержаної з авіаційних та космічних апаратів, та за матеріалами отриманими з фотографічних, сканерних, телевізійних, радіолокаційних, ГЧ-теплових, та спектрометричних систем (сенсорів).

Для великомасштабної зйомки у цілях оперативного контролю за станом лісів та антропогенною діяльністю використовується багатозональна кадрова фотозйомка. Для лісо таксаційних робіт, досліджень ґрунтово-типологічних умов, умов виникнення передпожежної ситуації в лісах застосовують мультизональні, радіолокаційні і лазерні знімання [13].

Значний обсяг інформації про лісову рослинність, її видовий склад отримують за допомогою спектрональних космічних зніманих та використання спеціалізованих програмних комплексів, наприклад ERDAS та ENVI, в яких реалізовані можливості проведення автоматизованої класифікації фотознімків. В цьому випадку стає можливим суттєве уточнення просторового розподілу 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 космічні апарати Landsat, Ikonos, QuickBird (США), SPOT (Франція), IRS (Індія), Ресурс (Росія), і довгоочікуваний український перспективний супутник ДЗЗ Січ-2-30 (Україна). [14]

Інформація із штучних супутників Землі (ШСЗ), одержана кращими сканерними системами, має дозволяючу здатність 1-30 м. Сучасні фотографічні та сканерні системи встановлені на літаках дозволяють

отримувати багатозональну інформацію з дозволяючою здатністю до 10 см/пікс. Сканерні зйомки використовуються при вирішенні задач, пов'язаних із вивченням лісів на великих територіях, охороні лісів від пожеж тощо.

Зйомки в ІЧ діапазоні використовують при охороні лісів від пожеж, зокрема при виявленні прихованих вогнищ лісових пожеж, також для вивчення повітряних потоків і встановлення ділянок місцевості із зниженою температурою та браком вологи.

Радіометричні зйомки застосовують для визначення вологості ґрунту і прогнозування умов виникнення передпожежної ситуації у лісах.

Використання в лісогосподарській практиці матеріалів отриманих з супутників дистанційного зондування не виключає проведення необхідних аерознімальних, аеровізуальних і наземних робіт, хоч істотно зменшує потребу в них. Сучасні методи вивчення і контролю стану лісів ефективні тільки при комплексному використанні різних видів спостережень: космічних, авіаційних, наземних.

Такий підхід дозволяє значно знизити затрати на вивчення лісових ресурсів і земель лісового фонду та проводити контроль за їх стану.

Сьогодні космічні знімки знаходять дедалі ширше застосування в різних галузях науки, техніки і господарства. Це насамперед пояснюється тим, що ці знімки, у порівнянні з аерофотознімками, покривають значно більшу територію. По-друге, збільшилася роздільна здатність космічних знімків і, по-третє, удосконалюються математичні і програмні засоби обробки таких знімків.

Все це зумовлює серйозну конкуренцію матеріалів космічних знімків з матеріалами аерофото- і наземного обстеження аж до їх фактичного витіснення досконалішими технологіями. Тому зараз постійно зростає кількість супутників та удосконалюється знімальна космічна апаратура.

Існуючі нині способи космічного зондування та супутникові платформи були створені відповідно до цільових програм створення і

вивчення за допомогою мультиспектральних зображень і комп'ютерних цифровими систем поверхні Землі [15].

Основні задачі та вимоги до інформативності матеріалів ДЗЗ, а також рекомендовані для досягнення цілей моніторингу земель лісового фонду та лісовпорядкування супутникові системи, наведено в табл.2.1.

Таблиця 2.1

Вимоги до інформації матеріалів дистанційного зондування Землі з метою проведення моніторингу лісових ресурсів [14]

Задачі	Характеристика аналізованих об'єктів	Масштаб спостереження	Періодичність	Просторове розрізнення	Спектральний діапазон	Космічні системи
Моніторинг лісових ресурсів і земель лісового фонду	колір температура текстура	національний	квартальна	100	V I N T	Landsat-7, 8 IRS Spot-2, 4, 5
Лісопатологічний моніторинг	колір температура текстура	локальний/ регіональний	річна	10	V N I	QuickBird WorldView-2 Ikonos-2 EROS-A, B Formosat-2 Pecypc ДК
Моніторинг пожежної безпеки	колір температура текстура	глобальний	річна / квартальна	1000– 1100	N I T	TERRA NOAA
Післяпожежна інвентаризація	колір температура текстура	локальний / регіональний	квартальна / місячна	10	N I T	RapidEye GeoEye IRS-1D
Антропогенна дія промисловості та інших об'єктів	колір температура текстура	локальний / регіональний	квартальна	10-30	V N I T	WorldView-2 Ikonos-2 EROS-A, B Formosat-2 Pecypc ДК

Роздільна здатність таких систем вже наближається до 1 м і навіть вище.

Але основна перевага сучасних супутників ДЗЗ полягає у використанні не тільки сенсорів видимого діапазону, а й сенсорів, які проводять знімання й в інших діапазонах електромагнітного випромінювання (див. табл. 2.2). До цих діапазонів відносяться:

- *тепловий діапазон (2,5 мкм — 1 мм) надає інформацію про теплове поле ландшафту (стає можливим виявлення пошкоджених, хворих, сухостоїв, лісових і, особливо важливо, пожеж на торфовищах);*

- *мікрохвильовий (НВЧ) діапазон (1 мм — 1 м) надає інформацію про топографію територій, запас вологи в ґрунтах та листяному покриві, про вплив на рослинність шкідливих промислових викидів.*
- *радіодіапазон (3 – 30 мм) використовується для отримання інформації про підстиляючу поверхню і лісову підстилку.*

Таблиця 2.2

Космічні знімки великої розрізненості, які придатні для проведення моніторингу лісогосподарської діяльності

Супутник / режим знімання	Розрізненість, м	Розмір сцени знімання, км	Періодичність знімання, доба
GeoEye-1 - панхром / 4 канала	0,5 / 1,65	15 x 15	2-3
WorldView-1 - панхром	0,5	18 x 18	2-6
WorldView-2 - панхром/ 8 каналів	0,5 / 1,8	16,5 x 16,5	1-4
QuickBird-2 - панхром/ 4 канала	0,6 / 2,5	16,5 x 16,5	1-5
IKONOS - панхром / 4 канала	1,0 / 4,0	11 x 11	3
ALOS - AVNIR (4 канала)	10	70 x 70	2
ALOS — PRISM (панхром) 2	2,5	35 x 35	2
Cartosat-1 (IRS-P5) - панхром	2,5	27 x 27	5
SPOT 5 - панхром / 4 канала	2,5 / 10	60 x 60	5

Характерною особливістю сучасних супутникових знімальних систем є зміна кутів знімання, що дає можливість збільшувати, а в разі потреби (наявності хмарності) й переорієнтовувати знімання на інші об'єкти. Для стереоскопічної обробки матеріалів тепер застосовуються стерео знімки з однієї орбіти шляхом переміщення оптичної системи вперед або назад з визначеним інтервалом.

У порівнянні з супутниковими системами SPOT і TRS, де стереознімання здійснюється на декількох орбітах, у супутникових системах IKONOS і QuickBird-2 є можливість проводити знімання фактично одночасно, збільшуючи цим самим якість знімків і виключаючи вплив змін природних умов. До того ж, відбувається постійне поповнення супутникових систем, що робить їх більш надійними з погляду безперервності одержання

інформації. На сьогоднішній день значною мірою відпрацьована технологія оперативної передачі інформації до замовників, а також обробки за наявними програмами готових картографічних продуктів різних масштабних рядів.

Однак, незважаючи на помітний прогрес знімальних систем, поки що існує необхідність значної корекції космічних знімків. Відомо два види корекції:

1. Трансформування знімків залежно від функцій, що використовуються. У більшості застосовується поліном другого чи третього ступеня для приведення зображення до масштабу карти. Трансформування виконується за опорними точками.
2. Ортотрансформування знімка на рівні розмірів пікселя. У даному випадку витримується умова колінеарності, що описує ситуації на даний момент часу при зчитуванні для елементарного образу.

Але при цьому потрібно враховувати наступне:

- a)* динаміку супутників (нестабільність швидкості, відхилення елементів зовнішнього орієнтування);
- б)* роботу сканера (ракурс, елементи внутрішнього орієнтування і дисторсія);
- в)* параметри Землі;
- г)* вибір картографічної проекції для створення карт матеріалів.

Нові програмні продукти враховують усі ці зміни параметрів. Достатньо зазначити, що використання параметричної моделі для обліку систематичних похибок дає можливість зменшити дані похибки в 1,5 рази при наявності 68-80 опорних пунктів.

Таким чином, сучасні супутникові системи дають змогу впевнено одержувати матеріали для створення карт у масштабах 1:5 0000 – 1:10 000. Причому чітко проглядається тенденція до збільшення їх роздільної здатності, що у свою чергу приведе до підвищення точності, а значить, і достовірності матеріалів знімання. Використання панхроматичного знімання дає можливість підвищити точність дешифрування об'єктів на земній поверхні, а виконання знімання в багатьох піддіапазонах випромінювання –

розширює можливості проведення усесторонніх досліджень лісової рослинності та підстиляючої поверхні.

На основі матеріалів аерокосмічного зондування лісових ресурсів вирішуються такі лісогосподарські завдання: ландшафтно-економічне, комплексне лісогосподарське районування, картографування та облік лісового фонду; охорона лісів від пожеж; захист від комах-шкідників, стихійного лиха, промислових забруднень; контроль за порядком лісокористування та відновлення лісів; облік поточних змін у лісовому фонді.

2.2 Матеріали дистанційного знімання та їх інформативність

Матеріали дистанційного знімання розрізняють за видом (способом отримання), масштабом, оглядом, просторовою здатністю, інформативністю.

За оглядом весь масштабний ряд космічних знімків, які використовують в лісовому господарстві, поділяється на 3 види:

- регіональні (м-б 1:100000-1:50000, Rз - сотні метрів і одиниці кілометрів);
- локальні (м-б 1:25000 - 1:10000, Rз - 20-100 м);
- детальні (м-б 1:10000 і крупніше, Rз – 10-15 м і краще).

За просторовою розрізненністю (Rз) космічні знімки поділяються на 4 групи:

- малої;
- середньої;
- високої;
- понадвисокої розрізненності.

Із просторовою роздільною здатністю тісно пов'язана детальність зображення. Дешифрування доцільно виконувати із оригіналами і при великому збільшенні. Знімки середньої детальності, надають необхідну інформацію на одиницю площі та дозволяють працювати з суттєвим збільшенням.

Інформативні знімки мають R_z 20 лін /мм і вище. Вони містять великий об'єм інформації, їх збільшення ($10-20^x$). Ці фотознімки отримують високоякісною зйомочною апаратурою (багатозональною камерою МКФ-6).

Для аерознімків найбільш важливими ознаками є масштаб і роздільна здатність.

Розрізняють надвеликомасштабні (1:2000 і більше), великомасштабні (1:3000-1:10 000), середньомасштабні (1:10 000-1:30 000), дрібномасштабні (1:30 000-1:100 000) і наддрібномасштабні (дрібніше 1:100 000) аерознімки. Майже всі аерофотознімки мають R_z порядку 10-20 лін / мм , а обзорність їх, як і космічних, залежить від масштабу і розміру кадру аерофотоапарату [7].

Для вивчення лісів виконують аерокосмічну зйомку переважно у видимому і ближньому ІЧ-діапазонах.

Найкращі для дешифрування матеріали кольорової спектральної чи багатозональної фото- і сканерної зйомки, коли вони виконані одночасно у видимій і ІЧ-зонах спектру.

При дешифруванні аерокосмічних знімків об'єкти розпізнають по комплексу прямих і непрямих дешифрувальних ознак. До прямих відносяться ті, які безпосередньо зображені на знімках і сприймаються дешифрувальником – тон (колір), форма, розмір, розміщення, тіні, рисунок (текстура, структура). До основних непрямих дешифрувальних ознак лісу відносяться ландшафтні.

Рисунок на знімку створюється комплексом всіх формуючих його ознак. Він залежить від місцевості, масштабу зображення, роздільної здатності знімків, типу фотоматеріалів, спектральних зон і умов зйомки.

На космічних знімках зображення лісових масивів сприймається як єдине ціле, і має свій специфічний рисунок в залежності від масштабу зображення, характеру рельєфу, гідрологічної сітки, геологічної будови і ступеня господарської освоєності території.

На рисунок знімку суттєво впливає господарська діяльність. Суцільна і вибіркова вирубка лісу, гідролісомеліоративні заходи, підготовка ґрунту під

лісні культури та інша господарська діяльність змінюють характер зображення, його рисунок.

При переході від одного масштабу до іншого зазнають змін всі елементи знімку (тон, колір, розміри і форма), змінюючи тим самим все зображення. При зменшенні масштабу зображення узагальнюється. Зникають чорно-білі напівтони тим швидше, чим менші контури і контраст їх зображення. На кольорових знімках узагальнюючим кольором зображуються об'єкти, в які входять елементи різних кольорових відтінків.

Лінійні контури при зменшенні масштабу узагальнюються, спрощуються та випростовуються в результаті зникнення мілких звивин. Розмиті границі стають контрастними і більш вузькими, наближаючись тим самим до лінійних.

Таким чином, по мірі зменшення масштабу на рисунках зображення все у більшій мірі впливає структура природно-територіальних комплексів (ПТК) різних рангів – фацій, урочищ, місцевостей, ландшафтів.

На кольорових з передачею натурального кольору та кольорових спектрональних і багатозональних синтезованих зображеннях структура і рисунок підкреслюються кольоровою мозаїкою, яка подана у певній прийнятій гамі кольорів, що суттєво полегшує їх дешифрування.

Інвентаризація лісів при лісовпорядкуванні і великомасштабне багатоцільове картографування у зоні інтенсивної лісогосподарської діяльності, а також оцінка стану деревостанів, лісовідновлення цінними породами на вирубках і згарищах – потребують використання високоінформативних знімальних матеріалів.

При використанні дрібномасштабних знімальних матеріалів, коли необхідні характеристики об'єктів можуть бути отримані за генералізованими ознаками і загальною ландшафтною та географічною інформацією вирішуються задачі, пов'язані з дрібномасштабним картографуванням лісів, інвентаризацією лісового фонду маловивчених

регіонів, обліком значних за площею змін у лісі, які спричинені антропогенною діяльністю та стихійними лихами.

У кожному конкретному випадку доцільно використовувати оптимальні по виду та інформативності знімальні матеріали.

Радіолокаційна зйомка (РЛ-знімання) є всепогоднім і може проводитись як у денний, так і в нічний час. Вона несе особливу інформацію про підстиляючу поверхню і лісовий фонд. Точність відтворення форми знімальних об'єктів на РЛ-знімку залежить від роздільної здатності та стабільності роботи станції. Розрізняють роздільну здатність за азимутом польоту носія апаратури і за дальністю об'єкта від РЛ-зйомки.

Для РЛ-зображень характерні глибокі тіні, які мають об'єкти зі значним перепадом висот. Тіні допомагають краще виявити рельєф місцевості. Їх довжина залежить від кута нахилу зондуючого радіопроменя і різниці висот між об'єктами. При незначних кутах нахилу різниця у висотах простежується краще, так як довжина РЛ-тіні збільшується. Довжину тіні визначають прямим вимірюванням по РЛ-знімку з врахуванням його масштабу. Від неї можна перейти і до висоти зображених на знімках об'єктів. Висота може бути визначена і по стереомоделі за різницею повздовжніх паралаксів.

Лісові масиви на РЛ-знімках добре відрізняються від нелісових площ за тоном і структурою зображення та розділяються за групами переважаючих порід (особливо на зимових знімках), густотою, віком. Серед нелісових площ добре видні с/г землі, вирубки, дороги, просіки, болота, ріки. Підвищення вологості земель збільшує оптичну густину зображення.

Ступінь детальності дешифрування РЛ-знімків залежить від їх роздільної здатності. Сучасні РЛ-зйомки дають змогу отримувати знімки із здатністю на місцевості у десятках і навіть одиницях метрів.

Використання теплової зйомки дає додаткову інформацію про ліси, зокрема про типи лісорослинних умов, які значно відрізняються ступенем вологості ґрунтів. Вологі ділянки на рівні ґрунту звичайно холодніші, ніж

дреновані, поверхня яких прогрівається швидше. Холодні предмети зображуються на ІЧ – знімках більш темними, ніж теплі.

Перепад температур відбувається і в наметі насаджень, що важливо, так як на знімках зображується тільки верхня частина насаджень. Аналіз рослинності за тепловим зображенням буде більш ефективним при одночасному використанні кольорової спектрозональної або багатозональної зйомки у видимій і ближній ІЧ – зонах.

Пошкоджені та сухостійні дерева різко відрізняються від здорових показниками температури, що дозволяє використовувати теплову зйомку для їх виявлення в насадженні [16].

Отже, результативність дешифрування залежить не тільки від інформативності знімальних матеріалів, а й від вдосконалення методів дешифрування, досвіду і кваліфікації дешифрувальників, та використовуваних технічних засобів.



РОЗДІЛ 3 МЕТОДИ АНАЛІЗУ ТА ОБРОБКИ ФОТОМАТЕРІАЛІВ ПРИ ЛІСОВПОРЯДКУВАННІ

3.1 Методи та засоби дешифрування

Залежно від технічних засобів розрізняють дешифрування візуальне (аналітичне), вимірювальне (інструментальне) та автоматичне (машинне).

При візуальному дешифруванні проводять аналіз фотозображення за такими показниками, як колір або тон зображення, форма об'єкту та його розміри, розміщення, тіні, структура і малюнок зображення, визначають вид об'єкту та його характеристики.

При вимірювальному дешифруванні з допомогою оптико-механічних приладів проводять вимірювання деяких характеристик фотозображень насаджень (розміри крон дерев, тіней, зімкнутість намету насадження, висоти дерев) і на їх підставі встановлюють господарські характеристики насаджень [17].

Предметом аналізу при дешифруванні є аеро- чи космічне фотозображення, яке передає особливості насаджень та інші об'єкти місцевості відповідно їх природним властивостям, взаємозв'язкам, які об'єктивно існують у природі.

Крім природних особливостей насаджень та інших об'єктів місцевості на формування фото зображення впливають і інші фактори. Найбільш суттєвими з них є атмосферно-оптичні умови (освітленість, висота і азимут Сонця в момент фотографування, хмарність), умови самого процесу аеро- чи космічної фотозйомки (швидкість польоту носія, висота фотографування, висота і нахил орбіти, базис зйомки та ін.), особливості використання апаратури (властивість об'єктива, фокусна відстань, роздільна здатність), види плівки (роздільна здатність, спектральні, сенсітометричні характеристики).

Аерокосмічний фотознімок передає зображення місцевості згідно законам центральної проєкції і в залежності від елементів внутрішнього і зовнішнього орієнтування. Внаслідок впливу всіх цих факторів фотозображення насаджень та інших об'єктів виглядає по-різному не тільки на сусідніх аерокосмічних маршрутах, а й в межах одного кадру аерофотознімку. Внаслідок цього та з інших причин не знайшов застосування у практиці лісовпорядкування метод дешифрування аерознімків по еталонам аерофотозображення об'єктів. Крім того, різноманітність природних факторів, зумовлюючих характер і зростання дерев, значна кількість показників (не менше 8), які входять в таксаційну характеристику, високі вимоги до детальності і точності цих показників визначають високу мінливість таксаційних характеристик насаджень, для яких неможливо підібрати потрібну кількість еталонів. Тому лісове дешифрування є аналітичним процесом вивчення фотозображення аерокосмічних фотознімків, розпізнавання та визначення таксаційних показників насаджень та інших категорій земель лісового фонду.

При дешифруванні використовують не тільки загальні професіональні знання дешифрувальника про об'єкти (лісівництво, біологічні особливості дерев, таксаційну будову насаджень), але й знання місцевих регіональних особливостей цих об'єктів. Таксатори-дешифрувальники вивчають місцеві особливості насаджень, аналізують ознаки дешифрування та складають відповідні таблиці, набувають навиків стереоскопічних спостережень [18].

При автоматичному дешифруванні використовують систему, яка забезпечує автоматизований аналіз фотозображень і отримання на цій основі картографічних матеріалів і таксаційних характеристик насаджень.

Автоматизована система у дешифруванні аерокосмічних знімків – сукупність керованого об'єкта й автоматичних керуючих пристроїв, у якій частину функцій керування виконує людина.

У складі автоматизованої системи оператор-дешифрувальник і технічні засоби, що дозволяють проводити автоматизований аналіз зображень на

аерокосмічних знімках з детальністю, об'єктивністю та швидкістю, яка недоступна людині, та представляти його результати в заданій формі.

Щоб забезпечити автоматизоване дешифрування, формують опорні банки даних (ОБД). Для цього в об'єкті робіт в підготовчий період закладають до 100 пробних площ насаджень однієї породи, які повинні достатньо повно характеризувати насадження об'єкта. Потім за допомогою скануючого мікроденситометра з аерокосмічних знімків зчитують зображення кожної пробної площі, перетворюють його в цифрову форму та визначають комплекс фотометричних зображень намету насаджень. Фотометричні ознаки кожної пробної площі та її таксаційні показники зберігаються в пам'яті ЕОМ і утворюють ОБД. На наступному етапі оператор-дешифрувальник виконує попереднє візуальне стереоскопічне дешифрування всіх знімків об'єкта. При цьому на знімки наносяться контури всіх виділів таксаційних і для кожного з них встановлюються узагальнюючі дешифрувальні ознаки (УДО):

- категорія земель
- переважаюча порода
- група віку
- повнота
- тип лісу

Після цього аерокосмічні знімки з нанесеними контурами виділів з допомогою скануючого денситометра або телевізійної системи вводять у пам'ять дисплейної системи та висвічують на екрані дисплея. Оператор курсором вказує таксаційний виділ, характеристику якого потрібно визначити. Скануючий денситометр зчитує зображення оконтуреного виділу, а програмне забезпечення розраховує статистичні фотометричні ознаки цього зображення. Одночасно в програмне забезпечення ПК вводяться УДО даного виділу. Використовуючи інформацію опорного банку даних, ПЗ розраховує значення віку, висоти, діаметра, повноти, запасу насадження даного виділу

на підставі статистичних моделей взаємозв'язку між фотометричними ознаками та таксаційними показниками насаджень, що зберігаються в ОБД. Клас бонітету лісу та товарність визначають розрахунковим методом.

Дана технологія використовується у виробництві з 1979 року. Помилки визначення таксаційних показників лежать в межах від 13,8 до 20,4%. Використання цієї технології дає змогу в 1,5-5 разів зменшити затрати на проведення польових робіт [18].

3.2 Дешифрувальні ознаки об'єктів лісовпорядкування

При розпізнанні та визначенні таксаційних показників якісних характеристик насаджень важливу роль відіграють ознаки, які передають особливості зображених на аерокосмічних знімках об'єктів із забезпеченням їх ідентифікації. Важливе значення в загальному процесі аналітичного дешифрування має вивчення ознак дешифрування заздалегідь, оцінка їх інформативності та надійності.

Ознаки поділяють на фотометричні, геометричні, структурні та природно-територіальні характеристики фотозображення проекції крон дерев, наметів насаджень та різних категорій лісових земель.

Враховуючи фізичні особливості знімків, біологічні властивості лісової рослинності та закономірності ПТК виділяють наступні класи ознак дешифрування:

а) фотометричні – тон на чорно-білих або колір на спектрональних знімках, фіксуючи відмінність у спектральній відбиваючій здатності лісової рослинності та інших об'єктів;

б) морфологічні – відображають морфологію об'єктів, форму, розміри крон, маюнок зображення намету насаджень та не покритих лісом ділянок;

в) ландшафтні – відображають закономірності поширення лісових об'єктів, в першу чергу типів лісорослинних умов та переважаючих порід в залежності від геоморфологічної структури ландшафту.

Фотометричні і морфологічні ознаки передають особливості насадження безпосередньо на знімку і являються головним предметом аналізу в загальному процесі дешифрування зображення.

Ландшафтні ознаки відображають об'єктивно існуючі в природі закономірності природно-територіальних комплексів (ПТК), дешифрування їх мало пов'язане із зображеними властивостями знімків.

Ландшафтний підхід (ЛП) – загальний принцип вивчення природи, який базується на тому що ландшафтна оболонка Землі являє собою систему ПТК різного рангу, генетично та динамічно пов'язаних між собою, мають однорідну морфологічну структуру. ЛП при дешифруванні передбачає попереднє виявлення ПТК, встановлення закономірностей у їх територіальному розміщенні. На основі дешифрування космічних знімків з використанням топографічних та комплексу тематичних карт послідовно виділяють ландшафтні країни, області, округи, ландшафти. Потім в залежності від задачі дешифрування у межах ландшафтів виділяють види місцевостей, а в них – урочищ. В результаті ландшафтних досліджень створюють карту з детальною характеристикою виділених ПТК або таблицю, де відображені взаємозв'язки ПТК з типами лісорослинних умов, переважаючими породами.

Встановлені закономірності, представлені картою з детальною легендою або таблицею використовують в якості ландшафтних ознак дешифрування – вони дозволяють зменшити обсяг пошуку – при розпізнаванні об'єктів за фотометричними та морфологічними ознаками [18].

Зображення на фотознімках морфологічних ознак дешифрування в значній мірі залежить від масштабу та виду матеріалів зйомки (при однакових технічних умовах аерофотозйомочного процесу). У свою чергу, масштаб аерокосмічних фотознімків визначає які об'єкти лісової рослинності або її сукупності можливо за ним визначити.

Чим більше ознак дешифрування виявлено та встановлено на аерознімках тим вищі їх зображувальні властивості і більша можливість розпізнавання за ними об'єктів (див. додат. В).

На надвеликомасштабних, великомасштабних, середньомасштабних аерознімках об'єктами дешифрування є дерева чи їх сукупність (елементи лісу) і тому в якості ознак використовуються зовнішні форми і характеристики дерев, проекції крон та їх сполучень. Такими ознаками є:

- колір, форма, розміри, випуклість, контурна структура, текстура, густина і зімкнутість крон;
- форма краю проекції і вершини крон;
- перехід освітленої частини крони до затіненої та особисті тіні крон;
- форма, розміри і просторове положення гілок;
- форма і розміри проміжків між кронами;
- висота дерев і поглядання намету вглиб.

При розпізнаванні окремих дерев на великомасштабних аерофотознімках форма і розміри проміжків, як правило, є малоінформативними ознаками і не використовуються.

У зв'язку з генералізацією фотозображення на велико- і середньомасштабних аерознімках ряд ознак втрачають значення. Для дешифрування за ними складу і класу віку насаджень використовують наступні ознаки:

- колір, форма, розміри і випуклість крон;
- перехід освітленої частини крони до затіненої;
- форма і розміри проміжків між кронами;
- висота дерев і поглядання намету вглиб.

Для дешифрування дрібномасштабних і космічних знімків використовується наступна система ознак:

- колір (або тон), контурна структура і текстура зображення;

- випуклість, розміри груп крон і розміри проміжків;
- різновисотність і поглядання вглиб намету насаджень.

Вивчення ознак дешифрування починається з стереоскопічного аналізу фотозображень пробних площ (велико- і середньомасштабні аерознімки) або виділів (космічні та дрібномасштабні), які мають наземне таксаційне обґрунтування. При стереоскопічному аналізі за допомогою стереоприладів, оптичне збільшення яких вичерпує роздільну здатність аерокосмічних фотознімків, візуально оцінюють фотозображення крон дерев, намету насаджень та його структурних елементів, вимірюють їх видимі параметри.

Кількість пробних площ або виділів з переліковою таксацією залежить від цілей дешифрування, тобто об'єктів або таксаційних показників, які будуть розпізнаватися за знімками. У більшості випадків такими об'єктами є: категорія земель, деревна порода, клас чи група віку, тип лісорослинних умов або група типів. На кожний об'єкт для аналізу ознак дешифрування в натурі закладають 3-5 пробних площ або виділів, роблять на них вибірково-перелікову таксацію, а потім розпізнають і наносять на аерокосмічні знімки. При виборі пробних площ перевагу надають чистим за складом деревостанам [18].

3.3 Дешифрування лісів за аерокосмічними фотознімками

Основу вимірювального дешифрування аерокосмічних фотознімків складають об'єктивні оцінки параметрів різних категорій земель, насаджень та окремих дерев. Вимірювання здійснюється двома шляхами:

- плановим (за одиничним знімком);
- стереоскопічним (за стереопарою знімків за допомогою стереоприладів).

Всі параметри дерев і насаджень можна визначити кожним із цих способів. Однак при стереоскопічних вимірах більші можливості точних результатів.

Досліди та результати вимірювань за одиничними знімками показали, що цей спосіб прийнятий тільки для визначення розмірів і контурів об'єктів у рівнинній місцевості, яка має значну площу і виражені контури. Вимірювання показників дерев і насаджень із-за складності і трудомісткості, пов'язаної зі специфікою аерофотозображення, не знайшло широкого практичного застосування. Враховуючи специфіку космічної зйомки, роздільну здатність цих знімків, очевидно, що стереоскопічні виміри показників насаджень за ними виконувати неможливо, тому вимірювальні методи дешифрування загалом відносяться до матеріалів аерофотозйомки.

Основним показником, вимірюваним на аерознімках, є висота насадження. Інші показники: кількість дерев, діаметр проєкцій крон, зімкнутість намету не входять до числа традиційних таксаційних показників, проте використовуються для одержання різних характеристик насаджень.

Такі показники як: вимірювання діаметрів крон, зімкнутість намету і підрахунок дерев під стереоскопом трудомісткі та різко знижують дешифрування.

Підрахунок кількості дерев, тобто зображених проєкцій крон, виконують при максимальному оптичному збільшенні (4,5-6^x). Результати підрахунку показують, що на аерофотознімках можна розгледіти завжди меншу кількість дерев, та лише ті, які були освітлені Сонцем у момент зйомки, а розміри їх перевищували роздільну здатність знімків.

На кількість зображених на аерознімках дерев має вплив будова насаджень, вертикальна і горизонтальна зімкнутість намету. Підрахунок всіх дерев під стереоскопом на пробних площах показує, що навіть на аерознімках надвеликого і великого масштабу не видно від 13 до 35% дерев (табл.3.1).

Не враховані за аерознімками дерева складають значно меншу частину від загального запасу насаджень, ніж від кількості дерев. При цьому в ялиновому насадженні частка зниження запасу рівна чи навіть вища ніж у

сосновому, хоч кількість дерев, які визначаються на аерознімку у цих насадженнях значно менша.

Таблиця 3.1

Кількість дерев зображених на надвеликомасштабних аерознімках

Склад насадження	Кількість дерев в натурі	Враховано дерев (%) за аерознімками масштабу					
		1:1000		1:2000		1:3000	
		за числом	за запасом	за числом	за запасом	за числом	за запасом
10С(50)	371	87	-	86	-	79	-
9С1Б(70)	524	74	93	71	92	67	88
9Я1С(120)	154	65	93	66	93	64	91

Із зменшенням масштабу знижується дійсна роздільна здатність аерознімків, отже, кількість крон зображених на аерознімках, зменшується.

Із зменшенням масштабу до 1: 40 000 різко зменшується кількість дерев, крони яких зображуються на знімку, в середньому складає лише 24 %, а для масштабу 1: 50 000 – 21 %. Незважаючи на добре розпізнавання деревних порід за цими аерознімками, визначення за ними складу насаджень при аналітичному дешифруванні буде супроводжуватись помилками.

При вимірюванні діаметрів крон необхідно враховувати, що на аерознімках звичайно зображуються крони дерев, які складають верхній намет насадження. Вони у насадженні є найвищими, мають найбільший діаметр крон і в ряді розподілу розміщуються праворуч. Непомітні на знімках низькі дерева з найменшим діаметром крон, тобто ліва сторона ряду розподілу. На аерознімках отримується проекція тільки освітленої частини крони, діаметр якої, як правило, завжди нижче натурального, визначеного за найменшим значенням ширини крони.

Форма крони змінюється в залежності від віку, лісорослинних умов і будови насаджень.

Середньоквадратична похибка вимірювань діаметрів крон за спектрональними аерознімками масштабів 1: 1000 – 1: 2000 складає 0,4 - 0,7 м і супроводжується від'ємною систематичною помилкою в межах 0,1 - 0,2 м. Для середньомасштабних аерознімків вимірювання діаметрів крон

здійснюють при аналізі ознак дешифрування, тренуванні виконавців і в подальшому використовують їх одночасно з окомірними оцінками в якості ознак при аналітичному дешифруванні.

Зімкнутість намету визначається за допомогою точкових і квадратних палеток в цілях встановлення взаємозв'язків цієї ознаки з відносною повнотою насаджень. Точність визначення знаходиться в межах 12-15 % [17].

Більш простий спосіб визначення зімкнутості намету - за допомогою лінійки підраховується число міліметрів під проекціями крон дерев. Діленням суми довжин крон на загальну довжину лінії визначають відносну зімкнутість намету.

Запас деревостану визначається за формулою [19]:

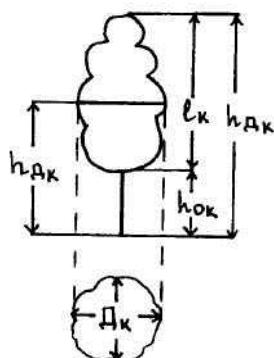
$$M = \Sigma gfH,$$

де: M – запас деревостану, Σg – сума площ перерізу стволів на висоті грудей, f – видове число, значення якого беруть з таблиці, H – висота деревостану

Деревна рослинність зображується на аерознімках чітко і границі її визначаються точно. Ліси різного складу мають зернистий рисунок зображення, який тим більше відрізняється формою, розміром зерен чим крупніший масштаб. Величина і форма зерен аерофотозображення лісів залежить від розміру і будови крон дерев на місцевості, від густоти лісу.

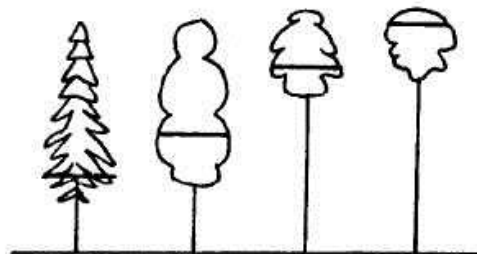
Форми крон окремих дерев можуть використовуватись при дешифруванні великомасштабних знімків (1: 15000 і крупніше). Вони добре продивляються на краях і передаються падаючою тінню. Форма і розміри крон дерев різних порід неоднакові, а їх найбільший діаметр знаходиться на різній висоті від поверхні землі (рис.3.1).

а) – ознаки форми і розміри крон дерев



h_{dk} - висота крони;
 L_k - розмір крони;
 $h_{ок}$ - висота до крони;
 D_k - діаметр крони.

б) – форми крон різних
деревних порід



Ялина Береза Сосна Осика

рис.3.1. Форма крони дерев [19]

Діаметром крони вважають її найбільший поперечний розмір. Найбільший діаметр зображення крони дерева на аерознімку може бути у дерев, які розміщені поруч з головною точкою знімка. Для ялини і ялиці характерна конусовидна форма крон, для модрина – зіркоподібна, крони сосни мають форму напівкулі. Зображення крон дерев у лісі залежить від його густоти та умов освітленості сонцем намету лісу у момент аерофотозйомки (рис.3.2).

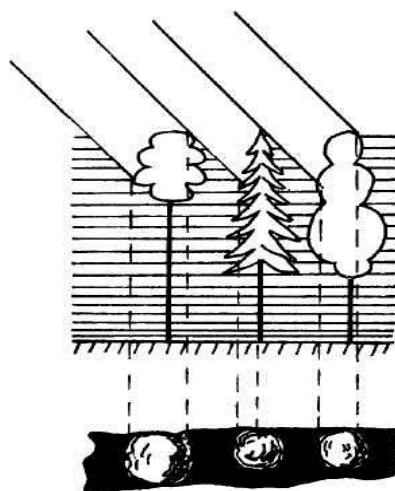


рис.3.2 Схема зображення на знімках крон дерев однакового діаметру [19]

На знімках середніх масштабів зображуються не крони окремих дерев, а вершини крон, які злилися.

Тон або колір зображення лісу залежить від тону або кольору зображення окремих крон, від співвідношення у видимому наметі лісу затемнених і освітлених частин, від кольору і тону підстилаючої поверхні, яка просвічується через крони. Як правило, ліси з ялини, ялиці і сосни характеризуються більш темними тонами ніж листяні і модринові.

Зі складом деревної рослинності пов'язана і будова намету лісу, який може бути різновисотним в середині одного масиву (ялинові, ялицеві ліси) та рівномірним по висоті (соснові, осикові ліси). Дешифрованою ознакою є і характер розподілу дерев у наметі лісу, який пов'язаний з біологічними особливостями видів. Наприклад, рівномірний розподіл дерев характерний сосновим насадженням, груповий – березнякам, куртинний – осичникам

При дешифруванні лісів слід враховувати місцеві умови вирощування, зональний вплив та розподіл, рельєф (експозицію та крутизну схилів), абсолютні висоти.

На аерознімках надійно розпізнаються вузькі смуги лісозахисних насаджень за різнотонними темно-сірими паралельними лініями, що чергуються, які утворені кронами дерев та їх тінями, а також окремі діброви, дерева.

За зміною кольору хвої, листя, кори стовбурів, ґрунтового покриву встановлюють куртини всихання, які виникають від різних причин: шкідників, грибкових захворювань, пожеж, посух. Матеріали аерозйомки дають картину площ згарищ, вітровалів, зрубів і природного поновлення на них, посадок лісу. Найкращим матеріалом для одержання таких характеристик є багатозональні кольорові і спектрональні фотознімки.

В несприятливих умовах зростання лісу має більш світлі кольори і нечітку зернистість, які обумовлені, як правило, меншою висотою, розрідженістю, поганим розвитком крон, деформацією стовбурів, наявністю сухостійних дерев та інших пригнічуючих форм.

Горілі ліси мають язиковидні, розірвані границі, які проникають у лісові масиви та бувають часто приурочені до природних границь (річок, ярів). Із зображенням згарищ контури буреломів (вітровалів) витягнуті в одну сторону – за напрямком вітру.

Сухостійні ліси виділяються майже білим тоном, прозорими тінями від стовбурів у вигляді чорних штрихів, провальної форми проекції намету. Вирубані ліси мають прямокутні контури, які часто прилягають до просік – прямим світлим чи темним лініям або смугам на знімку. На зрубках можна побачити кутини недорубів, лісовозні дороги.

Молоді ліси (поросль) виділяються меншою зернистістю зображення ніж стиглі, меншою висотою, рівним наметом. Їх правильні контури часто повторюють границі вирубок. Посадки лісу розміщують правильними рядами з чіткими геометричної форми границями. Лісові розсадники розміщуються, як правило, поблизу дому лісника. При дешифруванні деревної рослинності гарні результати дає використання матеріалів лісовпорядкування.

Чагарники дають на знімках дрібнозернисту структуру сірого і темно-сірого тону. Контури мають неправильний обрис. Суцільні зарості утворюють немов би одну загальну крону. Від деревної і трав'янистої рослинності вони відрізняються легко, важче від порослі – більш рівним тоном зображення, обумовленим однорідністю складу. Різні види чагарників за чорно-білими знімками не визначаються. Із зменшенням масштабу зникає і зернистість зображення. На знімках масштабу 1: 25000 вона майже непомітна.

При дешифруванні чагарникової рослинності основне значення мають непрямі ознаки, а саме – знання і врахування умов, особливостей зростання, розміщення, розселення в сукупності на конкретній території. Наприклад, в лісостепових і степових районах гігроморфні чагарники (вербові) розміщуються по низьким заплавам річок, западинам між річками, витягуються смугами по прирусловим валам. Зображення вербових порід має нерівний бородавчатий рисунок, особливо виділяються крупні, високі (2-4 м)

кущі окремих видів шаровидної форми. Мезоморфні чагарники, які не витримують довгого і глибокого затоплення (крушина, глід) приурочені до надзаплавних терас, це їх основна відмінна ознака. Чагарники ксеноморфного обліку (кизильники, зарості арги) розміщуються по високим терасам, їх схилам, за видами корінних порід.

Напівчагарники, чагарники, трави, мохи, лишайники відрізняються малими розмірами, не мають специфічного зображення і самі по собі не створюють рисунка. Тому на аерознімках отримується інтегральне зображення, дешифрування якого повинно опиратися на цілий комплекс ознак.

Для площ зайнятих угрупованнями тон зображення залежить від форми окремих рослин, характеру їх зімкнутості, ярусності, загального проективного покриття.

При розрідженій будові на тон впливає спектральна яркість не тільки рослинності, а й ґрунту.

Мозаїчний розподіл рослин в угрупованнях і характер їх комплексності можуть надавати зображенню певний рисунок. Наприклад, лугові угруповання, приурочені до западин, зображаються концентричними кільцевидними смугами різного тону, які відповідають поясності лугових угруповань, обумовлені змінами зволоження від центру до периферії [17].

Важливе значення при дешифруванні рослинних угруповань має рельєф. Саме ця ознака дозволяє відокремити різні види, зображені на знімку, однаковим тоном.

Отже, дешифрування рослинного покриву повинно спиратись на знання циклу розвитку рослин та географічних закономірностей їх розміщення в кожній широтній та висотній зоні.

Таксаційне дешифрування потрібно починати з аналізу ландшафтних ознак, використаних у вигляді ландшафтної карти чи таблиці, в якій вказана приналежність ПТК чи типів лісу і деревних порід до різних елементів та показників рельєфу. Значення першочерговості використання ландшафтних

ознак підвищується із зменшенням масштабу аерофотознімків, і для космічних вони стають провідними.

Після визначення меж природно-територіальних комплексів і встановлення різних типів деревних порід застосовують фотометричні і морфологічні ознаки. На основі їх аналізу виявляють переважаючу та супутні породи, коефіцієнти складу насаджень, тип лісу і клас бонітету. На цьому етапі дешифрування, особливо при роботі з дрібномасштабними аеро- чи космічними знімками, необов'язково дотримуватися строгої послідовності визначення таксаційних показників. Потрібно починати дешифрування з визначення того таксаційного показника, який в даному випадку найбільш впевнено дешифрується по ландшафтним, фотометричним чи морфологічним ознакам. За нечіткої вираженості ознак розпізнавання деревних порід, що іноді зустрічається при дешифруванні космічних і дрібномасштабних аерознімків, переважаючу породу встановлюють по ландшафтним ознакам, тобто приймають деревну породу, яка має найбільш велику ймовірність переваг для даного ПТК [18].

За велико- і середньомасштабними аерознімками після встановлення складу насаджень вимірюють середні висоти яруса і елементів лісу. Потім на основі морфологічних ознак дешифрування з врахуванням даних висоти насаджень, типу лісорослинних умов визначають клас віку за елементами лісу і встановлюють клас бонітету – господарська оцінка насаджень. Всі насадження за господарською цінністю поділяються на 7 класів бонітету. Клас бонітету визначається за спеціальними таблицями на основі співвідношення між віком та висотою насадження [12].

Інші таксаційні показники визначають на основі виявлених залежностей: середні діаметри елементів лісу за середньою висотою, запас на 1 га за середньою висотою і відносною повнотою.

За космічними і дрібномасштабними аерофотознімками, після визначення переважаючих порід і типу лісу, також дешифрують групу або клас віку переважаючої породи. Для цього використовують головним чином

морфологічні ознаки: контурну структуру і текстуру зображення, колір, яскравісні характеристики тощо. При цьому клас бонітету встановлюють за віддешифрованим типом чи групою типів лісу.

Також враховують переважаючі і супутні породи, тип лісу, групу віку, рельєф місцевості. Решту таксаційних показників визначають на основі різних взаємозв'язків: середня висота – за групою (класом) віку, класом бонітету та переважаючою породою; середній діаметр – за середньою висотою; запас на 1 га – за середньою висотою і відносною повнотою.

Нелісові та не покриті лісом землі дешифруються також на основі фотометричних, морфологічних і ландшафтних ознак. Основні – морфологічні ознаки, які характеризують контурну структуру і текстуру зображення.

Важливе місце при дешифруванні цих категорій земель має апріорна інформація про них, тобто характерна форма і контури ділянок, їх положення і приуроченість до визначених природно-територіальних комплексів [17].

3.4 Програмні засоби обробки матеріалів ДЗЗ

Системи автоматизованої обробки даних дистанційного зондування складаються з тих же основних підсистем, що і географічні інформаційні системи - введення, збереження, обробка і представлення результатів. Це сприяло їх програмно-технологічній інтеграції з ГІС, у силу чого для роботи з аерокосмічною інформацією як програмне забезпечення використовують сучасні програмні растрові й інтегровані модулі ГІС. Різні ПЗ надають користувачам різні можливості по обробці знімків, які забезпечені закладеними в них програмними засобами аналізу й інтерфейсу.

Як правило, ці засоби включають деякий обов'язковий стандартний набір, по більшій частині інтерактивних, процедур попередньої корекції, трансформування і класифікації знімків з візуальним контролем їхнього виконання на екрані монітора в комплексі з іншими ГІС-технологіями. Усі

розширення або модифікації цього набору призначені для рішення задач різних рівнів складності при усебічному використанні даних дистанційного зондування. До програмних засобів зі стандартними можливостями відносяться Idrisi, MultySpec, серед повнофункціональних ПЗ виділяються ERDAS IMAGINE, TNTmips, ER Mapper, ILWI, GRASS. З погляду можливостей цифрової обробки знімків ці пакети відрізняються в основному набором засобів користувальницького інтерфейсу та їхньою зручністю.

ERDAS IMAGINE (ERDAS-Laika Inc.). ПЗ ERDAS IMAGINE лідирує серед використовуваних у світі програмних засобів обробки зображень. Він побудований на модульно-ієрархічному принципі, що дозволяє користувачеві придбати тільки необхідні модулі. Він складається з трьох базових наборів програм: IMAGINE Essentials, IMAGINE Advantage і IMAGINE Professional (для починаючих, підготовлених і професійних користувачів), кожний з яких містить у собі і розширює функціональні можливості попереднього набору. Ця структура програмного забезпечення базується на загальній архітектурі і має той самий інтерфейс користувача і функціональні можливості на різних комп'ютерних платформах.

Програмне забезпечення поєднує у собі функції растрової і векторної ГІС і системи обробки аеро- і космічних знімків.

Конфігурація IMAGINE Essentials пропонує базові засоби для візуалізації, інтерактивної корекції і кластеризації (Isodata) зображень і створення з їх використанням тематичних карт.

IMAGINE Advantage містить у собі усі функціональні можливості Essentials. Advantage призначений у першу чергу для тих користувачів, хто займається більш глибоким використанням даних дистанційного зондування і працює з ними регулярно. Представляючи собою середній рівень конфігурації базового комплекту програмного забезпечення, IMAGINE Advantage збільшує функціональні можливості Essentials за рахунок блоку розширених функцій обробки зображення, функцій аналізу растрової ГІС з

можливостями моделювання, засобів побудови поверхонь, а також ортотрансформування.

IMAGINE Professional володіє усіма функціональними можливостями Essentials і Advantage, а також додатковими можливостями по використанню алгоритмів класифікації для тематичного дешифрування і базових засобів роботи з радіолокаційними знімками.

Розширені можливості по застосуванню класифікації включають:

- можливість використання автоматизованих алгоритмів класифікації багатозональних зображень для виділення майданних об'єктів при побудові тематичних карт; при цьому можуть використовуватися класифікації по обумовленій користувачем системі еталонів (класифікація по типі дискримінантного аналізу), класифікації без введення еталонів (автоматичні, по типі кластерного аналізу), а також гібридні (їхнього сполучення);
- різноманітні засоби оцінки якості як системи еталонів (навчальних вибірок), так і одержуваної тематичної карти;
- різні способи створення системи еталонів: ручне цифрування контурів еталонних ділянок на знімку, автоматичне виділення на знімку областей із заданим ступенем внутрішньої неоднорідності, а також еталонних ділянок, що задаються майданними об'єктами на векторній карті у форматі ARC/INFO;
- оцінку ступеня надійності і якості проведеної класифікації.

TNTmips (Microimages, Inc.). ГІС-пакет TNTmips володіє всіма стандартними можливостями обробки аерокосмічних знімків. Крім цього, пакет дозволяє поєднувати растрові, векторні, ГІС, CAD або ТІ дані і бази даних у єдиному вікні. Пакет побудований на єдиних і однаковому для всіх обчислювальних платформ форматі даних, що входять у проект. Бази даних, створені в TNTmips або вже існуючі, можуть бути об'єднані з графічними об'єктами і використовуватися для керування параметрами відображення індивідуальних значень осередків растра, векторних або CAD об'єктів.

TNTmips підтримує будь-які географічні проекції, що можуть зустрітися при роботі з даними, отриманими з різних джерел. У TNTmips передбачений збір, обробка і наочне представлення статистичної інформації, що відноситься до всіх типів об'єктів, що входять у проект. Будуються гістограми, розраховуються площі, обчислюються середні значення і різні кореляційні функції. Можлива автоматична векторизація при скануванні карт.

ER Mapper (Earth Resource Mapping Ltd.) ER Mapper - пакет програм, розроблений австралійською компанією Earth Resource Mapping, що є одним з лідерів на ринку обробки даних дистанційного зондування. У пакеті ER Mapper використовується концепція алгоритмів, що дозволяють обробляти растрові зображення разом з векторними даними з ГІС і табличними даними з реляційних баз даних. Застосування динамічних зв'язків з ГІС і СУБД дозволяє оперативно використовувати всі дані про об'єкт, незалежно від форми і формату їхнього збереження. Пакет ER Mapper постачаний апаратом складання і редагування анотацій до растрових, векторних і крапкових об'єктів. Картографічні засоби, включені в пакет, забезпечують висновок зображень на широкий спектр поліграфічних пристроїв. ER Mapper поставляється у виді єдиного комплекту, що виключає необхідність придбання додаткових модулів. Застосування апарата "динамічних зв'язків" дозволяє поєднувати растрові зображення з векторними і табличними даними MAPINFO. Передбачено двосторонній зв'язок з даними ARC/INFO. У версії 5,5 допускається не тільки читання файлів ARC/INFO, але і коректування із середовища ER Mapper.

IDRISI (університет Кларка, США) розробляється з 1987 р. і названа на честь арабського географа і картографа XI століття Ідрісі. Пакет програм розроблений для навчання ГІС-технологіям. Це ПЗ обробки растрової інформації з усіма стандартними можливостями автоматизованої обробки зображень, нетопологічним векторним представленням і обмеженими можливостями аналізу векторних даних. Дані зображень зберігаються у форматі ASCII, бінарному і упакованому бінарному форматах; кожен файл

супроводжується файлом опису. Пакет містить близько 100 програмних модулів, що представляють три основні групи:

- основні модулі, що включають базові утиліти введення, збереження, керування і висновку растрових зображень;
- тематичні модулі, що забезпечують основними засобами аналізу растрових відеоданих (географічний аналіз, статистичний аналіз і обробка зображень), включають оверлейні операції, а також попіксельні арифметичні операції з зображеннями, елементи обробки цифрових моделей рельєфу, вимірювальні операції (площа, відстань, найкоротша шлях і т.п.), векторно-растрові і растрово-векторні перетворення (включаючи векторизацію полігонів) і візуалізацію векторних даних, математико-статистичні функції (регресійний, кореляційний, автокореляційний аналіз, полігони Тіссена), часовий аналіз і оцінку критеріїв, програми контрольованої і неконтрольованої класифікації і побудова 3-х мірних моделей, операції фільтрації;
- периферійні модулі, що містять утиліти конверсії між IDRISI й іншими програмами і форматами збереження даних.

ILWI (Integrated Land and Water Information System, (ITC)) розробляється Міжнародним інститутом аерокосмічних зйомок і наук про Землю (ITC), Нідерланди, з 1988 р. і призначена в першу чергу для навчання на міжнародних курсах ITC. Це інтегрована растрово - векторна система. ILWI може використовуватися для створення, керування, аналізу і відображення просторових (географічних) даних.

Система об'єднує можливості ГІС і програм обробки растрових зображень, працює з табличними даними й атрибутами, використовує векторні дані; ефективно виконує конвертування даних вектор - растр, тим самим забезпечуючи деякі топологічні функції картографічних пакетів; здійснює програмне конвертування даних у багато стандартних форматів і з них, дозволяє виконувати екранне проектування на графічному моніторі без

проміжних записів у пам'ять. Система має зручний користувальницький інтерфейс.

MultiSpec (Purdue Research Foundation. MultiSpec - програмний пакет, спеціально призначений для інтерактивного аналізу багатозональних зображень земної поверхні, одержуваних різними знімальними системами. У пакеті мається цільний і логічно обґрунтований набір алгоритмів для:

- імпорту і візуалізації зображень різних форматів;
- яскравісної корекції зображень з побудовою гістограм і трансформування в задану систему координат;
- визначення найбільш інформативних дешифрувальних ознак;
- виконання двох основних типів комп'ютерної класифікації знімків: з навчанням і без навчання; алгоритм швидкого виділення кластерів - придатний для швидкого, однокрокового поділу багатозонального знімка на просторово однорідні області; ітераційний алгоритм ISODATA - використовується для більш точної, багатокрокової кластеризації; методи мінімальної відстані, лінійного дискримінантного аналізу (Фішера), максимальної правдоподібності і два способи спектрально-просторової класифікації об'єктів по гіперспектральних знімках.

Тенденцією останніх років є розробка «хмарних» ресурсів, які на комерційній основі надають можливість отримувати та проводити різноманітні дослідження за ретроспективними та актуальними матеріалами дистанційного зондування. Прикладами такого ресурсу, який надає подібні послуги українським користувачам є *LandViewer* [20] та *EO Browser* [21].

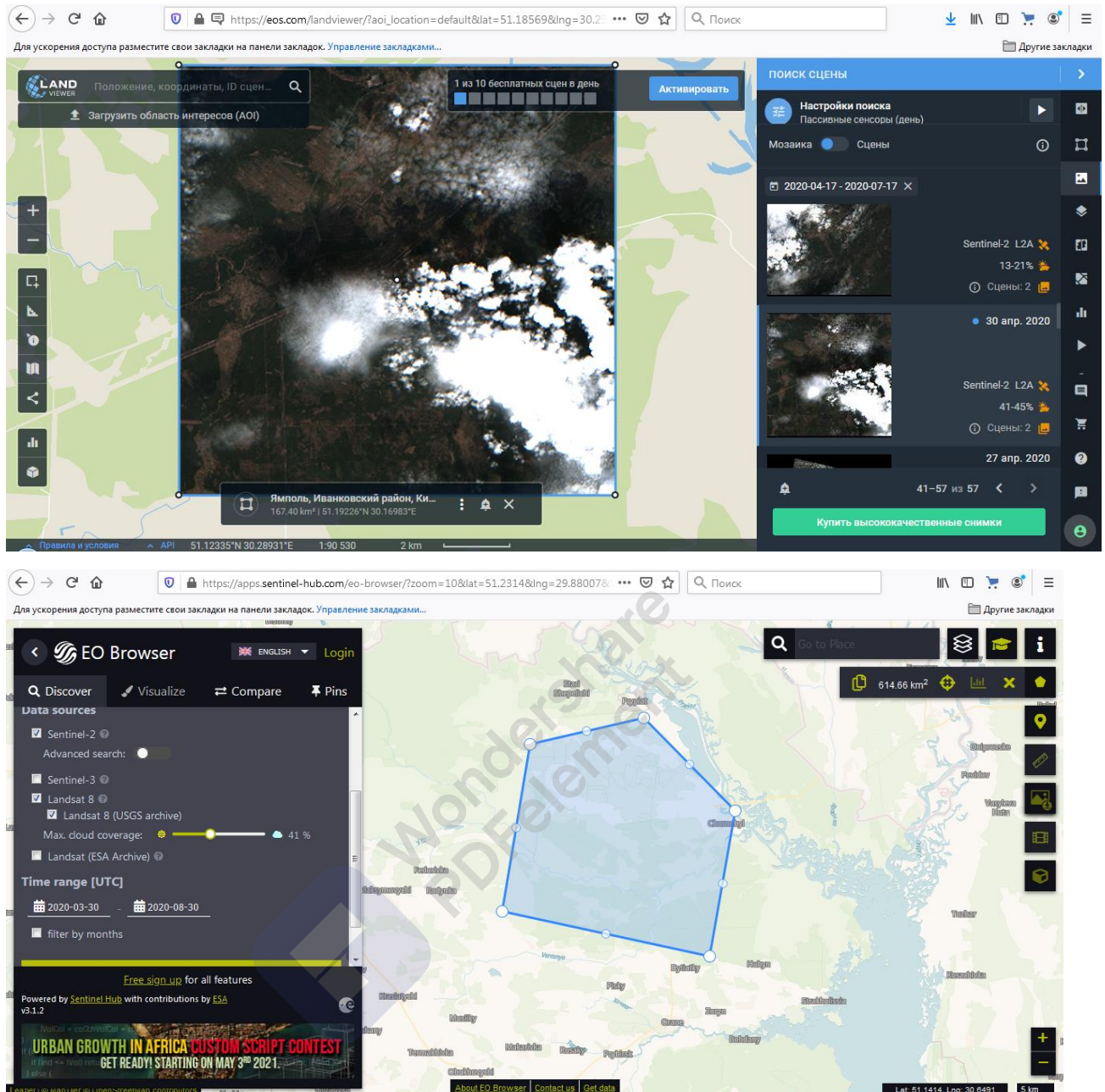


рис. 3.3 Интерфейс LandViewer та EO Browser

До можливостей *LandViewer* можна віднести:

- доступ до значної кількості супутників ДЗЗ, та їх матеріали знімань. Це супутники
 - KOMPSAT-2 (1 m/pxl)
 - KOMPSAT-3A (0,4 m/pxl)
 - KOMPSAT-3 (0,5 m/pxl)
 - SuperView (0,5 m/pxl)
 - Gaofen 1 (2,0 m/pxl)
 - Gaofen 2 (0,8 m/pxl)
 - Ziyuan-3 (2,0 m/pxl)
 - TripleSat (0,8 m/pxl)

- інтуїтивний підбір необхідної сцени дослідження, умов освітленості, часу доби, розрізненості тощо.

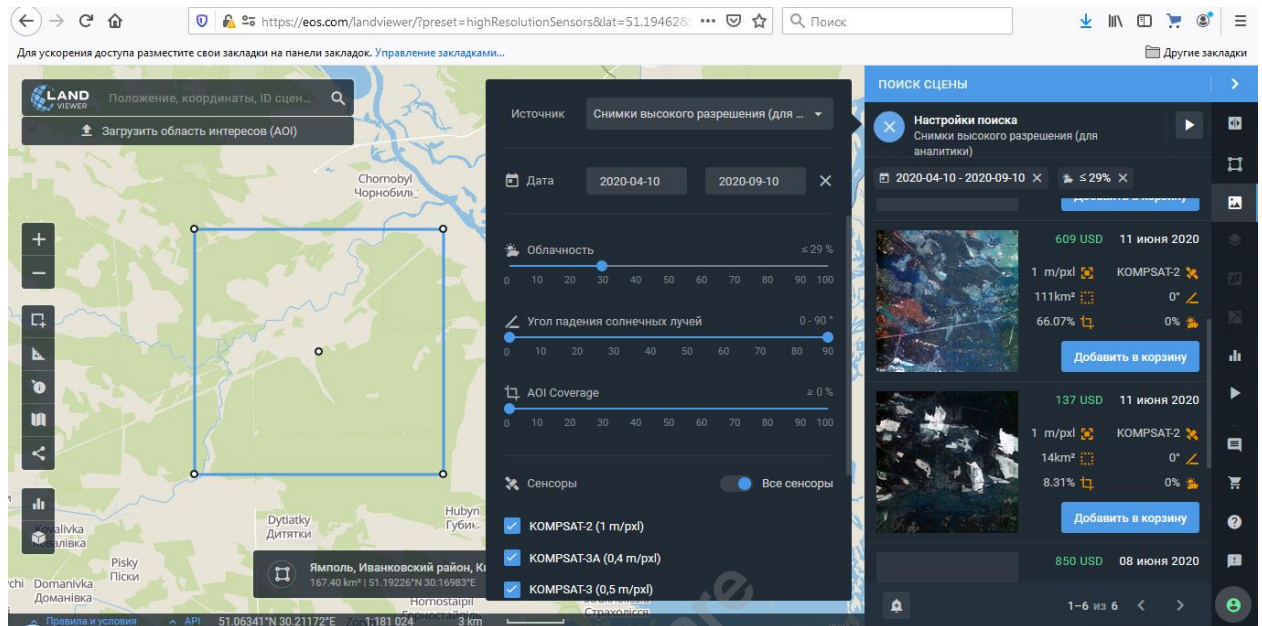


рис. 3.4 Підбір сцени дослідження

- вирішення надзвичайно широкого кола задач, серед яких:
 - ✓ моніторинг лісу: інвентаризація лісових ресурсів, контроль вирубок,
 - ✓ контроль знеліснення, розрахунок обсягу деревини в межах обраної території, високоточний контроль площі вирубок, виявлення районів поширення лісових паразитів, відслідковування динаміки росту насаджень в процесі лісовідтворення та заліснення;
 - ✓ оцінювання ризиків виникнення лісових пожеж, виявлення і координування точки загоряння майже в реальному часі,
 - ✓ аналіз ділянки охопленою пожежею за допомогою індексів NBR і BAI прогноз напрямку та швидкості поширення пожеж за допомогою RND моделювання з врахуванням погоди, рельєфу, порід дерев та ін.;
 - ✓ проведення оцінювання збитків нанесених пожежами з розрахунком площі вцілілих ділянок, визначення об'ємів згорілої та пошкодженої деревини.

РОЗДІЛ 4 ОСОБЛИВОСТІ ДИСТАНЦІЙНИХ МЕТОДІВ ВИВЧЕННЯ СТАНУ ТА ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ ЛІСОВОГО ФОНДУ

4.1 Оперативне картографування та визначення стану лісових масивів

Підрозділи різних міністерств та відомств потребують оперативну інформацію про лісовий фонд для прогнозування, планування, проектування, для проведення невідкладних заходів та інших видів робіт. Здебільшого їх цікавить узагальнена (генералізована) інформація у вигляді середньомасштабних карт спеціального змісту або тематичних дрібномасштабних карт.

Дрібномасштабні карти необхідні для (див. додат. Г):

- проведення інвентаризації природних ресурсів;
- здійснення природоохоронної діяльності;
- охорони лісів та земель;
- наукових досліджень;
- планування лісовпорядкувальних та лісодослідницьких робіт.

Для оперативного укладання тематичних дрібномасштабних карт лісів доцільно, як основу, використовувати матеріали космічних зйомок.

При укладанні карт використовують трьохступеневий метод отримання інформації про землі лісового фонду.

I ступінь – космічні дослідження. Створюється топографічна основа карти і здійснюється автоматизована кластеризація та класифікація (тематичне дешифрування) всієї території дослідження.

II ступінь – аерофотографічні дослідження. Використовується для вибіркового аеровізуальних обстежень або аерофотозйомки. За цими матеріалами уточнюють результати дешифрування космічних знімків.

III ступінь – наземні дослідження. Проводяться з метою науково-практичного вивчення закономірностей в структурі лісового фонду та уточнення дешифрувальних можливостей по космічним знімкам, а також виконуються роботи по контролю точності практичних результатів дешифрування.

Як основу для укладання лісогосподарських карт використовують топографічні карти, фотоплани чи ортофотокарти, складені за матеріалами космічних зйомок. Топографічна основа карти повинна містити загальногеографічні елементи: гідрографічну сітку, населені пункти, шляхи сполучення, границі, адміністративні центри, рельєф. Карти доцільно створювати на основі з рельєфом, зображеним горизонталями. Це дозволяє пов'язати з ним навантаження карти та межі природно-територіальних комплексів.

Одним із головних етапів робіт по створенню лісогосподарських карт є наповнення їх спеціальним змістом. На картах відображають територію земель лісового фонду. У її межах виділяють покриті лісом землі та основні категорії лісів, землі не вкриті лісом, а також нелісових земель [22].

На картах лісів можуть відображатися наступні основні дані:

- головна переважаюча лісоутворююча порода;
- другорядні переважаючі по площі або у складі насаджень деревні породи;
- групи віку (молодняки, середньовікові, пристигаючі, стиглі та перестиглі);
- групи запасів деревини на 1 га;
- групи повноти насаджень (тільки для масштабу 1: 200 000);
- не покриті лісом землі (вирубки, згарища);
- нелісові землі (сіножаті, ріллі, болота, води, піски);
- площі, не виражені в масштабі карти (фруктові сади, вирубки, чагарники);
- границі лісогосподарських підприємств;
- категорії лісів, заповідників, національних парків;
- дороги лісогосподарські та загального користування;
- контори лісогосподарських, деревопереробних підприємств.

Додатково на карти типів лісів наносять:

- 1) групи типів лісу (переважаючі породи);
- 2) класи бонітету або їх групи.

Зміст та повнота карт тематичного змісту визначаються вимогами замовника.

Космічні знімки дозволяють значно спростити трудомісткий та суб'єктивний процес генералізації географічного і тематичного навантаження та значно прискорити їх укладання.

Можна згадати про цільову програму контролю вирубок (2011 рік), яка базувалася на отриманні даних по космічних знімках високої розрізненості.



рис. 4.1 Дешифрування вирубок (місця вирубок, які виділяються як світлі плями)

З метою оперативного аналізу втрат лісу на всій поверхні суходолу Землі компанією Google спільно з інститутом світових ресурсів та ще близько 40 організаціями у 2014 році запущений онлайн-проект «Всесвітня лісова варта» (Global Forest Watch, GFW) [23]. Один з шарів цієї системи -

«Tree cover loss» надає інформацію про щорічні втрати лісового покриву, які дозволяють виявити зміни рівня рослинного покриву на ділянці 5 метрів (тобто на 1 піксель цифрового зображення відповідає ділянці землі розміром 5×5 м).

GlobalForestWatch на основі супутникових знімків фіксує лише зміну стану лісового покриву, не враховуючи нічого іншого. Це значить, що ліс можуть вирубати проводячи господарську діяльність, а можуть і висадити на місці вирубки для лісовідновлення. (див. додат. Д).

Переважає більшість таких втрат лісу в Україні, за даними GlobalForestWatch, - це суцільні рубки в рамках ведення лісового господарства в лісовому фонді державними та комунальними лісгоспами. І майже на всіх цих ділянках відбувається лісовідновлення або шляхом посадки («створення лісових культур»), або шляхом сприяння природному поновленню, якщо це дозволяють природні умови [24].

Сьогодні особливо актуальним стало отримання оперативної інформації у картографічному вигляді пов'язані з обставинами регулярного виникнення пожеж в лісових масивах.

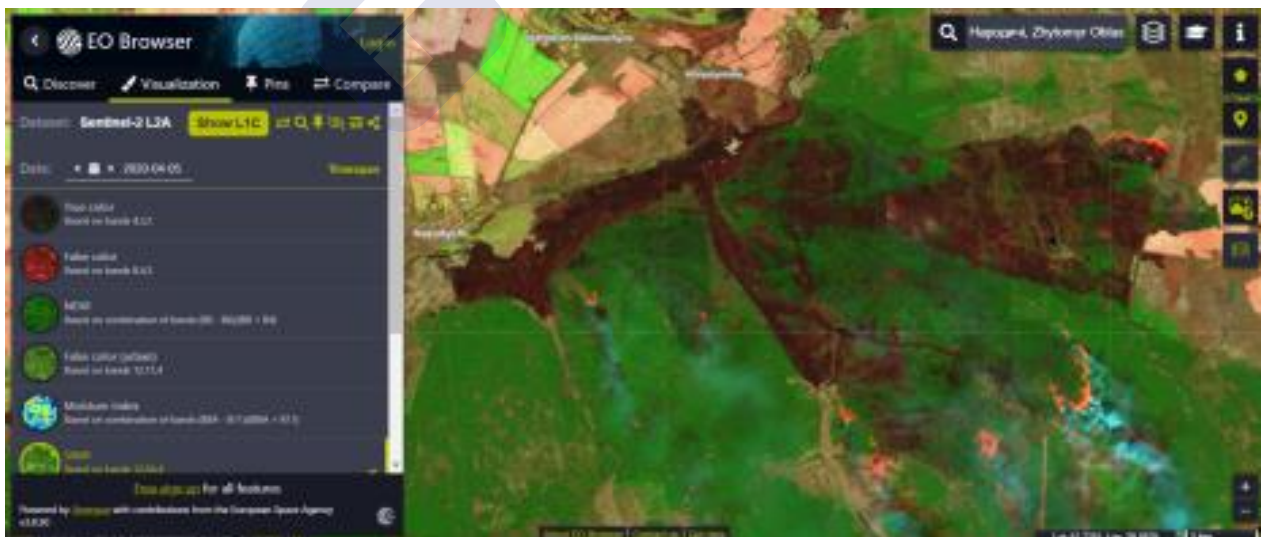


рис.4.2 Вигорівша ділянка лісу

На зображенні видно величезний осередок пожежі і темно-коричневі площі вигорілого лісу.

Методи детектування пожеж базуються на аналізі температур яскравості в окремих спектральних каналах. Ключовою ознакою пошуку осередків пожеж є локальне підвищення температури в місці загоряння, що дозволяє визначати і координувати їх майже в реальному часі. Підтвердження виявлення пожеж візуальним способом, дозволяє швидше та точніше визначити межі поширення теплових аномалій.

Присутність вогнища горіння в видимому спектрі визначається за наявності основної дешифрувальної ознаки лісових пожеж – димового шлейфу (рис. 4.3). За формою на знімку вогнище нагадує конус світло-сірого кольору.



рис.4.3

Для виявлення осередків відкритого вогню, за умови недостатньої видимості, яке викликане задимленістю території поширення пожежі, використовують мультиспектральні знімки з вибором відповідних комбінацій каналів ІЧ-випромінювання. Це надає змогу швидко визначити просторове положення джерел пожежі та прийняти відповідні рішення.

Такий метод обробки матеріалів ДЗЗ базується на наступних принципах:

- аналіз розподілу сигналу в межах визначених спектральних каналів сенсорів спостереження;
- правила віднесення ділянки зображення (або пікселя) до відповідного класу;
- статистичний аналіз розподілу спектральних характеристик окремих ділянок зображення (або пікселів);
- аналіз ймовірності вибору виокремленого пікселя до даного класу (кластеру).

Методика виявлення пожеж заснована на порівнянні температури (інтенсивності вхідного сигналу, отриманого радіометром MODIS) кожного пікселя в інфрачервоних спектральних каналах. Ця методика реалізована в рамках програми Scanex MODIS Processor з можливістю діалогової настройки вхідних і вихідних параметрів. При цьому вважається, що чим вища температура пікселя, тим більша ймовірність пожежі. Аналогічно, чим більша різниця температур в каналах, тим більша ймовірність пожежі [25].



Рис.4.4 Технологічна схема визначення площ згорівших територій за даними MODIS [26]

Радіометр MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) є одним з ключових знімальних приладів, встановлених на борту американських супутників TERRA й AQUA, які здійснюють дослідження Землі з космосу за програмою EOS (Earth Observing System) національного аерокосмічного агентства (NASA) США.

Радіометр MODIS дозволяє здійснювати щоденний оперативний моніторинг територій. Періодичність спостереження окремої території при зйомці одним супутником становить від 1–2 разів в денний час і стільки ж разів вночі. В якості картографічної основи для підрахунку площ вигорілих територій в роботі використовувалися дані GeoTIFF версії оригінального продукту MODIS MCD45.

MODIS MCD45 – щомісячний продукт третього рівня, який представляє собою топографічну поверхню (grid) з кроком 500 метрів, яка містить попиксельну інформацію про згорілі площі, починаючи з 2000 року [27].

Програмний алгоритм використовує двопроменеву функцію відбивної здатності (BRDF) і дозволяє детектувати тільки свіжі території, які зазнали впливу вогню, виключаючи площі, які згоріли раніше (наприклад, в минулому році або в минулому місяці).

Основна ідея методики дослідження полягає в ретроспективному аналізі коефіцієнтів відбиття кожного пікселя та прогнозі його подальшого значення. У разі якщо передбачене значення відрізняється від безпосередньо зафіксованого на деяку порогову величину, то аналізований піксель вважається пікселем-кандидатом на віднесення до «згорілих». Для остаточного віднесення пікселя в розряд «згорілих», потрібно щоб він пройшов тест на тимчасову стійкість (виконується на основі даних про його відбивну здатність в наступні дні) [28].

4.2 Періодичність повторення дистанційних досліджень

Перш за все наголосимо, що повторюваність дистанційних досліджень залежить від конкретного розвитку ситуації, технічного завдання, фінансових можливостей та багатьох інших чинників. Але й об'єктивні обставини, які впливають на визначення часу і послідовність проведення подібних досліджень.

Старіння матеріалів залежить від ряду факторів, які впливають на лісовий фонд. Фактори в різних частинах регіону і навіть лісгоспу можуть бути неоднакові.

Тривалість періоду оновлення інформації залежить не тільки від структури лісового фонду і ходу природних та антропогенних процесів, а й від ступені його вивчення. У картографії період оновлення топографічних карт залежить від їх масштабу. Чим більший масштаб тим скоріше відбувається старіння карт. Це пояснюється тим, що ситуація на дрібномасштабних картах зображується в більш генералізованому вигляді і невеликі за площею зміни є несуттєвими [18].

Доцільно диференціювати тривалість ревізійного періоду в залежності від масштабу складених при лісовпорядкуванні планово-картографічних матеріалів, інших документів, які характеризують лісові масиви та землі лісового фонду (табл.4.1).

Таблиця 4.1

Періоди повного оновлення даних вивчення лісового фонду [29]

Масштаб планшетів або карт	Період оновлення, роки	Вид та діяльність лісовпорядкувальних робіт
1: 10 000	10	I – II розряди лісовпорядкування
1: 25 000	15	III розряд лісовпорядкування
1: 50 000	15	III розряд лісовпорядкування
1: 100 000	20	Фотостатистична лісоінвентаризація
1: 200 000	25	Картографічна лісоінвентаризація

Через інтенсивну антропогенну діяльність та вплив стихійних факторів на території лісового фонду відбуваються суттєві зміни. В цьому випадку проводять дострокове оновлення даних вивчення лісового фонду

Інвентаризацію за об'єктом лісовпорядкування проводять, як правило, кожні 10 років. Для оперативного врахування поточних змін в порядку перманентної таксації у виділах, де вони виникли внаслідок господарської діяльності, проводять подальшу натурну таксацію, а в інших виділах, де зміни відбуваються за рахунок природного росту, розраховуються за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення.



ВИСНОВКИ

За результатами опрацювання теми кваліфікаційного дослідження можна зробити наступні висновки:

1. Аерокосмічний моніторинг лісів включає збір, передачу, обробку, аналіз, збереження інформації про землі лісового фонду та систему доведення її до користувачів.
2. Для раціонального використання земель лісового фонду і наявних лісових ресурсів, є всі необхідні нормативно-правові та методологічні основи.
3. Для сталого управління лісовим господарством, землями лісового фонду на сучасному рівні, потрібна систематична, об'єктивна і своєчасна інформація на основі аналізу якої можливе визначення стану лісів та прогнозування динаміки їх змін.
4. Для вдосконалення порядку моніторингу лісів, ведення обліку та визначення правомірності використання земель лісового фонду необхідне використання систем геоінформаційного аналізу. З цією метою необхідне удосконалення методик та розвиток спеціальних методів на базі функціонування постійно діючої системи дистанційного моніторингу лісів та земель лісового фонду .
5. Оптимальним, з точки зору фінансових та часових затрат, оперативності, охоплення території та повторюваності, є використання матеріалів отриманих з сучасних супутників дистанційного зондування Землі оснащених фотографічними мультиспектральними сенсорами високої та надвисокої розрізненості.
6. Оперативне картографування лісових масивів та змін, які формуються внаслідок господарської діяльності та при виникненні надзвичайних ситуацій, можливе тільки при використанні матеріалів аерокосмічного знімання, спеціалізованих програмних засобів та підготовленого штату фахівців.

7. Практика використання космічних знімків показує швидкі та об'єктивні результати фіксації зміни стану лісових масивів внаслідок проведення господарської діяльності. Контролери Державної екологічної інспекції, фахівці інших зацікавлених відомств, можуть за матеріалами дистанційного моніторингу з високою точністю виявити такі зміни, визначити координати місць, де необхідно провести перевірку, встановити правомірність використання земель та лісових ресурсів, виявити порушення, розрахувати збитки та ін.



СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лісовий кодекс України {Частина перша статті 1 із змінами, внесеними згідно із Законом [№ 2063-VIII від 23.05.2017](#)}
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852-12#Text>
2. Земельний кодекс України <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/2768-14#Text>
3. Порядок ведення державного лісового кадастру та обліку лісів (Постанова Кабінету Міністрів України від 20 червня 2007 р. N 848)
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-2007-%D0%BF#Text>
4. Роз'яснення щодо даних про лісистість України. Державне агентство лісових ресурсів України. - [Електронний ресурс] – Режим доступу:
http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article?art_id=201740&cat_id=32888
5. Загальна характеристика лісів України. Товариство лісівників України. - [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://tlu.kiev.ua/nasha-dijalnist/profesiino-pro-lis/objektivna-informacija-shchodo-lisiv.html>
6. Публічний звіт Державного агентства лісових ресурсів України. - [Електронний ресурс] – Режим доступу:
https://mepr.gov.ua/files/images/news_2020/26022020/
7. Порядок поділу лісів на категорії та виділення особливо захисних лісових ділянок (Постанова Кабінету міністрів України від 16 травня 2007 року №733). - [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/733-2007-%D0%BF#Text>
8. Гордієнко М., Корнієнко В. Ліси в екомережі України // Розбудова екомережі України. – К., 1999. – С. 92-96.
9. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: Навчальний посібник. – К.: Знання, 2000. – 230 с.

10. Положення про моніторинг земель, п.3. Постанова Кабінету Міністрів України від 20.08.1993 № 66. - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/661-93-%D0%BF#Text>
11. Постанова Кабінету Міністрів України № 992-р, від 31.12.2004р. “Про схвалення Концепції Державної програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища”. - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.rada.kiev.ua>
12. Букша І.Ф., Банік М.В. Методичні рекомендації з моніторингу лісів України І рівня. – Х., 2001. – 35 с.
13. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: Навчальний посібник. – К.: Знання, 2000. – 230 с.
14. Бурштинська Х.В. Дослідження методів класифікації лісів з використанням космічних знімків високого розрізнення. / Х.В.Бурштинська, Б.В.Поліщук, О.Ю. Ковальчук // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2013. - № 78. – С. 101 – 110.
15. Фаргал А.М. Аналіз якісних характеристик космічних знімків і рекомендації щодо їх використання для оновлення картографічних матеріалів // Вісник геодезії та картографії. – 2003. - №1(28). – С. 49-52.
16. Исаев А.С., Сухих В.И. Аэрокосмический мониторинг лесных ресурсов // Лесоведение. – К., 1986. - №6. – С. 11-21.
17. Верещака Т.В., Зверев А.Т. Визуальные методы дешифрирования. – М.: Недра, 1990. – 341 с.
18. Данюлис Е.П., Жирин В.М. Дистанционное зондирование в лесном хозяйстве. – М.: ВО Агропромиздат, 1989. – 222 с.
19. Богомолов Л.А. Дешифрирование аэроснимков. – М.: Недра, 1986. – 145 с.
20. Супутникові зображення з високою роздільною здатністю.- [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eos.com/uk/products/high-resolution-images/>

21. EO Browser - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>.
22. Суховірський Б.І. Географічні інформаційні системи: Навч. посібник. – Чернігів, 2000. – 197 с.
23. Global Forest Watch. Forest Monitoring Designed for Action. - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.globalforestwatch.org/>
24. Найбільше лісів рубають на Поліссі, мораторій зовсім не вплинув на площі вирубок. - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://texty.org.ua/articles/98266/Najbilshe_lisiv_rubajut_na_Polissi_moratori_j_zovsim-98266/
25. Мониторинг пожаров и их последствий с помощью ДЗЗ. -[Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://mapexpert.com.ua/>
26. Четверіков Б., Ковальчук Н. Методика визначення спалених пожежами територій за космічними знімками// Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва, 2016. - Вип. II (32). - С.124-128
27. Пащенко Р.Е., Радчук В.В. та ін.. Моніторинг навколишнього середовища з використанням космічних знімків супутника NOAA. / Пащенко Р.Е., Радчук В.В., Красовський Г.Я. та ін. // Під ред. С.О. Довгого. – Київ: ФОП Пономаренко Є. В., 2013. – 316 с.
28. Зібцев С.В., Миронюк В.В. Методичні рекомендації щодо використання даних MODIS і Landsat для моніторингу лісових пожеж: Рекомендації для лісогосподарських підприємств.– К.: НУБіП України, 2015. – 22 с.
29. Дербинюк Ю.М., Калінін М.І., Гузь М.М., Шаблій І.В. Лісове насінництво. – Л.: Світ, 1998. – 432 с.
30. Березневі пожежі в Україні. -[Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://hmarochos.kiev.ua/2020/04/06/ukrayinu-ohopyla-hvylyya-lisovyh-pozhezh-gynut-zviri-a-v-kyyevi-psuyetsya-povitrya-foto/>

ДОДАТКИ

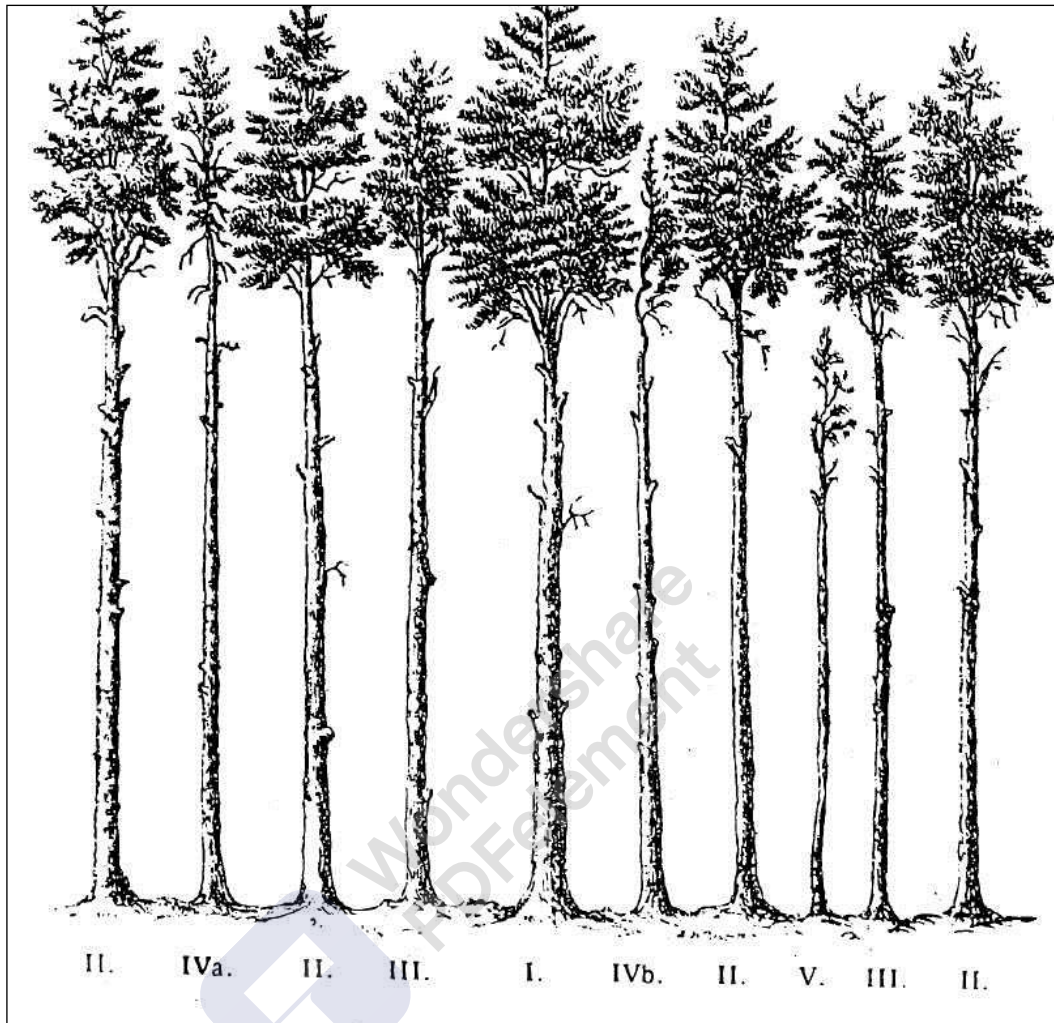


Додаток А

Лісистість по областях (на 2014 рік)

Адміністративно-територіальні одиниці	Загальна територія тис. га	В тому числі площа суші, тис. га	Площа вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок, тис. га	Лісистість, %	
				за загальною площею	за площею суші
АР Крим	2608,1	2391,5	278,7	10,7	11,7
Вінницька	2649,2	2606,2	346,5	13,1	13,3
Волинська	2014,4	1969,2	624,6	31,0	31,7
Дніпропетровська	3192,3	3035,8	179,2	5,6	5,9
Донецька	2651,7	2610,1	184,1	6,9	7,1
Житомирська	2982,7	2934,4	1001,6	33,6	34,1
Закарпатська	1275,3	1257,1	656,7	51,4	52,2
Запорізька	2718,3	2542,8	101,0	3,7	4,0
Івано-Франківська	1392,7	1369,3	571,0	41,0	41,7
Київська	2812,1	2638,3	624,1	22,2	23,7
Кіровоградська	2458,8	2383,4	164,5	6,7	6,9
Луганська	2668,3	2646,4	292,4	11,0	11,1
Львівська	2183,1	2140,6	621,2	28,5	29,0
Миколаївська	2458,5	2331,0	98,2	4,0	4,2
Одеська	3331,3	3118,2	203,9	6,1	6,5
Полтавська	2875,0	2726,6	247,4	8,6	9,1
Рівненська	2005,1	1962,9	729,3	36,4	37,2
Сумська	2383,2	2352,6	425,0	17,8	18,1
Тернопільська	1382,4	1363,1	183,2	13,3	13,4
Харківська	3141,8	3081,9	378,3	12,0	12,3
Херсонська	2846,1	2412,9	116,3	4,1	4,8
Хмельницька	2062,9	2023,3	265,1	12,8	13,1
Черкаська	2091,6	1955,2	315,1	15,1	16,1
Чернівецька	809,6	791,1	236,7	29,2	29,9
Чернігівська	3190,3	3122,8	665,7	20,9	21,3
м. Київ	83,6	76,9	31,3	37,2	40,7
м. Севастополь	86,4	85,5	32,8	38,0	38,4
Разом	60354,8	57929,1	9573,9	15,9	16,5

Класифікація дерев в насадженні за Крафтом



- 1 КЛАС – виключно розвинуті дерева з найкращим ростом і розвитком крони
- 2 КЛАС – добре розвинуті дерева з добре розвинутою кроною і добрим ростом
- 3 КЛАС – помірно розвинуті дерева, крони близькі до дерев другого класу, але слабкіші, дещо звужені, з частково всихаючими гілками
- 4 КЛАС – заглушені дерева з ослабленим ростом, крона затиснута з усіх боків
- 5 КЛАС – дерева, що знаходяться під наметом деревостану

Додаток В

Ознаки дешифрування стиглих і перестійних лісів за аерофотознімками

Порода Ознаки дешифрування	Сосна	Ялина і ялиця	Кедр	Модрина	Береза	Осіка
1. Загальний тон зображення крон	сірий	темно-сірий	світло-сірий	світло-сірий, яскравий, рідше сірий	світло-сірий	найсвітліший з усіх порід
2. Форма проєкції крон в середній частині знімку	округла	конусоподібна, іноді з притупленою вершиною; округла	округла	неправильна, округлокуватата	округла	округла
3. Різновисотність намету	незначна	дуже велика	незначна	незначна	незначна, часто групова	відсутня
4. Перехід від освітленої частини крони до затемненої	поступовий	різкий	досить різкий	поступовий	поступовий, або зовсім не відрізняється	поступовий, або зовсім не відрізняється
5. Відмінності в діаметрах крон	коливання незначні 1:2, рідше 1:3	коливання сильні до 1:4 і більше	у зімкнутих деревах коливання невеликі та значні в проріджених	коливання більші ніж у сосни	коливання незначні (1:2, рідше 1:3)	коливання незначні
6. Проміжки між проєкціями	однакові за величиною і формою, темно-сірого кольору	неправильної форми і величини; темно-чорного кольору	рівномірні, темно-сірого майже чорного кольору	неправильної форми і величини	незначні, у силу великої густоти намету	невеликі, у силу значної густоти намету
7. Розміщення проєкцій крон за знімком	рівномірне	нерівномірне	рівномірне	нерівномірне, часто групове	групове	куртинне
8. Видимість намету вглиб	з повнотою 0,6 і нижче проглядається до землі. Крони короткі.	крони здаються низько опущеними, зливаються з темним фоном	крони проглядаються у зріджених місцях до половини висоти	крони довгі, проглядаються до половини висоти	незначна, у силу більшої зімкнутості намету	незначна, у силу більшої зімкнутості намету.

Додаток Г

Карти лісів, для створення яких використовують матеріали космічного знімання

Назва	Масштаб		Головні напрямки використання	Потенційні користувачі
	головний	додатковий		
Загальнодержавні багатоцільові карти				
Лісового фонду	1:200 000, 1:1000 000	1:500 000, 1:2500 000	Прогнозування та планування господарства; розроблення схем розвитку і розміщення виробничих сил, підвищення лісогосподарського, сільськогосподарського виробництва; здійснення заходів для використання земель лісового фонду; планування розміщення лісозаготівельної та деревообробної промисловості, лісовпорядкування; при топографо-картографічних роботах, вирішенні природоохоронних та рекреаційних задач	ЛГ, ЛП, СГ, ОП, Г, Б, П, Н, ТГ, ТУ, У
Сучасного використання лісового фонду	1:500 000, 1:1000 000	1:200 000		
Перспективного використання лісового фонду	1:500 000, 1:1000 000	1:200 000		
Тематичні багатоцільові карти				
Ландшафтні	1:1000 000, 1:5000 000	1:2500 000	При роботі вивчення лісів та контролі за їх станом	ЛГ, СГ, Г, Н, У
Лісорослинного районування	1:5000 000	1: 10 000 000	Планування лісогосподарської діяльності на зонально-типологічній основі	ЛГ, Н, У, П, ЛП, ОП
Лісоекономічного районування	1:5000 000	1: 10 000 000	Планування лісогосподарської і лісозаготівельної діяльності	ЛГ, ЛП, П, Н, У
Групи типів умов місця виробництва	1:1000 000	1:200 000	Планування систем ведення лісового господарства, заходів щодо підвищення продуктивності лісів	ЛГ, ЛП, СГ, Г, ТГ, Б, Н
Пожежності лісового фонду	1:500 000	1:1000 000	Охорона лісів від пожеж, планування комплексу протипожежних заходів	ЛГ, ЛП, ОП, Н, У
Ареалів характерних виділів деревно-чагарникової рослинності	1:5000 000	1:10 000 000	Планування робіт із насівництва та лісовідновленню	ЛГ, Н, У

Зонально-географічних систем ведення лісового господарства	1:5000 000	1:10 000 000	Планування системи ведення лісового господарства	ЛГ, Н, ЛП, ОП, Н, У
Природних лісів різних типів (рекреаційних, заповідних, національних парків)	1:2500 000	1:1000 000	Планування розміщення охорони і використання природних лісів	ЛГ, П, ОП, Н, У, ТУ
Гідролісомеліоративного фонду	1:1000 000	1:200 000	Планування гідромеліоративних робіт	ЛГ, ЛП, СГ, ОП, П, Н, У
Санітарного стану	1:2500 000	1:200 000	Планування робіт контролю за станом лісів та їх використання	ЛГ, ОП, П, Н, У
Природних харчових ресурсів	1:1000 000	1:200 000	Планування використання і відтворення харчових ресурсів та мисливських угідь	ЛГ, СГ, П, Н, У, ОП
Вивчення лісового фонду	1:5000 000	—	Планування вивчення лісового фонду	ЛГ, П, Н, ТГ, Б, У
Лісів (учбова)	1:5000 000	—	Проведення навчань	У

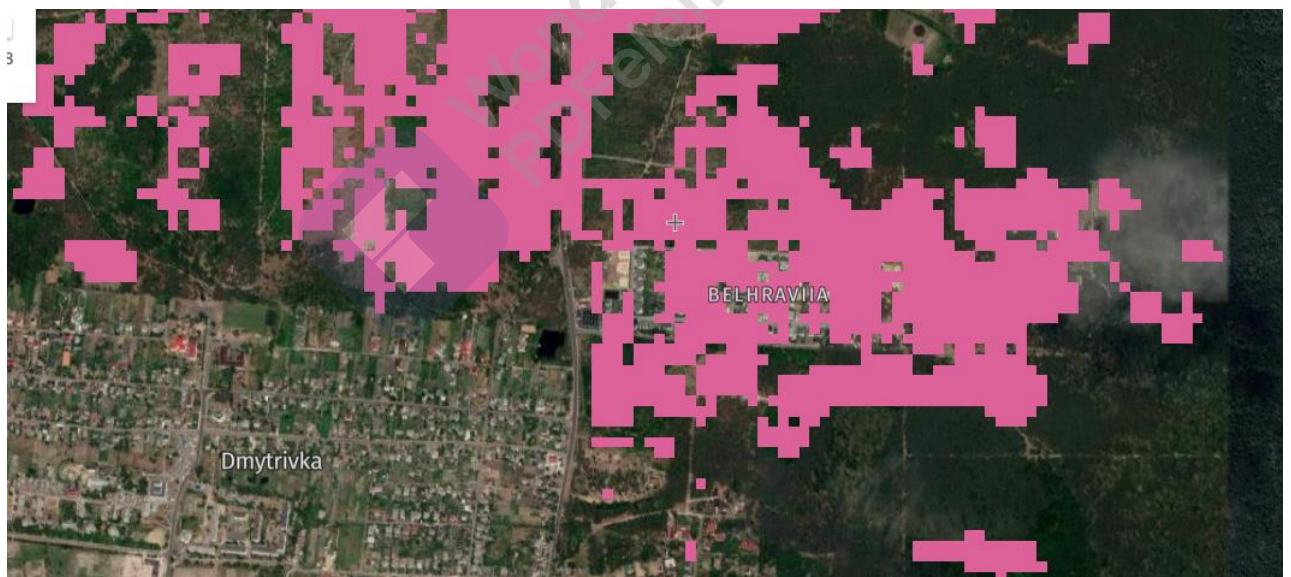
Примітка: ЛГ – лісове господарство; ЛП – лісова промисловість; СГ – сільське господарство; ОП – охорона природи; Г – геологічні; Б – будівництво (газо- та нафтопроводів, доріг); П – планові; Н – наукові; ТГ – топографо-геодезичні; У - учбові; ТУ – туристичні організації.

Додаток Д

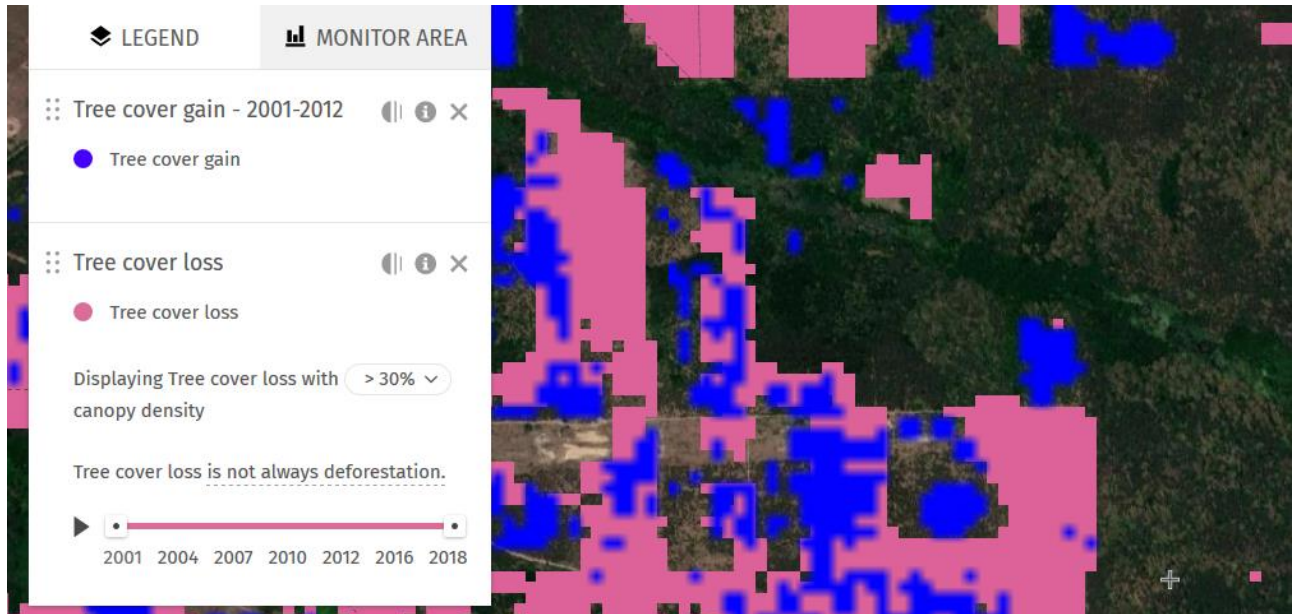
Оцінювання втрат лісу за допомогою системи GlobalForestWatch [23]



а) при будівництві лінійних об'єктів (рожева смуга - втрата лісу внаслідок нещодавнього будівництва ЛЕП з Рівненської АЕС до Києва)

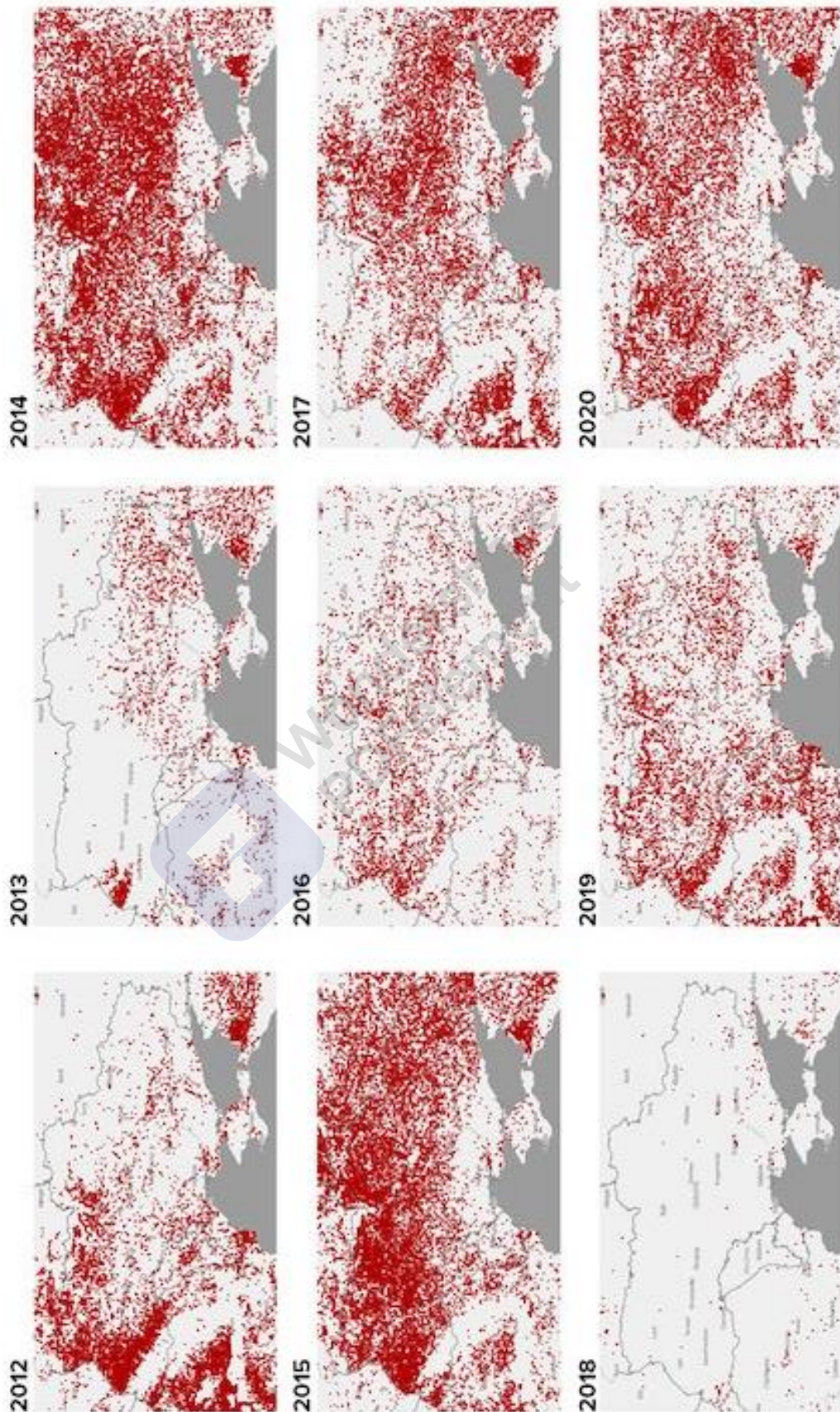


б) при зміні цільового призначення та будівництві нових житлових масивів (біля напису «Belhavia» видно втрату лісу внаслідок забудови котеджним містечком).



в) відтворення лісових масивів (на ділянках, де перетинаються рожевий та синій кольори, система спочатку зафіксувала втрату лісу через рубку, а потім синім – лісовідновлення внаслідок створення лісових насаджень).

Додаток Е
Березневі пожежі в Україні. Динаміка приросту за 2012 – 2020 рр.



Червоні точки показують виявлені за допомогою супутників осередки вогню та теплові аномалії. Позначені лише місця, а не площі, пожеж [30].