

**Міністерство освіти і науки України  
Запорізький національний університет**

**С.О. Яковлєва-Носарь**

## **ОСНОВИ ЛІСОІНВЕНТАРИЗАЦІЇ**

**Навчально-методичний посібник**  
для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра  
спеціальності «Лісове господарство»  
освітньо-професійної програми «Лісове та садово-паркове господарство»

Затверджено  
вченою радою ЗНУ  
протокол № 13 від 20.06. 2017 р.

Запоріжжя  
2017

УДК: 630.9:657.371 (075.8)  
Я 474

Яковлева-Носарь С.О. Основи лісоінвентаризації: навчально-методичний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Лісове господарство» освітньо-професійної програми «Лісове та садово-паркове господарство» / С.О. Яковлева-Носарь. – Запоріжжя: ЗНУ, 2017. – 90 с.

Навчально-методичний посібник містить у систематизованому вигляді програмний матеріал дисципліни «Основи лісоінвентаризації». Розглядаються основні аспекти проведення національних інвентаризацій в європейських країнах, дизайн національної інвентаризації лісів в Україні, а також види і сучасні методи отримання просторової інформації, зокрема про стан лісового фонду та його таксаційні характеристики.

Кожна тема закінчується питаннями і завданнями для самоконтролю. У другій частині посібника наведений лабораторний практикум, що включає 7 лабораторних робіт.

Наприкінці видання наводиться рекомендована і використана при його складанні література, а також глосарій.

Для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Лісове господарство» освітньо-професійної програми «Лісове та садово-паркове господарство» денної та заочної форм.

Рецензент *І.В. Приступа*, кандидат біологічних наук, доцент  
Відповідальний за випуск *В.О. Лях*, завідувач кафедри садово-паркового господарства та генетики

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
Тема 1. ПОНЯТТЯ ПРО НАЦІОНАЛЬНУ ІНВЕНТАРИЗАЦІЮ ЛІСІВ....	5
1.1 Поняття про інвентаризацію лісів .....	5
1.2 Традиційна система обліку лісу та її недоліки .....	6
1.3 Загальне уявлення про національну інвентаризацію лісів .....	8
Тема 2. СУЧАСНИЙ СТАН ЛІСОВОЇ ІНВЕНТАРИЗАЦІЇ У КРАЇНАХ ЄВРОПИ .....	9
2.1 Загальні відомості про НІЛ в європейських країнах .....	9
2.2 Особливості проведення інвентаризації лісів у країнах Північної та Західної Європи .....	11
Тема 3. МЕТОДИКА ПОЛЬОВИХ РОБІТ З ІНВЕНТАРИЗАЦІЇ ЛІСІВ В УКРАЇНІ .....	26
3.1 Фази інвентаризації лісів України .....	26
3.2 Огляд дизайну НІЛ .....	27
3.3 Технічне забезпечення НІЛ .....	31
3.4 Характеристика польової геоінформаційної системи <i>Field-Map</i> та системи <i>GPS</i> .....	38
Тема 4. СУЧАСНІ МЕТОДИ ОТРИМАННЯ ПРОСТОРОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРО СТАН ЛІСІВ .....	41
4.1 Історичний аспект використання аерокосмічних методів у лісовому господарстві .....	41
4.2 Види та джерела отримання просторових даних .....	42
4.3 Дешифрування аерофото- і супутникових знімків .....	54
ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ .....	61
Лабораторна робота 1 .....	61
Лабораторна робота 2 .....	62
Лабораторна робота 3 .....	63
Лабораторна робота 4 .....	65
Лабораторна робота 5 .....	71
Лабораторна робота 6 .....	74
Лабораторна робота 7 .....	75
ГЛОСАРІЙ .....	78
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА .....	80
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА .....	82
ДОДАТКИ .....	83

## ВСТУП

Курс «Основи лісоінвентаризації» входить до циклу дисциплін професійної та практичної підготовки. Він ознайомлює студентів з основними методами і схемами проведення національної інвентаризації лісів за кордоном і в Україні на основі статистично-вибіркової системи. При цьому значна увага приділяється розгляданню сучасних видів отримання просторової інформації про стан лісових ресурсів країни, а також їх інтерпретації шляхом дешифрування аерофотознімків і космічних знімків.

На даному етапі розвитку технологій обліку лісових ресурсів переконливо доведена економічна ефективність і господарська доцільність проведення національної інвентаризації лісів порівняно з традиційними видами лісовпорядних робіт. При цьому активно залучається передове технічне забезпечення і програмні продукти. Добре ілюструє подібну інноваційну тенденцію розвитку лісогосподарської галузі в Україні використання польової геоінформаційної системи Field-Map та системи GPS-навігації. У посібнику детально розглядаються основні сучасні прилади, що забезпечують високу точність таксаційних вимірювань і є незамінними при закладанні пробних майданчиків у польових умовах.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати: схеми проведення інвентаризації лісів в Україні та за кордоном; методики проведення польових робіт з лісоінвентаризації; вибіркові методи при здійсненні інвентаризаційних робіт; сучасні способи отримання просторової інформації про стан лісового фонду країни.

Навчально-методичний посібник містить теоретичні положення, основні поняття, актуальні проблеми, а також матеріал, необхідний для виконання лабораторних робіт з курсу «Основи лісоінвентаризації» для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Лісове господарство» освітньо-професійної програми «Лісове та садово-паркове господарство» денної та заочної форм. До кожної теми наведені питання для самоконтролю, наприкінці міститься короткий глосарій.

## Тема 1. ПОНЯТТЯ ПРО НАЦІОНАЛЬНУ ІНВЕНТАРИЗАЦІЮ ЛІСІВ

### **План:**

- 1.1 Поняття про інвентаризацію лісів.
- 1.2 Традиційна система обліку лісу та її недоліки.
- 1.3 Загальне уявлення про національну інвентаризацію лісів.

**Основні поняття та терміни:** лісовпорядкування, інвентаризація лісу, традиційна система обліку лісу, первинне лісовпорядкування, періодичне повторне лісовпорядкування, безперервне лісовпорядкування, національна інвентаризація лісів.

### **1.1 Поняття про інвентаризацію лісів**

Згідно з Лісовим Кодексом України (ст. 45), *лісовпорядкування* включає комплекс заходів, спрямованих на забезпечення ефективної організації та науково обґрунтованого ведення лісового господарства, охорони, захисту, раціонального використання, підвищення екологічного та ресурсного потенціалу лісів, культури ведення лісового господарства, отримання достовірної і всебічної інформації про лісовий фонд України.

*Інвентаризація лісу* – комплекс робіт, що включає розподіл лісу на однорідні ділянки та їх опис.

При інвентаризації лісу проводять зйомку меж лісового масиву, розподіл його території на квартали і зйомку квартальної сітки; виділення таксаційних виділів у межах кварталів; складання таксаційних описів, планшетів і планів лісонасаджень.

Основна відмінність інвентаризації від впорядкування лісів полягає у відсутності основних видів робіт з організації території лісового фонду і робіт із складання проекту організації та розвитку лісового господарства. Замість проекту складається пояснювальна записка за спеціальною програмою з виготовленням необхідних інвентаризаційних і планових документів, або вносяться відповідні корективи до матеріалів діючого проекту за погодженням із замовником. Рішення про це приймається на технічній нараді або обумовлюється в договорі на виконання робіт [Інструкція з впорядкування лісового фонду України, 2006].

Нині одним з основних методів таксації при лісовпорядкуванні є окомірний, що не виключає появи суб'єктивних оцінок та систематичних похибок. З метою підвищення точності лісотаксаційних робіт збільшують обсяги вибірково-виміральної таксації пристигаючих і стиглих насаджень.

Інформація про стан лісового фонду, яку отримують під час ревізій лісовпорядкування в натурі, з часом стає неадекватною внаслідок впливу господарської діяльності, природних факторів та зміни порід. Слід розуміти, що

такі зміни відбуваються протягом кожного року, а особливо істотно – за умов інтенсивного ведення лісового господарства.

## 1.2 Традиційна система обліку лісу та її недоліки

Згідно з «Інструкцією з впорядкування лісового фонду України», повторюваність лісовпорядкування визначається тривалістю ревізійного періоду і залежить від виду лісовпорядкування (первинне, періодичне або безперервне), ступеня інтенсивності ведення лісового господарства та лісоексплуатації.

Повний цикл лісовпорядних робіт на об'єкті продовжується, зазвичай, 3 роки і складається з трьох періодів – підготовчого, польового і камерального. Останній завершується розробкою проекту організації і розвитку лісового господарства на ревізійний період.

Лісовпорядкування за цільовим призначенням розділяється на первинне, періодичне повторне і безперервне, та спеціальні види обстежень. Технічною основою для всіх видів лісовпорядних робіт є матеріали аерофотозйомки.

У лісовому фонді України здійснюються переважно періодичне повторне і безперервне лісовпорядкування.

*Первинне лісовпорядкування* здійснюється в лісах, які впорядковуються вперше. Характерною його особливістю є повна організація території об'єкта в натурі.

*Періодичне повторне лісовпорядкування* здійснюється в раніше впорядкованих об'єктах після закінчення ревізійного періоду. При його проведенні можливе здійснення часткового корегування внутрішньогосподарської організації лісового фонду, виконується повний обсяг лісотаксаційних робіт, проводиться закладання необхідної кількості і видів пробних площ і повторна перелікова таксація всіх пробних площ, які збереглися від минулих лісовпорядкувань, виконання необхідних видів обстежувальних робіт. Таксація лісу здійснюється з максимально можливим збереженням контурів таксаційних виділів, установлених попереднім лісовпорядкуванням, і з урахуванням змін, що відбулися в результаті господарської діяльності.

У камеральний період аналізуються такі показники лісогосподарської діяльності за минулий період: динаміка лісового фонду; виконання лісогосподарських робіт за їхніми видами і обсягами порівняно з проектом лісовпорядкування; відповідність обсягів фактичного відпуску лісу розміру затвердженої розрахункової лісосіки; досягнута ефективність у підвищенні продуктивності лісів.

*Безперервне лісовпорядкування*, як правило, проводиться в об'єктах інтенсивного ведення лісового господарства і лісокористування, де частка щорічного охоплення виділів господарськими діями, що призводять до зміни категорій земель або переважаючої породи, складає понад 2 %.

При безперервному лісовпорядкуванні щорічною інвентаризацією охоплюється лише та частина лісового фонду, яка задіяна господарськими заходами або зазнала істотних змін внаслідок стихійних явищ чи прийняття нових земель. У результаті його проведення щорічно оновлюється характеристика лісового фонду, визначаються поточні плани рубок і господарських заходів з територіальним їх розміщенням, здійснюється контроль за їхнім виконанням.

Лісовпорядкування, що проводиться один раз на 10 років з організації лісового фонду, з таксації лісів та проектування лісгосподарських заходів у лісництвах, за сучасних умов створення електронних банків даних та опрацювання матеріалів лісоінвентаризації за допомогою комп'ютерних технологій потребує удосконалення методів її проведення.

Та лісооблікова інформація, яку отримують під час ревізій лісовпорядкування, як зазначалося вище, з часом стає неадекватною, застарілою у зв'язку з впливом господарської діяльності, природних факторів і ендегенетичних змін у самих лісових екосистемах. Ці зміни відбуваються щорічно (і протягом року) як у перерозподілі земель (лісових і нелісових, вкритих і не вкритих лісом), так і у динаміці таксаційних ознак деревостанів (висот і діаметрів, запасів і приростів деревини тощо).

Особливо істотних змін зазнає структура лісового фонду лісництв за умовах інтенсивного ведення лісового господарства (проведення значних обсягів рубань головного і проміжного користування; заліснення вирубок, прогалин та інших площ лісокультурного призначення; проведення реконструкцій тощо). Ці зміни необхідно враховувати в процесі оперативного планування та виконання лісгосподарських заходів.

За традиційної системи ведення лісового господарства інвентаризація лісів, як самостійний вид лісовпорядних робіт, може бути призначена у випадках, коли в якій-небудь частині лісового підприємства виникає необхідність термінового уточнення експлуатаційних запасів деревини, або обсягів і товарності пошкодженої деревини до проведення чергового лісовпорядкування [Інструкція з впорядкування лісового фонду України, 2006].

Оскільки облік площ у лісовпорядкуванні базується на матеріалах аерофотозйомки, а межі між таксаційними ділянками та їх сукупностями не завжди є чіткими, дешифруються неоднаково різними виконавцями, то точність обліку площ залишається невизначеною. Класифікація деревостанів за віком та визначення середніх і загальних запасів їх також виконується окомірним способом, тому і їх точність є невизначеною. Отже, сукупний ефект впливу усіх похибок на підсумкові дані традиційного, обліку лісового фонду не визначається. Це і є основним недоліком окомірної інвентаризації лісів, усунути який можна лише її заміною на математико-статистичну [Цурик, 2003].

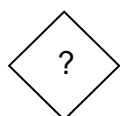
### 1.3 Загальне уявлення про національну інвентаризацію лісів

Низка вчених (Є.І. Цурик, І.Ф. Букша, В.П. Пастернак та ін.) переконливо довели необхідність проведення НІЛ (неперервної (національної) інвентаризації математико-статистичними методами). Як зазначає Є.І. Цурик, її основними завданнями є проведення щорічно в межах лісового підприємства обліку лісу на частині виділів з розрахунком, щоб повторюваність таксації узгоджувалась з частотою проведення господарських заходів; забезпечення надійного і об'єктивного контролю за якістю виконаних лісогосподарських заходів та лісокористування; опрацювання проектів обсягів лісогосподарських заходів та лісокористування на поточний рік (п'ятирічку) на основі достовірності актуалізованої інформації про лісовий фонд.

Переваги математико-статистичних методів інвентаризації лісів, порівняно з окомірними, пов'язані з можливістю установа чності визначення таксаційних характеристик лісового фонду на всіх етапах робіт (планування, натурне виконання, безпосередній контроль або перевірка за матеріалами камерального опрацювання). Крім того, досягається можливість оперативного та одночасного отримання об'єктивних даних про великі лісові масиви. Поєднання наземної таксації з використанням матеріалів аеро- та космічних знімачь, математичних методів та новітніх програмних продуктів робить НІЛ способом вирішення задач контролю та оцінки стану й динаміки лісового фонду, контролю результатів лісогосподарської діяльності, контролю і ревізії лісовпорядкування, спеціальних цілей тощо.

Сутність НІЛ полягає в інвентаризації лісів, як правило, зі систематичним розміщенням ділянок трактами в натурі, що планується на основі аерофотознімків (АФЗ) та інших планово-картографічних матеріалів. При цьому інформацію отримують шляхом вибіркової таксації пробних ділянок у трактах. Одержані дані використовуються для оцінки стану лісів та поточних змін, що в них відбуваються, для розробки прогнозів та укрупнення планів розвитку і розміщення лісового господарства, а також для опрацювання рекомендацій щодо управління лісовими ресурсами.

Неперервна вибіркова лісоінвентаризація також необхідна для оптимізації ведення багатоцільового лісового господарства з метою отримання більш повної інформації про всі поновлювані ресурси лісу (харчові, кормові, лікарські рослини). За умови ведення інтенсивного лісового господарства подібна інвентаризація здатна задовольнити запит щодо характеристики ґрунтів, матеріалів для контролю якості докільля тощо.



#### Питання для самоконтролю

1. Які заходи включає в себе лісовпорядкування?
2. Що являє собою інвентаризація лісу?



3. У чому полягає основна відмінність інвентаризації від впорядкування лісів?
4. З яких причин інформація про стан лісового фонду стає необ'єктивною?
5. Розкрийте сутність первинного, періодичного та безперервного лісовпорядкування.
6. В яких випадках за традиційної системи ведення лісового господарства може бути призначена інвентаризація лісів?
7. Окресліть коло завдань національної інвентаризації лісів.
8. У чому полягають переваги математико-статистичних методів інвентаризації лісів, порівняно з окомірними?
9. Розкрийте сутність національної інвентаризації лісів.

## **Тема 2. СУЧАСНИЙ СТАН ЛІСОВОЇ ІНВЕНТАРИЗАЦІЇ У КРАЇНАХ ЄВРОПИ**

### ***План:***

- 2.1 Загальні відомості про проведення НІЛ в європейських країнах.
- 2.2 Особливості проведення інвентаризації лісів у країнах Північної та Західної Європи.

***Основні поняття та терміни:*** європейські країни, національна інвентаризація лісів, постійні та тимчасові пробні площі, індивідуальне і групове розміщення проб, страти, кругові та кутові пробні майданчики, кластери проб.

### **2.1 Загальні відомості про проведення НІЛ в європейських країнах**

В європейських країнах з розвиненим лісовим господарством у ХХ ст. постало питання зміни концепції лісової політики, що пов'язано з необхідністю виконання лісом соціальних, екологічних та економічних функцій. Це потребувало запровадження нових методів лісовпорядкування – проведення безперервної НІЛ на основі вибіркового методу.

Як зазначають Р.Р. Вицега і Г.Г. Гриник (2008), більшість країн отримують інформацію про лісосировинні ресурси шляхом проведення НІЛ з урахуванням особливостей лісової політики, ролі лісового сектора в економіці країни, економічного стану та географічного положення.

Найдавніші традиції вибіркової інвентаризації за допомогою методу проб мають Скандинавські країни. Але вони почали використовувати постійні пробні площі тільки з 1980 р. Розміщення пробних площ визначається розмірами, доступністю та видовим складом лісів кожної країни. Найчастіше спостерігається групове розміщення проб. Індивідуальне розміщення пробних

ділянок притаманне Франції (завдяки деталізованій лісовій інвентаризації) та Швейцарії (через горбистий рельєф).

До 1998 р. НІЛ були започатковані в 11 країнах Європи, нині їх кількість невинно зростає (табл.1).

Таблиця 1 – Історія розвитку НІЛ у країнах Європи

Термін започаткування НІЛ, рр.	Країни
1920-ті	Скандинавські країни (Фінляндія, Норвегія, Швеція)
1921	Нова Зеландія
1930	Північна Америка (США, Канада)
1961	Мексика
1961	Австрія
1981	Індія
1981	Перша методика ФАО
1983	Італія
1986	Німеччина
1988	Швейцарія
1988	Австралія
1998	Литва
1999	Естонія
Кінець 1990-х–початок 2000-х	Польща, Україна, Латвія
2000	Бразилія – за методикою ФАО
2001	Чехія
2003	Хорватія
2004	Франція
2005	Великобританія
2006	Канада – другий етап
2007	Російська Федерація

В 2006 р. у Відні (Австрія) відбулася робоча зустріч Управлінської ради Європейської мережі НІЛ (ENFIN) з метою створення органу сприяння співпраці між організаціями різних європейських країн, що відповідають за здійснення НІЛ. У її сесійній роботі взяли участь й українські делегати. У цей час за підтримки ФАО (Організація з продовольства і сільського господарства ООН) проекти з проведення НІЛ були запроваджені в Замбії, Гватемалі, Камеруні, Лівані, Бангладеш, Гондурасі, Філіппінах, а в Коста-Риці в цей період здійснюється вже повномасштабна НІЛ.

У більшості країн групи (страти) включають 4–8 пробних майданчиків; у важкодоступних лісах Скандинавських країн – по 8–16. Групи проб розміщують через кожні 2, 4 або 6 км; рідко – через –16 км.

Дизайн НІЛ переважної більшості країн передбачає закладання пробних майданчиків у формі круга площею 250–500 м<sup>2</sup>. В Австрії, Німеччині та Фінляндії (частково) при проведенні НІЛ закладають кутові пробні майданчики. Одна пробна площа репрезентує площу лісу 200–1000 га.

## **2.2 Особливості проведення інвентаризації лісів у країнах Північної та Західної Європи**

У лісах Північної Європи переважають дві хвойні породи: сосна звичайна (*Pinus sylvestris*) і ялина звичайна (*Picea abies*).

Область широколистяних лісів представляє частину підзони широколистяних лісів, що займає Західну, Центральну і Східну Європу. У країнах Північної Європи зустрічаються дуб звичайний, бук лісовий, ясен звичайний, в'яз і липа серцелиста. Рідше поширені берези (пухнаста і повисла) та осика.

Досить висока середня лісистість Скандинавських країн (Фінляндія, Швеція, Норвегія) робить їх найбільшими лісоекспортерами в Європі (хвойні пиломатеріали, целюлоза і папір).

### **Фінляндія**

Більшу частину території Фінляндії займають ліси тайгового типу. Основні деревні породи – сосна (понад 50 % вкритої лісом площі) і ялина (близько 25 %). Значно поширена береза пухнаста, яка утворює на півночі країни місцями суцільні масиви. На крайньому півдні країни, уздовж Фінської затоки, тягнуться змішані ліси, де поряд з сосною і ялиною ростуть дуб, в'яз, клен, ліщина. У південно-західній частині країни і на Аланських островах зустрічаються окремі гаї з дубом і ясенем.

В горах спостерігається висотна поясність рослинності. Нижні частини схилів вкриті хвойними, вище розташовуються березові ліси, які ще вище змінюються гірсько-тундровою рослинністю. Уздовж річкових долин, на зволжених ділянках узбережжя моря і озер зустрічається вільха. У трав'яно-кущиковому покриві лісів значна роль належить вереску і різноманітним північним ягідним рослинам. Близько 1/3 площі країни займають болота.

Основні типи соснових лісів – брусничники і чорничники, ялинових – чорничники і квасеницево-чорничні.

Середній вік лісів близько 90 років (на півдні він становить близько 60 років, на півночі – 130 років).

Таблиця 2 – Основні показники лісового фонду Фінляндії

Показник	Значення
Загальна площа країни, млн. га	30,4
Площа лісів, млн. га	22,2
Лісистість, %	72
Частка приватних лісів, %	61
Загальний запас деревини, млн. м <sup>3</sup>	2189
Середній запас на 1 га, м <sup>3</sup>	99
Точність визначення площі, %	± 0,5
Точність визначення запасу, %	± 0,7



Рисунок 1 – Розташування Фінляндії на мапі Європи

Власники лісу в країні розподіляються таким чином (%): приватні – 61; державні, муніципальні, церковні та ін. державні установи – 28; акціонерні товариства з обмеженою відповідальністю – 9; ліси у спільному володінні – 2.

Перша інвентаризація лісів у Фінляндії була розпочата в 1921 р. Всього на даний момент проведено 11 повних циклів інвентаризацій, останній цикл завершився в 2013 р. З 2014 р. розпочата 12-та НІЛ.

НІЛ у Фінляндії заснована на статистичній вибірці. Одиницями вибірки є пробні площі, що згруповані в кластери (застосовується з 60-х рр.). Наприклад, під час здійснення 9-ої НІЛ було досліджено понад 70 тис. пробних площ. Для кожної з них визначено понад 150 параметрів. Усього було виміряно близько 0,5 млн. дерев.

Під час проведення 10-ої НІЛ цикл робіт скоротився з 8–10 до 5 років. Традиційно для НІЛ використовували тимчасові пробні майданчики.

Починаючи з 10-ої НІЛ, їх частину було перетворено на постійні, оскільки вони дають більш надійну інформацію. Тобто сітка вибірки складається з постійних і тимчасових кластерів.

Слід зазначити, що у Північній Лапландії застосовується стратифікована двофазна вибірка.

З кінця 1980-х рр. доповненням до даних наземної інвентаризації стали космічні знімки і цифрові карти.

Щорічно оновлюється інформація за даними середньої роздільної здатності зі штучних супутників Землі (ШСЗ) Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM, яка використовується для визначення обсягів природного запасу і моніторингу лісових ресурсів (рис. 2).

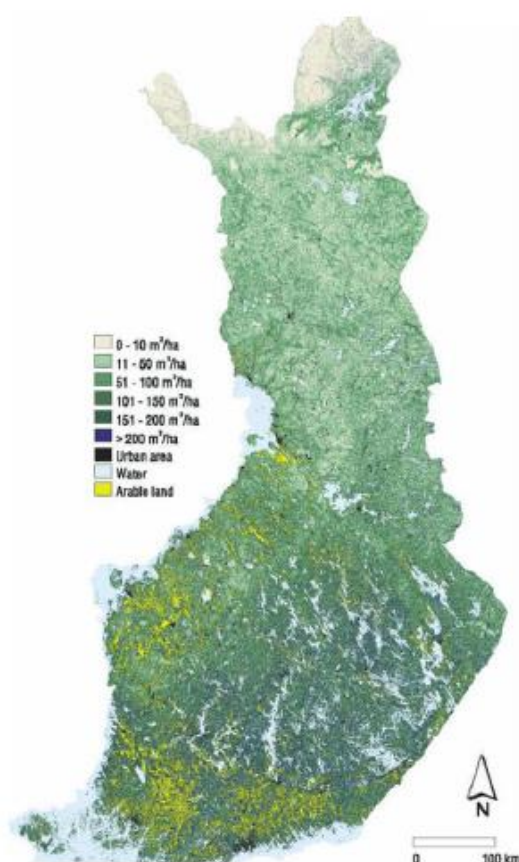


Рисунок 2 – Обсяги запасів деревостанів Фінляндії

Для отримання більш точного результату задіяні дані з високою роздільною здатністю з ШСЗ IRS P6, ALOS ANVIR-2, SPOT.

Отже, сучасне проведення НІЛ у Фінляндії включає 5-річний цикл з охопленням лісів усіх форм власності. Щорічний бюджет на проведення інвентаризаційних робіт складає близько 1,6 млн. євро. Технічне забезпечення робіт включає використання ЛіДАРного обстеження, сонарних вилок тощо. Під час проведення 12-ої НІЛ планується проведення заміни форми лісового акту.

## Швеція

Лісова територія країни ділиться на два райони: район хвойних лісів, що лежить на північ від 60 ° пн. ш., і район широколистяно-хвойних лісів.

В районі хвойних лісів найбільш поширені сосна звичайна та ялина звичайна. З листяних порід тут ростуть береза і осика. Для південної частини району характерні ясен звичайний (*Fraxinus excelsior*), в'яз гладкий (*Ulmus glabra*), клен гостролистий (*Acer platanoides*), липа серцелиста (*Tilia cordata*) і дуб звичайний (*Q. robur*). В районі широколистяно-хвойних лісів, крім бука лісового (*Fagus sylvatica*) широко поширені види дуба (*Q. robur* і *Q. sessiliflora*). На великих площах зустрічаються ясен, клен та в'яз.

Таблиця 3 – Основні показники лісового фонду Швеції

Показник	Значення
Загальна площа країни, млн. га	41,0
Площа лісів, млн. га	28,2
Лісистість, %	69
Частка приватних лісів, %	76
Загальний запас деревини, млн. м <sup>3</sup>	3358
Середній запас на 1 га, м <sup>3</sup>	119
Точність визначення площі, %	± 0,8
Точність визначення запасу, %	± 0,8



Рисунок 3 – Розташування Швеції на мапі Європи

Перша НІЛ у Швеції відбулася в період 1923–1929 рр. Донині пройшло 8 циклів інвентаризацій. Для здійснення інвентаризаційних робіт зазвичай задіяно 15 постійних співробітників Сільськогосподарського університету, а літні польові роботи виконують близько 60 спеціально запрошених осіб.

Одиницями НІЛ є пробні площі радіусом 7 або 10 м (залежно від ситуації), згруповані у тракти по 16 шт. При цьому проводять інструментальне вимірювання всіх дерев на пробній площі. У межах тракту майданчики розташовуються на кутах і сторонах квадрата, довжина яких 300–1800 м. Тракти розташовуються у вузлах регулярної сітки, растр якої становить 20 км. Щорічно обстежується 1450 груп (трактів) по всій території Швеції. З них приблизно 2/3 (3 500) є постійними.



Рисунок 4 – Зображення шведських лісів, отримані за допомогою ШСЗ

При інвентаризації лісів Швеції активно залучаються сучасні методи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), оскільки НІЛ є однією з державних програм Шведської національної космічної ради (SNSB), що входить до складу Європейського космічного агентства (ESA). Щорічно ESA виділяє 700 млн. шведських крон на космічні програми, в яких активно застосовуються дані ДЗЗ. Щороку відбувається оновлення даних SPOT 5 і Landsat (ШСЗ). Одержані дані застосовуються для виявлення суцільних рубок, оцінки кордонів лісових угідь, визначення загального обсягу біомаси та віку дерев, створення мозаїчних покрив (рис. 4).

## Данія

На території лісового фонду країни поширені широколисті ліси, в яких домінують дуб звичайний (*Quercus robur*), в'яз (*Ulmus procera*), ясен звичайний (*Fraxinus excelsior*), липа серцелиста (*Tilia cordata*), зустрічаються береза повисла (*Betula pendula*) і осика. Природних хвойних лісів у Данії майже немає, проте є великі площі штучних хвойних насаджень.

Таблиця 4 – Основні показники лісового фонду Данії

Показник	Значення
Загальна площа країни, млн. га	4,3
Площа лісів, млн. га	0,49
Лісистість, %	11
Частка приватних лісів, %	60
Загальний запас деревини, млн. м <sup>3</sup>	45
Середній запас на 1 га, м <sup>3</sup>	114



Рисунок 5 – Розташування Данії на мапі Європи

Ініціатива з проведення НІЛ у країні належить Датському інституту лісових і ландшафтних досліджень (1998 р.). У 2000 р. були розпочаті польові роботи у двох графствах, у першому з них основна частина лісів знаходиться у приватній власності, в іншому – у державній. Для цього всю територію країни поділили сіткою розміром 2 × 2 км, на перехресті комірок якої заклали кластери з пробними майданчиками. При цьому кількість пробних майданчиків (зазвичай 4, рідше – 8) визначалася місцем розташування кластера і характеристикою території. Для визначення місця розташування ділянки використовували



топографічні карти і аерофотознімки (АФЗ). Усього було закладено 92 кластери із загальною кількістю пробних майданчиків 792 шт. Польові роботи здійснювали 2 бригади по 2 робітника протягом трьох тижнів. Результати першої НІЛ у Данії були опрацьовані за допомогою стандартних офісних програм, оскільки на той час не було розроблено спеціалізованого програмного забезпечення подібних робіт.

### Литва

Хвойні породи складають близько 60 % від загальної площі лісів країни. Панівні хвойні породи – сосна звичайна, що займає близько 40 % лісів, та ялина – близько 20 %.

Листяні насадження переважають у центральних районах країни. Березові ліси складають близько 18 % від загальної їх площі, чорновільхові та осикові насадження – майже по 8 %; решту площі лісів утворюють насадження, до складу яких входять дуб, ясен і в'яз.

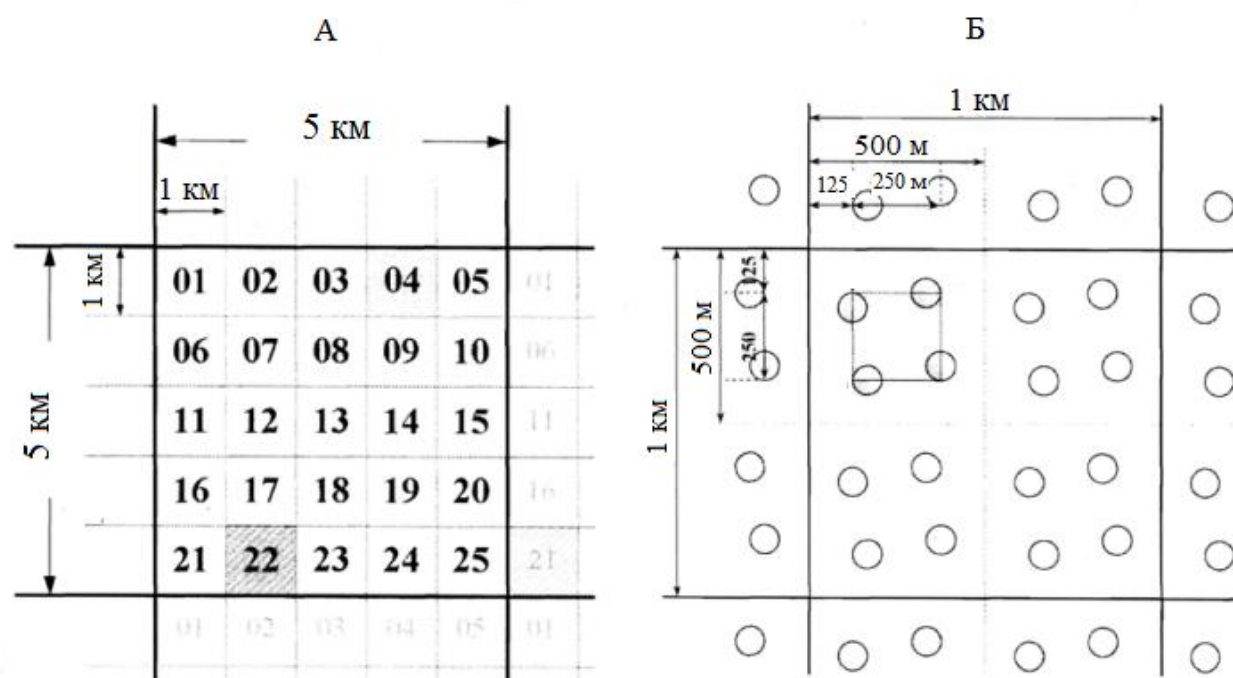
Таблиця 5 – Основні показники лісового фонду Литви

Показник	Значення
Загальна площа країни, млн. га	6,3
Площа лісів, млн. га	2,2
Лісистість, %	34
Частка приватних лісів, %	34
Загальний запас деревини, млн. м <sup>3</sup>	470
Середній запас на 1 га, м <sup>3</sup>	218
Точність визначення площі, %	±0,0–1,0
Точність визначення запасу, %	±1,5



Рисунок 6 – Розташування Литви на мапі Європи

Першу експериментальну інвентаризацію вибірковими методами у Литві було виконано у 1969 р. на площі 1,4 млн. га. До 1998 р., за фінансової і методичної підтримки шведських колег, була розроблена стратегічна програма розвитку лісового сектора країни. Першу повномасштабну НІЛ було здійснено впродовж 1998–2002 рр. При цьому було закладено 5 600 постійних пробних майданчиків за схемою, представленою на рисунку 7, а також обміряно 149 тис. дерев. На кожний такий майданчик була складена карта розміщення дерев. Площа кругового майданчика становить 0,05 га, кожен з них репрезентує площу 400 га.



А – розподіл груп; Б – розташування квадратної площі 1 × 1 км

Рисунок 7 – Відбір груп постійних пробних майданчиків

### Австрія

До висоти 600–800 м зустрічаються окремі ділянки дуба звичайного і австрійського, бука європейського, ясена звичайного; вище – від 800 до 1200 м бук утворює суцільний лісовий пояс і займає більше половини площі лісів. На висоті 1200–1400 м з'являються хвойні породи: ялина звичайна, модрина європейська, ялиця біла, сосни чорна та звичайна. Хвойно-широколисті (з ялиці і бука) і хвойні (з ялини та ялиці) ліси вкривають майже 30 % лісової площі і піднімаються в гори до 1800 м н. р. м. Вище вони змінюються субальпійськими угрупованнями сланкої гірської сосни (*Pinus mugo*), а іноді – і сланкою формою кедра (*Pinus cembra var. Depressa*), на висоті 2000 м – альпійськими луками.

Таблиця 6 – Основні показники лісового фонду Австрії

Показник	Значення
Загальна площа країни, млн. га	8,3
Площа лісів, млн. га	3,7
Лісистість, %	44
Частка приватних лісів, %	73
Загальний запас деревини, млн. м <sup>3</sup>	681
Середній запас на 1 га, м <sup>3</sup>	240



Рисунок 8 – Розташування Австрії на мапі Європи

Протягом 1981–1985 рр. у країні проводилася перша НІЛ з використанням трактів, що склалися з 4 пробних майданчиків (площа 300 м<sup>2</sup>, радіус 9,77 м). Тракти розміщувалися по всій території країни, їх довжина складала 3,89 км). Щорічному обміру піддається 1/3 усіх трактів. З 2000 р. центри пробних майданчиків визначають з використанням GPS-пристроїв. Одержані результати використовуються, в першу чергу, для оцінки динаміки та якості лісів країни.

### Німеччина

За останні два століття площа лісів країни значно скоротилася, змінився і їх склад. Корінні листяні ліси, утворені дубом і буком, на рівнинах і плоскогір'ях – змішані, хвойно-широколистяні і хвойні – в горах та ділянки сосняків на піщаних ґрунтах (на півночі) поступилися місцем окультуреним, розчищеним лісам з переважанням хвойних порід.

По долинах річок (Рейну, Ельби, Везера, Дунаю) поширені заплавні ліси з верби білої (*Salix alba*), тополі білої (*Populus alba*) і вільхи чорної (*Alnus*

*glutinosa*). На пониззях, плато і нижніх схилах гір ростуть бук європейський, дуб звичайний, граб, клен, ясен, липа та вільха. Особливо для Німеччини характерні букові і дубові ліси. У середній частині гірських схилів (до 800 м н. р. м.) зростають змішані ліси з бука і дуба з домішкою ялиці, смереки і іноді – сосни. Вище в горах переважають хвойні ліси з ялиці білої, ялини і сосни звичайної. Соснові ліси широко ростуть і в горах, і в рівнинних районах. На висоті 800–1200 м у Шварцвальді і до 1600–1800 м в Альпах поширені ялицеві та ялицево-смерекові ліси. Вище 1800 м в Альпах ростуть сланкі угруповання з гірської сосни (*Pinus mugo*).

Таблиця 7 – Основні показники лісового фонду Німеччини

Показник	Значення
Загальна площа країни, млн. га	35,7
Площа лісів, млн. га	11,1
Лісистість, %	32
Частка приватних лісів, %	
Загальний запас деревини, млн. м <sup>3</sup>	3492
Середній запас на 1 га, м <sup>3</sup>	315



Рисунок 9 – Розташування Німеччини на мапі Європи

Першу НІЛ було проведено у ФРН упродовж 1986–1988 рр. Після об'єднання Німеччини постала потреба у проведенні другої НІЛ (здійснена в період 2000–2002 рр. під керівництвом Міністерства харчування, сільського господарства та лісу). Залежно від розміщення Федеральних земель, розмір

сітки становить  $2,83 \times 2,83$  км або  $2 \times 2$  км. Довжина тракту складає 150 м, по кутах якого закладають кругові пробні майданчики.

### Швейцарія

Ліси розподілені нерівномірно на території країни. Приблизно половина лісів знаходиться в Альпах і їх передгір'ях (800–1800 м н. р. м.). Ліси в Альпах представлені хвойними породами. Ялина і ялиця займають нижні частини схилів; вище 800–1000 м н. р. м переважає модрина (*Larix decidua*), на висотах 1200–1600 м – кедр європейський (*Pinus cembra*), сосни гірська (*P. uncinata*) і звичайна (*P. sylvestris*). На Швейцарському плато раніше росли широколистяні породи, особливо дуби (*Q. robur* і *Q. petraea*). В даний час, внаслідок садіння ялини і сосни звичайної, тут простягаються змішані лісові масиви.

Виділяють три типи листяних лісів: дубово-грабові, дубово-березові і букові, що ростуть на родючих бурих ґрунтах долин. У березових лісах сухих альпійських полонин з'являється сосна. У більш вологих гірських долинах ростуть ялиця й ялина, що утворюють ялицево-смерекові та смерекові ліси.

Таблиця 8 – Основні показники лісового фонду Швейцарії

Показник	Значення
Загальна площа країни, млн. га	4,14
Площа лісів, млн. га	0,98
Лісистість, %	24
Частка приватних лісів, %	
Загальний запас деревини, млн. м <sup>3</sup>	270
Середній запас на 1 га, м <sup>3</sup>	251



Рисунок 10 – Розташування Швейцарії на мапі Європи

У 1973 р. було розпочато методологічну підготовку до проведення НІЛ. Першу пробну експериментальну НІЛ проводили упродовж 1978–1979 рр. в окремому кантоні країни. Результати і недоліки методів цієї роботи були ураховані при проведенні повномасштабної НІЛ у 1981 р. Вся територія Швейцарії була поділена сітками  $1 \times 1$  км і  $0,5 \times 0,5$  км, перехрестя яких використовували як центри пробних майданчиків. Розміри кругових пробних ділянок становили 500 та 200 м<sup>2</sup>. Оскільки після збору польового матеріалу сітку з кроком 0,5 км з економічної і господарської точок зору було визнано витратними, то в подальшому за основу було прийнято сітку з кроком 1 км.

Друга НІЛ розпочалася у 1991 р., в ході якої важливі характеристики були отримані на пробних майданчиках першої інвентаризації. Також збиралася інформація щодо екологічної оцінки лісових біоценозів, захисних функцій лісу, особливо проти падіння скель та сходження лавин.

## Франція

Більша частина країни входить до підзони широколистяних лісів помірного поясу, а Середземноморське узбережжя – до зони вічнозелених ксерофільних лісів і чагарників субтропічного поясу. На рівнині і пагорбах поширені переважно невеликі масиви букових, дубових, каштанових, дубово-грабових і рідше – соснових лісів. Найбільші масиви дубових лісів збереглися в басейні Луари.

Значні масиви хвойно-широколистяних і хвойних лісів зосереджені в гірських районах Центрального масиву, Вогезов, Юри, Західних Альп, де переважають ліси з сосни звичайної, а в горах провінцій Лангедок і Прованс – також сосни алепської (*Pinus halepensis*). У рівнинній західній частині країни (Ланди) зростають великі штучні ліси з сосни приморської (*Pinus pinaster*), що займають близько 13 % лісової площі країни. Головні породи в центральній частині Франції – дуби звичайний і скельний (*Quercus petraea*). Тут зустрічаються ділянки букових лісів (*Fagus sylvatica*), що добре збереглися. У Нормандії великі площі зайняті сосною звичайною і ялицею білою (*Abies alba*). Для цього району характерні лісові ділянки з каштаном їстівним (*Castanea sativa*) і грабом (*Carpinus betulus*), а для долинних територій – тополеві плантації (понад 100 тис. га), які займають понад 50 % площі топових насаджень Франції. На території ближче до Вогезів бук стає основною породою, а в горах, як в Альпах і на Юрі, переважають хвойні – ялиця біла, сосна звичайна (особливо по південних схилах) і зрідка (у Вогезах і на Юрі) ялина європейська (на висоті 800 м), які в Альпах на висоті 900–1000 м змінюються лісами з модрина європейської, поступаються місцем на висоті 1000–1200 м сосні гірській (*P. mugo*) і кедру європейському (*Pinus cembra*).

Для Південної Франції характерні ліси з дубів пухнастого (*Quercus pubescens*), вічнозеленого кам'яного (*Q. ilex*), коркового (*Q. suber*), а також чагарникові угруповання гариги і маквиса.

Біля підніжжя Піренеїв (120–150 м н. р. м.) дуб кам'яний замінюється буком з ялицею білою, домінуючими на висотах 750–1200 м. Ще вище, в межах 1800–2300 м, поширені угруповання гірської сосни.

Велика частина лісів (60 %) знаходиться на території нижче 400 м н. р. м., 29 % – в районах від 400 до 1000 м, 11 % – понад 1000 м н. р. м..

Таблиця 9 – Основні показники лісового фонду Франції

Показник	Значення
Загальна площа країни, млн. га	55,0
Площа лісів, млн. га	15,9
Лісистість, %	29
Частка приватних лісів, %	74
Загальний запас деревини, млн. м <sup>3</sup>	2584
Середній запас на 1 га, м <sup>3</sup>	162
Точність визначення площі, %	± 0,0–0,4
Точність визначення запасу, %	± 0,5



Рисунок 11 – Розташування Франції на мапі Європи

На початку 60-х ХХ ст. Міністерство сільського господарства створило Комітет національної інвентаризації лісів Франції, який визначив метод здійснення інвентаризації, що базується на двох фазах точкових пробних майданчиків для кожного облікового району. Перша фаза – систематична вибірка пробних площ з використанням АФЗ і їх дешифрування. Друга фаза – відбір пробних площ для натурального обстеження і актуалізації результатів дешифрування

Перший цикл інвентаризації тривав майже 20 років (1960–1980 рр.), другий цикл – 12 років (1976–1986 рр.). У середині 80-х (1987–2006 рр.) відбувався третій цикл інвентаризації, під час якого виконували картування і стратифікацію. Це підвищило точність інвентаризації, але не змінило методу інвентаризації.

Починаючи з 90-х років, почали використовувати оцифровані АФЗ, на основі яких було складено аерофотокарти. У 2004 р. розпочато четвертий цикл, де було вирішено повернутися до постійних просторових пробних майданчиків, які базуються на щорічному поновленні даних. Цикл п'ятої НІЛ тривав упродовж 2004–2009 рр., а шостої – нині.

Пробні майданчики охоплюють всю територію мережею з розміром сітки 1×1 км. Для встановлення пробних площ використовують цифрові аерофотокарти. Було закладено близько 550 тис. кругових пробних майданчиків, радіус яких становить 25 м. На ділянках визначають понад 300 показників. Для одержання певних показників використовують підділянки радіусом 6, 9 або 15 м або прямокутні пробні майданчики площею 25 і 50 м<sup>2</sup>.

Щорічно проводять дешифрування 55 тис. пробних площ і натурну таксацію 10 тис. пробних площ. При цьому всі пробні ділянки – тимчасові.

### Чехія

Третина території країни вкрита густими корінними лісами, які складаються переважно з хвойних порід дерев: 60 % насаджень складають ялинові, а близько 20 % – соснові. Крім хвойних лісів в Чехії зростають також ліси змішаного типу і дубові гаї.

Таблиця 10 – Основні показники лісового фонду Чехії

Показник	Значення
Загальна площа країни, млн. га	7,8
Площа лісів, млн. га	2,6
Лісистість, %	33,8
Частка приватних лісів, %	23,3



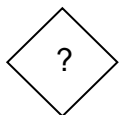


Рисунок 12 – Розташування Чехії на мапі Європи

Першу НІЛ на основі статистичних методів було запропоновано в 1994 р. Концепцію її проведення розробили Інститут досліджень лісових екосистем (IFER) спільно з Міністерством сільського господарства. Практичне запровадження здійснив Інститут лісового управління (*Forest Management Planning Institute*) у 2001 р. Роботи тривали впродовж чотирьох років із використанням найсучасніших польових інструментів, а результати були опрацьовані з застосуванням передових програмних продуктів. Інвентаризаційні площі розміщалися в сітці  $2 \times 2$  км так, щоб у подальшому їх можна було відшукати для повторного використання. Було прийнято, що обліку підлягають усі лісові площі, незалежно від форми власності, якщо їхня площа становить понад  $400 \text{ м}^2$ , а відносна повнота – більша 0,2.

Для інвентаризації використовують постійну мережу подвійних кругових реласкопічних пробних майданчиків. На більших з них вимірюють дерева з діаметром понад 12 см. А в межах майданчика з радіусом до 3 м вимірюють дерева з діаметром більше 7 см. Облік природного поновлення проводять на ділянці радіусом 2 м з поділом за породами та класами висоти. Для визначення середньої висоти вимірюють висоти у перших 50 дерев кожної породи. Загалом визначають 150 показників. За результатами першої НІЛ було обміряно близько 39 тис. дерев.

Після завершення польових робіт здійснюють перевірку 10 % всієї площі, зокрема 2 % даних підлягають контрольному повторному вимірюванню.



### Питання для самоконтролю

1. Які європейські країни першими запровадили НІЛ?
2. Назвіть загальні риси НІЛ європейських країн.
3. Перелічіть характеристики лісового фонду Фінляндії.
4. Висвітліть організаційно-технічні особливості НІЛ у Фінляндії.
5. Які характеристики лісового фонду Швеції ви знаєте?
6. Охарактеризуйте породний склад і таксаційні показники лісів Данії.
7. Вкажіть основні методологічні аспекти проведення НІЛ у Данії.
8. Наведіть характеристику лісового фонду Литви.
9. Які особливості проведення НІЛ у Литві ви знаєте?
10. Що є характерним для лісового господарства Австрії та Німеччини?
11. Охарактеризуйте породний склад і таксаційні показники лісів Швейцарії.
12. Який дизайн має НІЛ у Швейцарії?
13. Проаналізуйте характеристики лісового фонду Франції.
14. Які методологічні аспекти проведення притаманні НІЛ цієї країни?
15. Опишіть дизайн НІЛ Чехії.

## Тема 3. МЕТОДИКА ПОЛЬОВИХ РОБІТ З ІНВЕНТАРИЗАЦІЇ ЛІСІВ В УКРАЇНІ

### **План:**

- 3.1 Фази інвентаризації лісів України.
- 3.2 Огляд дизайну НІЛ.
- 3.3 Характеристика польової геоінформаційної системи *Field-Map* та системи *GPS*.

**Основні поняття та терміни:** *страти, тракт, субпроби, мережа моніторингу I рівня, популяції та субпопуляції, квадрат мережі моніторингу I рівня, інвентаризаційний квадрат, ротаційні цикли часових панно, субпанно, тракт, основна і потрійна проби, підпроби, мікропроби, комплекс Field-Map.*

### **3.1 Фази інвентаризації лісів України**

Загальну територію країни поділяють на взаємовиключні популяції та субпопуляції. Популяції визначені територією країни та природних зон. Окрема популяція має мережу інвентаризаційних квадратів. Субпопуляції утворені окремими областями. НІЛ використовує три типи (фази) вибірки, що виконуються для кожної популяції та субпопуляції.

Виділяють три фази інвентаризації:

1). Проведення стратифікації території, яку займає популяція, для зменшення варіації оцінок. Вона вимагає використання ДЗЗ у формі аерофото- чи супутникових знімків. Земельний покрив популяції поділяють на *страти*.

2). Польові бригади відвідують постійні пробні ділянки (1 на 182 га) і проводять виміри згідно з методикою польових робіт. Фаза 2 утворена на основі національного масиву квадратів (загальна кількість 82 784), кожний з яких містить одну первинну вибіркову одиницю – *тракт*. Розміщення трактів визначено проектом національного дизайну.

Процес перевимірів НІЛ має бути спроектований так, щоб зафіксувати зміни в стані та вигляді пробних ділянок з часом. Це може бути досягнуто шляхом перевимірів усіх проб, що будуть закладені протягом I-ої інвентаризації. Система картографування субпроб у межах проб фіксованого радіусу дозволить відстежити зміни.

Для віднесення до лісових земель ділянка насадження має бути площею понад 0,1 га; повнотою понад 0,2; деревостан може досягати заввишки 5 м у віці стиглості за даних лісорослинних умов. При цьому не враховують багаторічні насадження, призначені для сільськогосподарського виробництва (фруктові плантації, агролісові системи), міські парки, сади.

3). Польові бригади вимірюють додаткові атрибути, що пов'язані зі станом лісових екосистем. Виміри проводяться на трактах, що включають первинні пункти спостереження та моніторингу лісів (1 тракт на 3 645 га). Проективний обсяг вибірки становить понад 2400 ділянок. Оскільки пробні ділянки, що формують тракти фази 3 є також пробами фази 2, то при їх закладці проводять всі виміри, встановлені для фази 2, та ряд додаткових, пов'язаних з дією абіотичних та біотичних факторів на стан лісових екосистем.

### 3.2 Огляд дизайну НІЛ

Для кожної ділянки моніторингу I рівня визначають тип лісорослинних умов, тип лісу, таксаційні показники насадження (склад, ярусність, вік, повнота, зімкненість, бонітет, запас, характеристики підросту, підліску та недеревної рослинності). Така ділянка складається з 4 підділянок, на кожній з яких оцінюється 6 облікових дере I–III класів бонітету за Крафтом. Базовим показником, за яким оцінюється стан лісів є дефоліація крони дерева.

Сторона квадрату мережі моніторингу I рівня становить 16 км, а розмір інвентаризаційного квадрату – 2,7×2,7 км (рис. 2.1).

Пропонується 3-, 4-, 7-, 9- та 11-річний ротаційні цикли часових панно. Центри квадратів панно формують трикутні системи рівновіддалених точок для ротації (п'ять років = інтенсивності щорічної вибірки 20 %) (рис. 13).

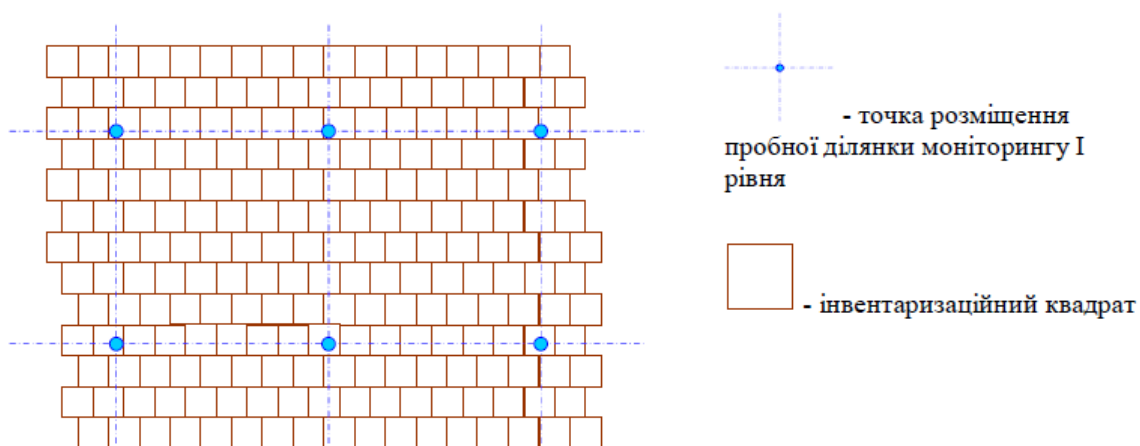


Рисунок 13 – Схема мережі розміщення ділянок моніторингу I рівня та інвентаризаційних квадратів

Ідеально, щоб одне панно обстежувалося лише один рік, але цьому на заводі можуть стати бюджетні обмеження і логістичні проблеми. В такому разі альтернативою є концепція субпанно в системі п'яти панно (рис. 14).

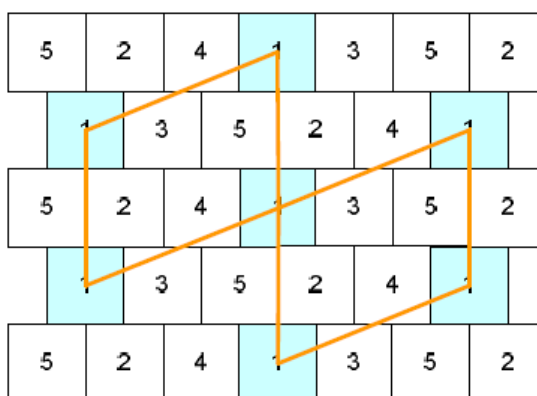
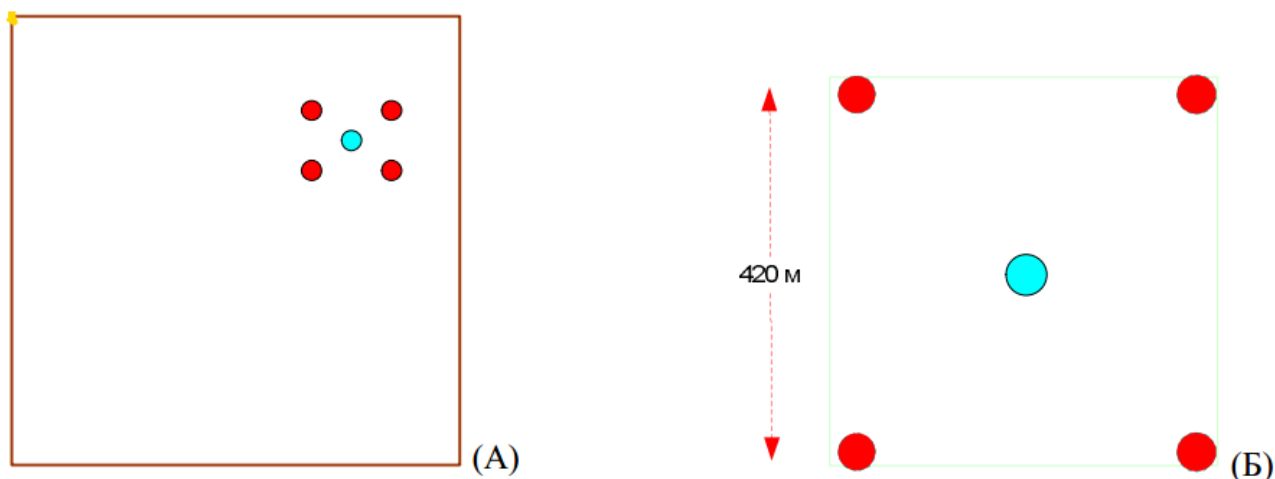


Рисунок 14 – Поділ гексагональної мережі квадратів на систему з п'яти часових панно за схемою паралелограмів

**Вибір дизайну трактів.** Тракти фаз 2 і 3 є кластерами із чотирьох точок, що утворюють квадрат із стороною 420 м. Розмір тракту уніфікований для всієї території країни. Первинна вибіркова одиниця у формі квадрату розміром 450×450 м складається з 225 вторинних вибіркових одиниць у формі квадратів розміром 30×30 м. З числа вторинних випадкових одиниць вибирають 4 кутові, в центрі яких закладають кругові пробні ділянки радіусом 12,62 м, які й утворюють тракт (рис. 15).



А – інвентаризаційний квадрат, що містить ділянку моніторингу;  
 Б – тракт, сформований на основі ділянки моніторингу

Рисунок 15 – Формування тракту на основі ділянки моніторингу

Процедура вибору тракту з окремого інвентаризаційного квадрату:

- 1) формування буферної зони інвентаризаційного квадрату;
- 2) утворення в центральній зоні інвентаризаційного квадрату набору з 25 первинних випадкових одиниць (квадратів розміром 450×450 м);
- 3) проста випадкова вибірка однієї з числа 25 первинних випадкових одиниць;
- 4) вибір з первинної випадкової одиниці чотирьох вторинних випадкових одиниць (квадратів розміром 30×30 м), розміщення по кутах первинної випадкової одиниці;
- 5) суміщення центрів вторинних випадкових одиниць і кругових пробних ділянок (радіусом 12,62 м) (рис. 16).

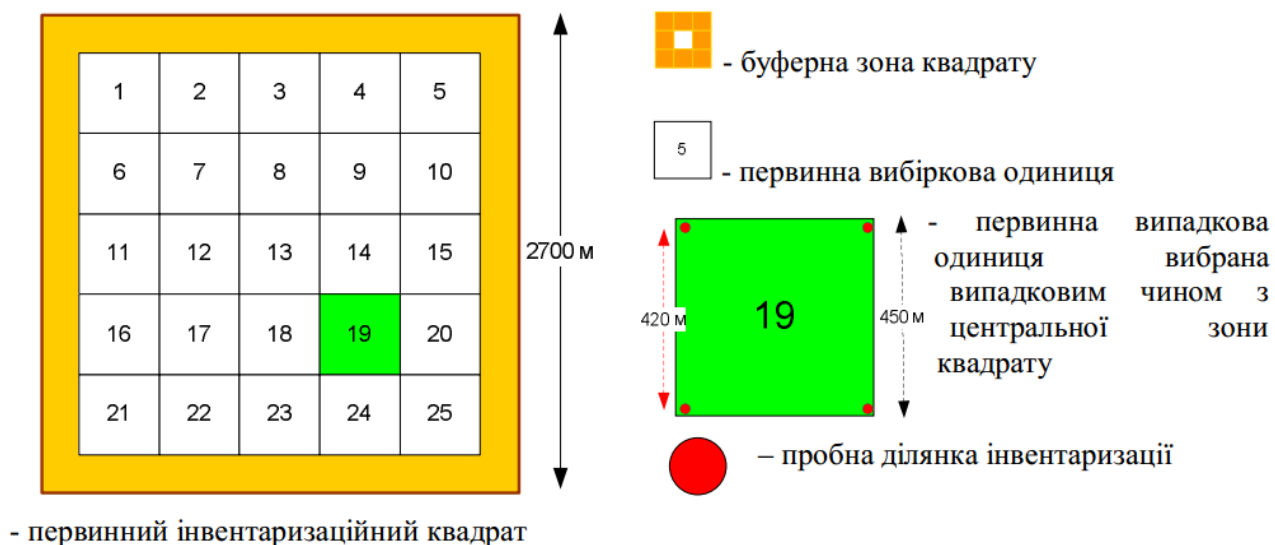


Рисунок 16 – Процедура вибору тракту

**Вибір дизайну проб.** Форма пробних ділянок у вигляді круга є найбільш ефективною, оскільки він має найменший периметр серед геометричних фігур однакової площі, а це дозволяє знизити число дерев, що знаходяться на межі та до яких застосовується процедура віднесення до проби.

Радіус *основної проби* в 12,62 м став стандартом для інвентаризацій багатьох країн на основі проведених досліджень залежності витрат часу на проведення робіт на пробі та завдяки кратному значенню площі пробної ділянки.

При проведенні інвентаризації закладається *потрійна проба*, що складається із основної проби та двох додаткових проб різного радіусу, центри яких співпадають з центром основної проби (рис. 17).

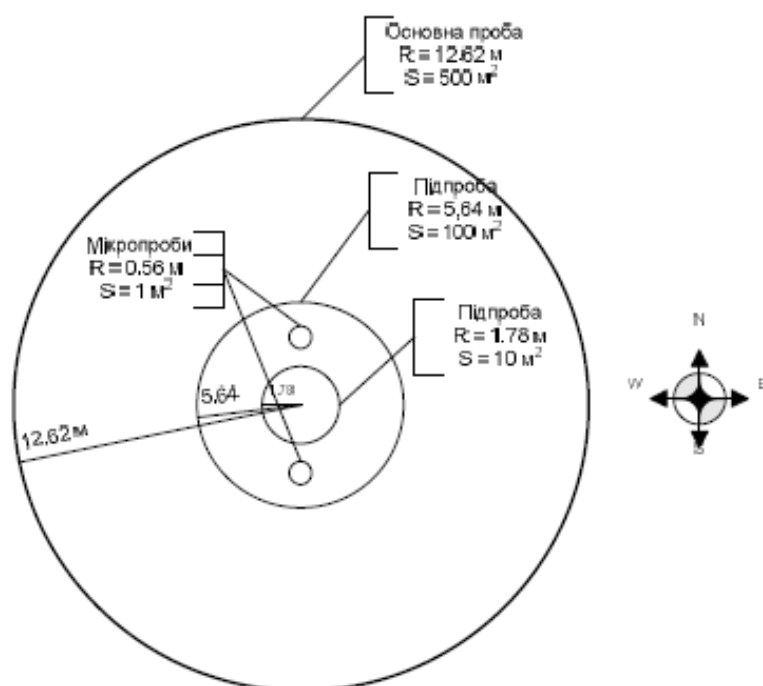


Рисунок 17 – Конфігурація пробних ділянок інвентаризації

Основна проба призначена для обстеження дерев з  $d_{1,3}$  понад 14 см. Додаткова проба радіусом 5,64 м, що має площу приблизно 0,01 га, призначена для обстеження дерев з  $d_{1,3}$  понад 6 см. Додаткова проба радіусом 1,78 м, що має площу приблизно 0,001 га, призначена для обстеження дерев з  $d_{1,3}$  понад 2 см.

Утворення потрійної проби суттєво знижує витрати часу на обмір маломірних стовбурів при закладанні проби за умови незначного зниження точності оцінки запасу дерев малого діаметра. В інвентаризації термін «проба» стосується потрійної проби, а додаткові проби називаються *підпробами*.

Проба також включає дві *мікропроби* радіусом 0,56 м (площа близько 0,0001 га), які призначені для обліку природного поновлення. Центри

мікропроб винесені на відстань 3 м в північному та південному напрямках для обмеження витоптування.

На додаток до обмірів дерев, що виконуються в межах проб, збираються також дані про площу, на якій вони розташовані. Класифікація територій є необхідною для поділу лісів в значимі категорії для проведення аналізу (домени). Деякі з цих атрибутів встановлюються на основі обстеження (тип лісу), більшість визначається на основі вимірювань (Дсер), деякі – на основі припису (категорія земель).

Для поділу лісу в різні домени для аналітичних цілей, важливо віднести зібрані на цих пробах дані про дерева до класифікації площі. Для досягнення цього проби поділяють на субпроби. Польові бригади приписують кожній субпробі послідовний номер, починаючи з субпроби, яка містить центр проби.

### 3.3 Технічне забезпечення НІЛ

Для визначення координат використовують ГПС-прилади (зокрема, безпосередньо при відмежуванні ділянок головного користування чи доглядових рубань).

ГПС – «*SILVA Multi-Navigator*». Ручний ГПС з потужним 12-канальним приймачем та інтегрованими функціями: електронним компасом, барометричним висотоміром, барометром, записом точок. Розміри 170×60, маса 265 г (рис. 18).



Рисунок 18 – ГПС-прилади

ГПС – «*Magelan Meridian Color Reiseset*» – це високоякісний ручний ГПС-прилад з 16-колірним рідкокристалічним екраном. Карти і діаграми дуже просто записуються і читаються, їх можна ще використовувати для навігації. Він має інтегровану 16 Мб базову карту з картами Європи та допоміжною навігацією. Можливості ГПС розширюються їх високою точністю, надійним відображенням маршруту, інтегрованими картами, простим дизайном та можливістю використання додаткових карт пам'яті. Набір складається з ГПС-

приймача з фіксатором (на штатив); 12 V блоком живлення і комп'ютерним кабелем; 64 Мб карта розширення пам'яті; компакт-диск із програмою «MapSend DirectRoute Preview».

**ГПС – «Benefon Track Pro Mobiltelefon»** – це мобільний телефон, у якому вмонтовано високоякісний ГПС – приймач і рухомий датчик. За допомогою багатофункціональної кнопки можна, якщо є потреба, точно інформувати про своє місцезнаходження (наприклад, у разі нещасного випадку). Основні технічні параметри: 12-канальний ГПС; багатоканальний телефон зі вмонтованою пам'яттю; функція «Вільні руки»; навігаційні властивості; скловолоконно підсилений, пластмасовий корпус; маса 165 г; розміри – 129×49×23 мм.

Звичайно, є багато інших модифікацій ГПС, принцип роботи яких такий самий, але відрізняються вони розмірами, формою та точністю визначення координат.

Наступним кроком після обмеження ділянки чи пробної площі є вимірювання діаметрів та висот дерев.

Для вимірювань діаметрів зростаючих і зрубаних дерев (або їх частин) чи колод використовують такі інструменти: телереласкоп Біттерліха, комп'ютерні мірні вилки «Mantax» і «Mantax DigiTech» та ін.

Як зазначають М.П. Горошко зі співавторами (2006), **телереласкоп Біттерліха** – це універсальний прилад, який використовується при закладанні кругових пробних площ, вимірювань діаметрів і висот, а також приростів у висоту. Стандартний комплект складається із самого телереласкопа (1), штатива з рухомою серединною колонкою (2), нахиленої головки (3), допоміжними є горизонтальна базисна лінійка і штатив для її встановлення. Телереласкоп за своїми розмірами нагадує невелику камеру. Інструмент складається із телескопічної труби з 8-разовим збільшенням.

Спостереження здійснюють через окуляр, де поле зображення отримуємо із двох половин: нижня половина є частиною шкали реласкопа, а верхня половина – візованого об'єкта, тобто стовбура дерева (рис. 19). Межею шкали у цьому полі зору зображення є тонка горизонтальна лінія, що називається «вимірювальним кантом». Відліки беруться у відносних величинах (відсотках або тахеометричних одиницях), які пізніше переводяться в абсолютні величини. Шкала має три тахеометричні одиниці, які складаються із чорних та білих смужок і відповідно дорівнюють 2, 2·2, 2·3 у тому випадку, коли нульове значення шкали пропонується на крайній правій її стороні. Цей розподіл передбачений для зручності при роботі з телереласкопом на кутових пробних площах. Фактор кругових площадок  $k$  перебуває у залежності від можливих значень системи тахеометричних одиниць телереласкопа і розраховується за формулою:  $k = (TU)^2 / 4$ .

При вимірюванні висоти чи діаметра пункт спостереження необхідно вибирати так, щоб найкращим чином забезпечувалась видимість стовбура, його вершини та всіх його частин, де будуть проводитись заміри. Точно



встановлювати відстань до об'єкта не потрібно, теж не обов'язково вибирати ціле число метрів для горизонтальної дистанції.

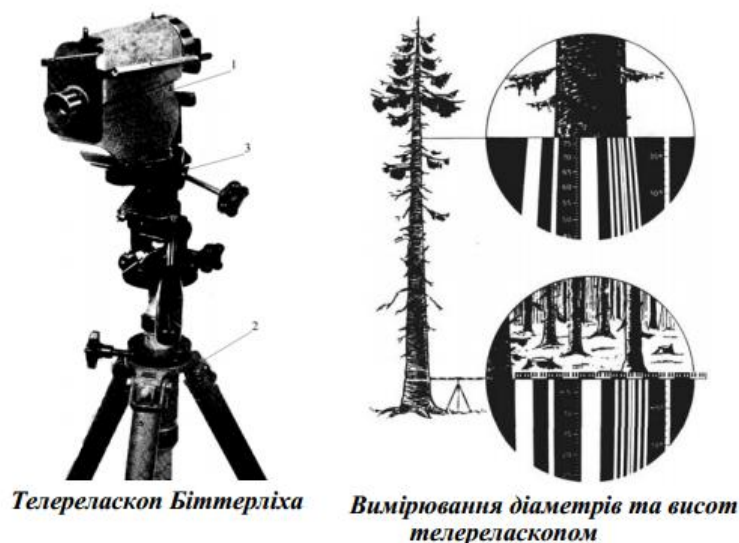


Рисунок 19 – Телереласкоп Біттерліха

Для точності вимірювань відстань приладу від дерева має приблизно дорівнювати висоті дерева, а базисна лінійка повинна бути розташованою якнайближче до стовбура і на висоті 1,3 м від поверхні землі. Планка на лінійці вказує на центр стовбура, а сталевий штифт повинен бути спрямований на телереласкоп.

При замірі висоти та діаметра дерева перший відлік береться на базисній лінійці для визначення тієї довжини рейки, яка відповідає тахеометричній одиниці. При відстані телереласкопа до стовбура, на який проводиться візування, менше 30 м за базисною лінійкою визначається довжина 4-х тахеометричних одиниць (TU), при більших відстанях застосовуються більш малі тахеометричні одиниці (TU) і відповідні їм частки. Цей перший відлік є ключовим для всіх наступних обчислень, при якому відбувається перетворення відносних одиниць у абсолютні, довжина 4-х тахеометричних одиниць (4 TU) дорівнює 84 см (рис. 19).

Для отримання відносних значень необхідних висот і відповідних діаметрів на цих висотах, проводять візування на частину стовбура і визначають покази приладу. На рисунку 19 для прикладу наведено розрахунок верхнього діаметра стовбура, при якому висота дорівнює 79 %, а діаметр становить 2,74 TU. Базисний відлік (BR) – це значення однієї TU, розраховується за допомогою базисної лінійки, і у нашому прикладі дорівнює  $4 \text{ TU} = 84 \text{ см}$ , відповідно  $\text{BR} = 84/4 = 21 \text{ см}$ .

Шкала приладу змонтована таким чином, що довжина «тахеометричної одиниці» відповідає 1/100 частині відстані приладу від пункту спостереження. У нашому прикладі відстань від базисної лінійки до спостерігача становить:

$21 \text{ см} \times 100 = 21 \text{ м}$ . Висотна шкала визначає висоти як процентні частки горизонтальної відстані, тобто, якщо значення шкали дорівнює  $+ 79 \%$  від  $21 \text{ м}$ , відповідно висота дорівнюватиме:  $h = 21 \times 79/100 = 16,6 \text{ м}$ . Діаметр дорівнює  $2,74 \text{ TU}$ , а це означає:  $21 \text{ м} \times 2,74/100 = 0,575 \text{ м}$ , або  $21 \text{ см} \times 2,74 = 57,5 \text{ см}$ .

**Комп'ютерна мірна вилка «Mantax»** – багатофункціональний прилад, який забезпечує точні результати вимірювань, має великий обсяг пам'яті, що дає змогу нагромаджувати дані, здійснювати обробку та обчислення, а також виводити ці дані на екран (рис. 20). У комп'ютері може зберігатися різноманітна інформація: дані про власника і покупця лісу, дата внесення запису, координати і кути на ділянці, відстань від дороги, ціна, середньоарифметичні дані про дерева, вік дерев, діаметри, висоти та ін. Крім того, можлива передача даних з висотоміра «Vertex» на комп'ютерну мірну вилку через інфрачервоний порт. Комп'ютерну мірну вилку «Mantax» використовують для вимірювання діаметрів і маркованих стовбурів при лісотаксаційних переліках, вимірювання діаметрів колод, штабелів, а також для калібрування інших приладів. Вага  $1\text{--}1,1 \text{ кг}$ .



Рисунок 20 – Комп'ютерні мірні вилки

**Комп'ютерна мірна вилка «Mantax DigiTech»** – це вдосконалена електронна комп'ютерна мірна вилка (рис. 20). За її допомогою можна швидко охопити велику кількість замірів діаметрів дерев при інвентаризації лісів чи при дослідженні деревостану. Крім цього, вона автоматично обчислює об'єм дерева або запас деревостану залежно від висоти дерева чи середньої висоти насадження. Комп'ютерна мірна вилка забезпечена спеціальною програмою від Фрайбурзького університету. Основні технічні параметри: 8000 заміряних пунктів зберігається у пам'яті; перенесення даних за допомогою інфрачервоних хвиль чи радіохвиль на персональний комп'ютер; перенесення замірів висот із висотоміра за допомогою інфрачервоних хвиль і навпаки; спеціальні комп'ютерні програми для збереження даних та обчислення об'єму і запасу; функція первинної статистичної обробки даних; функція для подвоєння чи поділення шкали; радіотелефонна система замірів; зв'язок або передача даних – інфрачервоні хвилі та радіозв'язок.

Заміри висот здійснюються за допомогою висотомірів або дендрометрів.

**Висотомір «Vertex III/M»** – ультразвуковий прилад, призначений для вимірювання висоти і кутів з високою точністю у різних напрямках (рис. 21). Висотомір невеликий за розміром, зручний в експлуатації, спрощує процес вимірювання, ним можна користуватися навіть у насадженнях з високою густотою насадження, має зручну програму управління. Результати вимірювань виводяться у цифровому форматі на екран, ці дані можна переносити на комп'ютер. Основні технічні показники висотоміра "Vertex III": розміри - 8,0 × 5,0 × 3,0 см; маса – 160 г (з батареєю).



Рисунок 21 – Висотоміри і дендрометри

**Лазерний висотомір «Vertex Laser»** – сучасний прилад, призначений для лісових вимірів (рис. 21). Поєднання лазерної та ультразвукової технології робить цей прилад досить зручним і невеликим, він вміщається у долоню. Цей висотомір є послідовним, тривалим розвитком однієї системи, яка опирається на більш ніж три генерації приладів, що застосовувалися у лісовій інвентаризації. Тут взято до уваги багаторічні знання та досвід при здійсненні замірів висот і відстаней як у складних деревостанах, так і чистих, одноярусних. За допомогою цього приладу можна досить точно і швидко розділити деревостан на яруси й елементи лісу, а також заміряти відстані до певних об'єктів. Крім цього, за допомогою функції «Vertex DME» можна закладати кругові пробні площадки із змінним радіусом, а також заміряти кути нахилу та горизонтальну відстань. Основні технічні дані: вага–260 гр.; розміри (мм) – 95×70×58; електроживлення – 1 батарейка на 2,3 V; виробнича температура: –15 до +45 °С; кут заміру –55° до +85°; точність заміру кута – 0,1°; лазерна оптика – моноокуляр з 8-разовим збільшенням; лазерна дальність від 10 м до 350 м без рефлектора; лазерна дальність з рефлектором – до 900 м; точність ±0,25 м до 100 м і ±1 м > 100 м.

Закладання кругової пробної площі постійного чи перемінного радіуса

за допомогою лазерних висотомірів «Vertex III/M» або «Vertex Laser» проводиться бригадою у складі двох осіб. Перед початком роботи прилад забезпечують живленням і проводять калібрування. Він функціонує у комплекті з транспондером, однак для ефективнішої роботи використовують, здебільшого, електронну мірну вилку та ручну бусоль. Вибравши центр пробної площадки, один з членів бригади залишається з приладом та бусоллю, а інший – з транспондером та електронною мірною вилкою, рухаючись у напрямку за годинниковою стрілкою, підходить до дерева і закріплює біля нього жердину, з транспондером, який знаходиться на висоті очей спостерігача. Спрямувавши оптичну вісь приладу на транспондер, натиском кнопки отримуємо на цифровому дисплеї значення відстані до дерева. При закладанні кругової площадки постійного радіуса оцінюється належність дерева до пробної площадки. За допомогою мірної вилки заміряють діаметр, бусолі – азимут, а приладом – відстань до нього. Дереву присвоюється порядковий номер (починаючи з першого), який можна закріпити заздалегідь підготовленими номерними шаблонами або нанести крейдою, чи фарбою. Всі результати вимірювань заносять до облікової карточки, в іншому випадку дерево не обліковують.

При закладанні реласкопічної пробної площадки проводять аналогічну схему вимірювань. Особливістю є першочергове вимірювання діаметра дерева, встановлюючи таким чином його належність до пробної площадки. Після цього відходять з висотоміром на певну віддаль, з якої видно верхівки більшості дерев. Закріплюють транспондер на дереві, спочатку візують на нього вісь висотоміра, потім на основу дерева, верхівку дерева і знімають з цифрового дисплею показник загальної висоти. Після цього транспондер переміщують до наступного дерева і проводять аналогічні вимірювання. При переведенні висотоміра в режим вимірювання вертикальних кутів вісь приладу візують на транспондер і зчитують з електронного дисплею кут нахилу. Закладання кругової пробної площадки і проведення на ній необхідних вимірювань займає 15–25 хв., залежно від величини пробної площадки, кількості дерев на ній та рельєфу місцевості.

Крім цього, за допомогою приладів «Vertex III/M» і «Vertex Laser» можна проводити відмежування кругових площадок постійного радіусу. Для цього в центрі кругової площадки встановлюють жердину з транспондером на висоті очей спостерігача і, поступово відходячи у певному напрямку, візують вісь приладу на транспондер та отримують на електронному дисплеї віддаль від центру площадки. Досягнувши віддалі, яка рівна радіусу площадки, позначають межові дерева, які не входять до площадки, за допомогою фарби, крейди тощо. Аналогічні вимірювання проводять у декількох напрямках, так щоби охопити весь периметр площадки.

**Лазерний дендрометр «ForestAce 300»** – це прилад, призначений для вимірів відстаней між об'єктами та кута нахилу у градусах (рис. 21). За допомогою конструктивного елемента можна отримувати 2-D - або 3-D заміри.

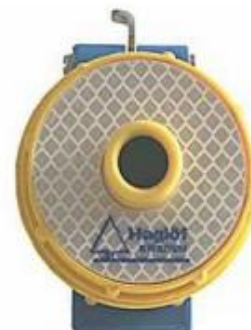
Ці заміри можна здійснити за допомогою арсенід-галейового лазера. Визначення азимуту та 3-D-заміру здійснюється за допомогою додаткового електричного компасу, який працює у парі з дендрометром. При здійсненні лісоінвентаризаційних робіт за допомогою цього приладу можна заміряти загальну висоту дерева чи сортименту із врахуванням якості, також діаметр крони дерева та діаметр стовбура. Через триангулятор можна визначити площу заданого полігону. Цей прилад має свою комп'ютерну програму, за допомогою якої можна визначити як об'єм дерева, так і запас деревостану на запропонованій площі. Цей дендрометр підтримується різними ГПС (GPS)–системами при здійсненні спеціальних замірів. Основні технічні характеристики: лазер – арсенід-галейовий лазерний діод 1 класу; максимальна віддаль заміру – до 300 м і 500 м з рефлексом; точність – до 10 см; заміри кута – від  $-80^\circ$  до  $+80^\circ$ ; точність заміру кута – до  $0,3^\circ$ ; електронний компас – від  $0^\circ$  до  $360^\circ$ ; розміри –  $175 \times 106,5 \times 56$  мм; вага 600 г.

Крім цього, при замірі висот та діаметрів використовуються додаткові вимірювальні прилади, це – далекоміри в комплекті з транспондерами, які працюють разом з висотомірами та портативним комп'ютером.

**Дальномір «DME 201»** – це ультразвуковий прилад, призначений для вимірювання відстаней (до 40 м), дає точні вимірювання відстаней навіть між предметами, які рухаються (рис. 22). Забезпечує добрі результати при обстеженні кругових пробних ділянок (при цьому не треба переміщати відбивач ультразвукового сигналу – транспондер).



**Дальномір "DME 201"**



**Транспондер**

Рисунок 22 – Загальний вигляд дальноміра і транспондера

**Транспондер** – це пристрій, який переводить ультразвукові сигнали в цифрові дані (рис. 22). Висотоміри «Vertex III та Vertex Laser» і далекомір «DME 201» працюють у комплекті з транспондером. Транспондер розташовують у точці 1, а далекомір «DME 201» відносять до точки 2, після натиснення червоної кнопки одержують відстань між точками 1 і 2. Основні технічні показники транспондера: діаметр 7,0 см; вага – 85 г (з батареєю).

**Вимірювач приросних кернів «CORIM»** – прилад, призначений для швидкого аналізу замірів приросних кернів і є двох типів «CORIM Maxi» (рис. 23) вимірює довжина керну до 450 мм та «CORIM Mini», довжина керну до 200 мм. Цей прилад можна застосовувати як у лісі, так і в лабораторних умовах. Величина приросту заміряється автоматично штангенциркулем із вимірювальної шини і передається на дисплей. За допомогою інтерфейсу серії RS – 232 можна з'єднатися із комп'ютером та перенести дані заміру. З використанням офісної програми «EXCEL» надалі можна обробити ці дані. Складовими частинами приладу є: корпус, штангенциркуль, вимірювальна шина, збільшувана лупа, дисплей, переносний кабель, програмне забезпечення і батарея.



*Вимірювач приросних кернів  
"CORIM Maxi"*



*"Dial-Dedro" вимірювач  
приросту*

Рисунок 23 – Загальний вигляд вимірювачів: приросних кернів та приросту

**Вимірювач приросту «Dial-Dedro»** – прилад призначений для вимірювання та фіксування приросту встановленого періоду спостереження окремого досліджуваного дерева (рис. 23). Він монтується прямо на стовбур дерев і за допомогою верньєра визначається приріст із точністю до десятого міліметра. Даний прилад має по 6 сталевих стрічок довжиною 300 мм та 900 мм, крім цього до складу входить 1 ключ та 24 дерев'яних шурупи. Вага цього приладу 1250 г [Горошко М.П. зі співавт., 2006].

### **3.4 Характеристика польової геоінформаційної системи *Field-Map* та системи *GPS***

До передових мобільних технологій належить програмно-технологічний комплекс *Field-Map*, який розроблено в Інституті дослідження лісових екосистем (IFER, Чеська Республіка) (рис. 24).

Програмно-технологічний комплекс (ПТК) *Field-Map* є мобільною геоінформаційною системою (ГІС), що поєднана з сучасними лазерними та електронними вимірювальними приладами в єдину технологію для збирання та керування польовими даними. Ця технологія використовується в 34 країнах

світу для лісових вимірювань, створення електронних карт і управління інформацією за допомогою комп'ютерів під час польових робіт.

Для використання в польових умовах *Field-Map* встановлюють на планшетний або кишеньковий комп'ютер, до якого можна підключати різноманітні вимірювальні прилади: далекоміри-висотоміри, електронні компаси, GPS-приймачі, електронні мірні вилки, електронні сканери для зчитування штрих-кодів або RFID-міток, електронне геодезичне обладнання та ін. Застосування ПТК *Field-Map* дає можливість швидко і з високою точністю визначати відстані, висоти, діаметри, площі та інші показники лісових об'єктів, при цьому результати вимірювань від приладів автоматично заносяться до бази даних та відображаються на електронній карті, здійснюється контроль повноти і вірогідності інформації, проводяться розрахунки та створюються картографічні матеріали безпосередньо під час роботи в польових умовах. Ефективність ПТК *Field-Map* зумовлюється наступними чинниками:

- застосуванням високоточного вимірювального обладнання;
- автоматизацією процесів формування в польовому комп'ютері баз даних та електронних карт при проведенні вимірів і обробленні даних;
- автоматизацією процесів проведення розрахунків та формування звітів, можливістю оброблення і друку матеріалів у польових умовах.

Ефективність реалізації рішень на основі *Field-Map* забезпечується поєднанням в єдиному інформаційному просторі цифрової лісовпорядної інформації (карти і таксаційні описи), матеріалів відведення лісосік, обліку колод, даних дистанційного зондування Землі та GPS-навігації.

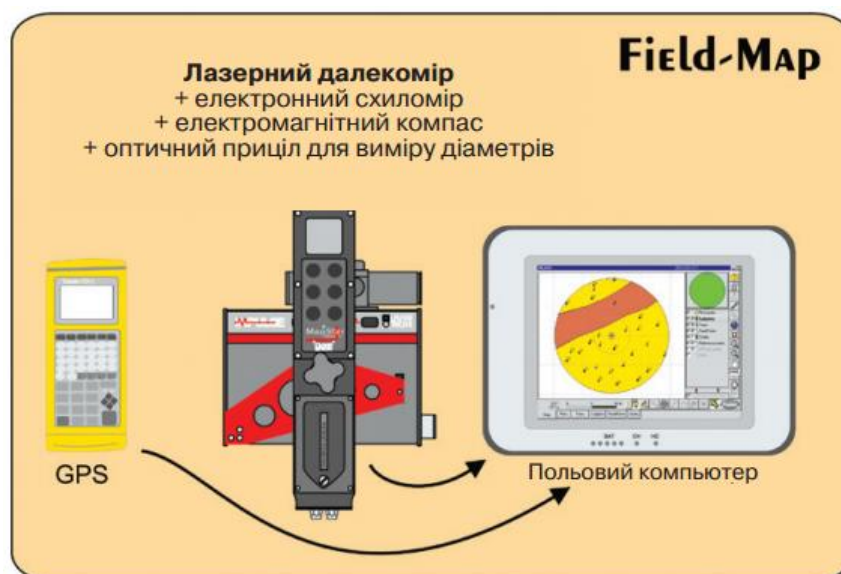


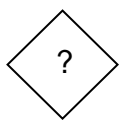
Рисунок 24 – Базовий комплект приладів *Field-Map*

Важливо, що технологія *Field-Map*, окрім точного визначення запасу на ділянці лісу, дає можливість визначати сортиментну структуру деревостану без

рубання модельних дерев, а також проводити розрахунки різних сценаріїв сортименталії з урахуванням запитів споживачів деревини.

Матеріально-грошову оцінку лісосіки можна розрахувати засобами *Field-Map* або іншими програмами матеріально-грошової оцінки лісосіки, які підключаються до *Field-Map* як окремі модулі. Результати оброблення інформації можна безпосередньо роздрукувати в польових умовах. Також є можливість передавати інформацію через мобільний зв'язок як на рівень лісництва, лісгоспу або обласного управління, так і до централізованої бази даних єдиної системи державного обліку деревини.

Базовий комплект приладів *Field-Map* містить (рис. 24) лазерний далекомір, комбінований з електронним кутоміром, електромагнітним компасом та оптичним прицілом. За їх допомогою можна вимірювати відстань, вертикальні й горизонтальні кути, висоту й товщину дерев. При цьому похилі відстані автоматично перераховуються в горизонтальне положення. Для прив'язки до географічних координат використовується GPS. Роботою вимірювальних приладів керує польовий комп'ютер. Усі виміри зберігаються в комп'ютерній базі даних, автоматично контролюються та опрацьовуються.



### Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення понять «популяція» і «субпопуляція».
2. Охарактеризуйте фази інвентаризації.
3. Опишіть схему поділу мережі квадратів на систему з часових панно.
4. Як здійснюється процедура вибору тракту з окремого інвентаризаційного квадрату?
5. Детально розгляньте поняття про потрійну пробу.
6. Що входить до базового комплекту приладів *Field-Map*?
7. Перелічіть переваги програмно-технологічного комплексу *Field-Map*.
8. Розкрийте призначення і технічні можливості ГПС-приладів.
9. Опишіть будову і принцип роботи телереласкопа Біттерліха.
10. Доведіть доцільність використання комп'ютерних мірних вилок порівняно з традиційними мірними вилками.
11. Яка функція і принцип функціонування висотомірів та дендрометрів?
12. Для чого використовують дальномір і транспондер?
13. Поясніть принцип використання вимірювачів приросних кернів та приросту.



## **Тема 4. СУЧАСНІ МЕТОДИ ОТРИМАННЯ ПРОСТОРОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРО СТАН ЛІСІВ**

### ***План:***

- 4.1 Історичний аспект використання аерокосмічних методів у лісовому господарстві.
- 4.2 Види та джерела отримання просторових даних.
- 4.3 Дешифрування аерофото- і супутникових знімків.

***Основні поняття та терміни:*** дистанційні вимірювання, інтегральне спектрозональне, багатозональне, телевізійне, інфрачервоне (теплове) знімання, геофізичне знімання в радіодіапазоні, радіолокаційне знімання, планове фотографування, перспективного знімання, космічне знімання, панорамне знімання, носії знімальної апаратури, аерофото- і космічні знімки.

### **4.1 Історичний аспект використання аерокосмічних методів у лісовому господарстві**

У 1794 р. М.В. Ломоносовим була складена і опублікована інструкція з використання камери-обскури для зйомки місцевості в експедиційних умовах.

У 1791–1792 рр. французький гідрограф Ботан-Бопре за допомогою камери одержав перспективне зображення берегової лінії острова Санта-Круз і використав його для складення плану.

1839 р. Дагер (Франція) повідомив, що зображення з камери-обскури можна фіксувати на срібній пластині, на поверхню якої нанесений шар світлочутливого реагенту (йодистого срібла).

1858 р. французький фотограф Надар сфотографував місцевість з прив'язаного аеростату.

1885 р. О.Ф. Можайський побудував перший літак у Красному селі.

1913 р. інженер Потте створив напівавтоматичний плівковий аерофотоапарат.

1 листопада 1914 р. було здійснено фотографування місцевості за чітко розробленим планом (географічне вивчення).

1923 р. лісоводи Тюрін і Турський вважаються піонерами використання авіації.

1925 р. проведена перша аерофотозйомка (АФЗ) з лісовпорядною метою, що знизило вартість і підвищило якість таксаційних робіт.

1932 р. перше гасіння пожеж з повітря.

1936 р. створено Трест лісової авіації та аеротаксації.

1948 р. початок використання кольорових матеріалів.

1954 р. для аеротаксації починають використовувати гелікоптери та використовувати спектрозональні матеріали.

1971 р. початок автоматичного дешифрування матеріалів АФЗ.

1980 р. створення ГІС-технологій.

З 70-х рр. ХХ ст. за допомогою супутникових знімків стало можливим виявляти лісові пожежі (Австралія), контролювати вирубування лісів у басейні Амазонки та оцінювати запаси лісових ресурсів на значних площах.

Наприкінці ХХ–на початку ХХІ ст. з'явилися доступні знімки з космічних супутникових систем. Їх дешифрування за допомогою автоматизованих програмних комплексів ERDAS Imagine і ENVI дозволило вивчати не тільки структурні, а й функціональні характеристики лісових екосистем (потенційна продуктивність, швидкість розвитку ураження ділянок лісу хворобами або шкідниками).

## 4.2 Види та джерела отримання просторових даних

*Дистанційні вимірювання* – вимірювання, що здійснюються на дистанції від об'єкта дослідження без контакту з ним.

Класифікація дистанційного знімання (Г.Р. Байрак і Б.П. Муха (2010) за певними ознаками:

- 1) використанням діапазонів електромагнітних хвиль (ЕМХ);
- 2) технічними засобами (знімальною апаратурою);
- 3) масштабами матеріалів знімання;
- 4) принципами організації знімання;
- 5) кутом візювання об'єктів місцевості;
- 6) метою знімання;
- 7) роздільною здатністю матеріалів;
- 8) регулярністю та повторністю;
- 9) способом доставки на Землю;
- 10) носіями, формою фіксації та збереженням інформації.

З наведених класів найпоширенішими є перших два. Розглянемо їх більш детально.

### **Оптичний діапазон ЕМХ**

#### Візуальне спостереження

*Аеровізуальні дослідження* використовують при географічному, ландшафтному і топографічному вивченні та картографуванні місцевості, при вивченні і картографуванні окремих компонентів ландшафту (геологічної будови, ґрунтів, культурної і природної рослинності, при вивченні геоморфологічних процесів, міграції морських льодів, динаміки снігового покриву. Візуальні спостереження космонавтів дають можливості з космосу розпізнати крупні елементи ландшафту (геологічні розломи, «лінзи» прісної води, давні русла річок, акваторії річок у морі тощо) та метеорологічні явища (сріблясті хмари).

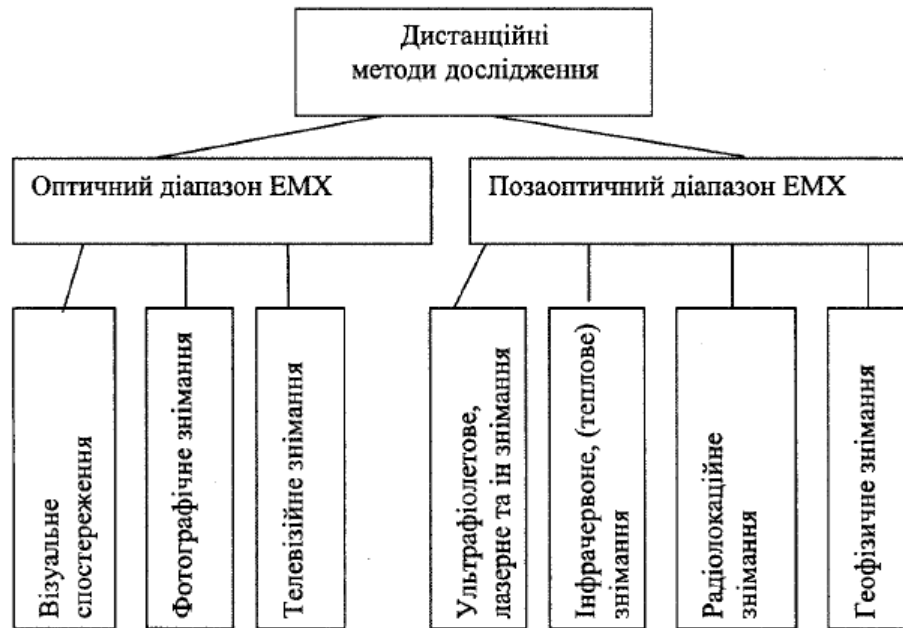


Рисунок 19 – Знімання за належністю до діапазонів ЕМХ

### Фотографічне знімання

*Фотографічне знімання* можливе у видимій та ближній інфрачервоній частині спектра на тих ділянках земної поверхні, де на момент знімання наявна денна пора доби. Ще одним обмежуючим фактором знімання поверхні планети є хмарність. При зніманні з борта літака експонування плівки відбувається там же, а хімічна її обробка – у спеціальних лабораторіях на Землі. Такий варіант передбачений і для знімання з космосу, при цьому плівку доставляють на землю у спеціальних капсулах, що спускаються, або в транспортних космічних кораблях. Звичайно, при цьому втрачається оперативність отримання просторових даних, але якість зображення залишається високою. Інший варіант з цієї точки зору кращий: експонована фотоплівка опрацьовується хімічними реагентами на борту космічних літальних апаратів, автоматично сканується і в електронній формі пересилається каналами радіозв'язку на Землю. Цей спосіб скорочує термін отримання зображення на Землі до кількох годин, але під час радіопередачі втрачається значна частина якості, що властива фотографічним зображенням. Фотографічне знімання є основним способом отримання просторової інформації.

Всі фотоапарати мають подібну будову: світлонепроникна камера, об'єктив зі спеціальним набором оптичних лінз, світлочутливий елемент або світлочутливий матеріал (фотопластинка, фотоплівка). Світло від об'єкта знімання пропускають у фотокамеру через об'єктив під час «експозиції», тобто оперативного відкриття його діафрагми. Світло фокусується на фокальній площині, на місце якої поміщають певний світлочутливий елемент. На ньому формується приховане зображення, яке за допомогою подальших маніпуляцій перетворюється в явне позитивне чи негативне зображення.

*Використанням діапазонів ЕМХ.* Світлочутливі прошарки плівок формуються з різних емульсій, що містять світлочутливі зерна (мікрокристалики галогенідів срібла). При потраплянні на них фотонів світла в цих зернах відбувається фотохімічна реакція, інтенсивність якої пропорційна кількості (порції) світла. Потім у лабораторіях за умов темряви плівки обробляють у водних багатокомпонентних хімічних розчинах, отримуючи видиме і зафіксоване зображення, з яким можна далі працювати.

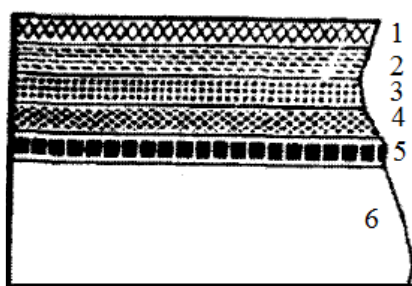
Залежно від чутливості зерен у шарах емульсії до світлових хвиль різної довжини розрізняють плівки з високою чи низькою світлочутливістю. Оскільки вища чутливість у плівок з більшими зернами, то їх застосовують для фотографування в умовах слабкого освітлення при великих швидкостях співвідносного руху знімального апарата (на супутнику) або об'єкта знімання (наприклад, спортивні змагання). Вони потребують дуже короткого світлоекспонування. Такі плівки при збільшенні зображення дають зернисту структуру, що погіршує його якість. Замість деталізації зображення у цьому випадку з'являється зображення зерен емульсії.

Плівки з дрібними зернами характеризуються меншою світлочутливістю, але дають змогу отримати високоякісне детальне зображення з високою роздільною здатністю. Під час багаторазового збільшення таких зображень можуть з'являтися нові елементи зображення земної поверхні, яких не було видно на плівці при кількаразовому збільшенні зображення. Такі плівки доцільно використовувати при фотографуванні з космосу.

Фотографічні плівки бувають чорно-білі та кольорові, позитивні та негативні. На чорно-білих позитивних плівках зображення світлих об'єктів прямо пропорційне їх яскравості. На чорно-білих негативних плівках зображення об'єктів обернено пропорційне їх яскравості (найсвітліші об'єкти виглядатимуть найтемнішими). На кольорових позитивних плівках зображення формується в кольорах, якими вони сприймаються візуально. На кольорових негативних плівках проявлене зображення матиме кольори, що не відповідають реальним (наприклад, червоний колір зобразиться синьо-зеленим). Але під час друкування на фотопапір все зображення відтворюється в кольорах, близьких до реальних.

Для отримання кольорових фотографій застосовують тришарові плівки, в яких верхній світлочутливий шар чутливий до синіх променів (рис. 25), під ним залягає шар жовтого світлофільтра, непроникний для синьо-фіолетових променів. Другий світлочутливий шар чутливий до зелених променів, а третій – до червоних. Після експонування в кожному шарі створюється приховане одноколірне зображення. Потім після кольорового проявлення отримують негатив з додатковим кольором у кожному світлочутливому шарі. При цьому у верхньому шарі замість синього створюється жовтий; у середньому шарі замість зеленого – червоний, а в нижньому шарі замість червоного – блакитний. Кольорове зображення об'єкта на негативі буде забарвлене не в натуральні, а в додаткові кольори. Тобто у кожному з шарів кольорової фотоплівки

створюється зображення земної поверхні у відповідному діапазоні ЕМХ, до якого чутливий цей шар. Для отримання правильного кольорового відтворення зображення кольорового негативу друкують на спеціальному багат шаровому білому фотопапері. Його створюють для позитивного зображення кольорів об'єктів після його «освітлення» через «кольорову» негативну плівку і проявлення у відповідних розчинах.



1 – синьосвітлочутливий шар; 2 – жовтий фільтровий шар; 3 – зеленочутливий шар; 4 – червоночутливий шар; 5 – зелений протиореольний шар; 6 – целулоїдна основа

Рисунок 25 – Будова кольорової фотоплівки

*Чорно-білі аероплівки* поділяють на звичайні несенсибілізовані (чутливі до фіолетових, синіх і блакитних променів спектра, 390–505 нм) сенсибілізовані (чутливі до різних променів спектра) (табл. 11).

Таблиця 11 – Види сенсибілізованої плівки

Назва	Промені спектра	Довжина хвиль, нм
Ортохроматична	зелені і жовті	500–525
Панхроматична	усі видимі, зі зниженням чутливості у зоні зелених променів	400–730 500–550
Ізопанхроматична	усі видимі	400–730
Інфрачервона	інфрачервоні	> 750
Панінфрахроматична	усі видимі і частково – інфрачервона невидимої частини спектра	400–730

За використання спектра оптичних хвиль фотографічне знімання поділяють на інтегральне, спектрзональне та багатозональне.

*Інтегральне* – це фотографування, коли в об'єктив фотоапарата пропускаються всі довжини хвиль, що потрапляють у його поле зору. Аналогом є звичайне фотографування без спеціальних фотоплівки і світлових фільтрів. Інтегральне фотографування буває чорно-білим і кольоровим, позитивним і негативним.

*Спектрзональне* фотографування передбачає виокремлення та фіксацію хвилі якоїсь потрібної частини оптичного діапазону. При цьому об'єктив фотоапарата обладнують додатковими світлофільтрами, що обмежують доступ одних і підсилюють вплив інших хвиль. Крім того, для знімання застосовують

спеціальні плівки з підвищеною чутливістю до одних хвиль і пониженою – до інших. Наприклад, при застосуванні жовтих світлофільтрів частково поглинаються хвилі фіолетових та синіх кольорів; жовто-зелені світлофільтри сприяють поглинанню червоних і фіолетових кольорів; оранжеві фільтри поглинають повністю сині і фіолетові кольори, а червоні фільтри – сині і зелені промені. Можна застосовувати різні їх комбінації. Знімки фіксуються на чорно-білих та кольорових фотоматеріалах. На них можна добре виокремити та дешифрувати ті об'єкти, для яких властиве випромінювання певних довжин хвиль.

*Багатозональне* знімання здійснюється кількома апаратами, візирні осі яких є паралельними і кожен з яких виконує спектрзональне знімання тієї самої території одночасно. Для дешифрування таких знімків використовують спеціальні проектори, що дають змогу накласти їх проекції одну на одну. За допомогою багатозональних космічних фотографічних знімків земної поверхні можна визначати сільськогосподарські культури і їхній стан; вивчати процеси засолення ґрунтів, а також його рослинні індикатори; визначати склад геологічних порід, потужність пухких відкладів, виділяти родовища корисних копалин; вивчати рельєф морських, озерних і річкових мілин, донні відклади, підводну рослинність; виявляти забруднення вод і переміщення намулів; виявляти забруднення повітря, наявність аерозолів і вологи в атмосфері.

#### Телевізійне знімання

*Телевізійне знімання* виконується в тому ж діапазоні ЕМХ, що і фотографічне, але з невеликим розширенням у бік ультрафіолетових та інфрачервоних хвиль з охопленням всього оптичного діапазону. При цьому використовують телевізійні знімальні камери (кадрові та сканувальні).

При застосуванні кадрової телевізійної системи на світлоелектричний перетворювач надходить зображення досить великої ділянки Землі, а на послідовних кадрах відображається зображення ділянок земної поверхні вздовж траси польоту космічного літального апарату. Зображення виникає на екрані вид ікона і безпосередньо передається по радіоканалах на наземні приймальні станції, коли супутник перебуває в зоні прийому станцій. Після передачі на наземну станцію радіосигнали за допомогою електронно-променевої трубки перетворюються на зображення.

Оптико-механічні багатозональні сканувальні телевізійні системи (сканери) отримують зображення земної поверхні за допомогою сканувального пристрою. Потім ці зображення за участю фотоелектронного підсилювача перетворюються на відеосигнал, який по радіоканалу передається на Землю. Там відеосигнал шляхом проходження через «телеграфний» блок знову трансформується у зображення.

Просторова роздільна здатність телевізійних систем визначається розмірами поля зору дзеркала сканувальної системи, а спектральні характеристики – характеристиками розділових фільтрів і чутливістю приймачів випромінювання. У свою чергу, ширина смуги огляду залежить від

висоти польоту носія знімальної апаратури та амплітуди кута приймального дзеркала. Зображення від дзеркала потрапляє в оптичний об'єктив, а з нього – на фотоперетворювач і на реєстратор або радіопередавач. За одне «хитання» дзеркала, яке здійснюється поперек напрямку руху носія сканера, формується одна лінійка (скан) зображення (рис. 26). Скан складається з тисяч елементів (пікселів), кожний з них є зображенням дуже малих діляночок земної поверхні в дзеркалі. Проміжки між пікселами виникають внаслідок того, що на шляху світлових променів на дуже короткий проміжок часу опиняється «обтюратор» (механічний обертовий пристрій), перешкоджаючи їхньому проходженню до фотоелектричного перетворювача. Наступні «хитання» дзеркала дають інші скани, з яких поступово формується смуга зображення поверхні планети вздовж траси польоту супутника, яка записується на бортові пристрої пам'яті або відразу передається на Землю.

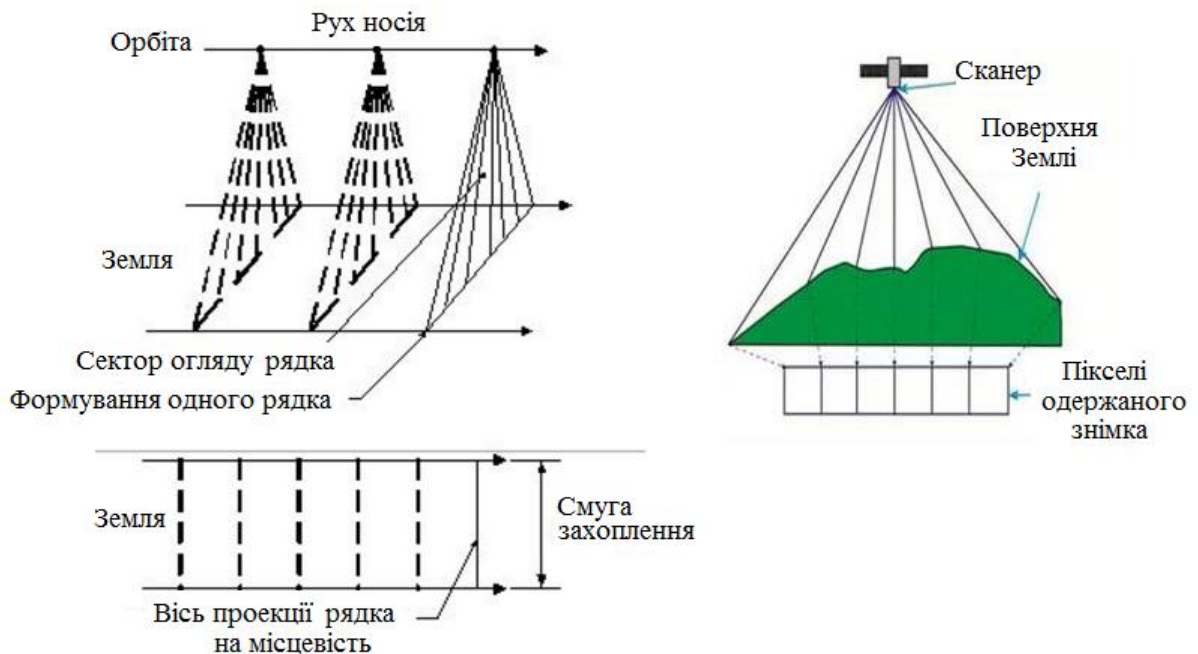


Рисунок 26 – Формування сканерного знімку рядками

Телевізійне знімання є особливо актуальним за необхідності отримання інформації декілька разів на добу (метеорологічні дані, стан Світового океану). Для зйомки зі супутників використовують кадрові і сканувальні телевізійні системи, тобто оптичні і системи-сканери.

Нині інноваційним видом дистанційного зондування є повітряне лазерне сканування місцевості з одночасною прив'язкою через GPS-приймач до географічних координат. Таке знімання виконують високоточним сканером, зокрема LIDAR (*Light Detection and Ranging*), розташованим на борту літака. Роздільна здатність знімання рельєфу становить 15–20 см, що є особливо цінним на заліснених і важкодоступних територіях. Одержані матеріали дають змогу створити об'ємно-просторову (3d) модель («маску») рельєфу. Сьогодні

сканерне знімання є головним видом оперативного космічного знімання. Його переваги порівняно з фотографічним знімання такі: швидка передача сигналів сканера і доволі просте переведення знімка в цифровий формат, зручний для комп'ютерної обробки.

### **Позаоптичний діапазон ЕМХ**

#### Інфрачервоне (теплове) знімання

Забезпечує отримання видимого зображення шляхом реєстрації невидимого інфрачервоного випромінювання в ближній та середній частинах інфрачервоних хвиль теплового випромінювання природних земних об'єктів (грунти, породи, водойми тощо). Оскільки вони мають різну температуру, то і інтенсивність теплового випромінювання у них буде різною. За даними реєстрації цих випромінювань можна судити про теплофізичні характеристики цих об'єктів, їх геометричні ознаки, щільність, вологість та ін. Для здійснення теплового знімання використовуються сканувальні радіометри інфрачервоного діапазону, що працюють аналогічно до звичайних сканувальних приладів видимого діапазону. Вони складаються з оптичної системи, приймального пристрою і пристрою обробки та видачі інформації. На звичайній чорно-білій фотоплівці різними відтінками сірого тону виділяються ділянки земної поверхні, що мають різну температуру: найбільш холодні об'єкти – світлішими тонами, а теплі – темними. Недолік методу полягає в тому, що за наявності потужної хмарності значні території планети не відображаються на таких теплових знімках.

Інфрачервоне знімання доцільно застосовувати під час визначення температури різних ділянок суші і водойм, виявлення термальних і тектонічно активних зон, областей сучасного вулканізму, районів неглибокого залягання ґрунтових вод, зміни зволоження ґрунтів, під час пошуку нафтогазоносних структур і рудних тіл, що створюють термічні аномалії.

#### Геофізичне знімання в радіодіапазоні

Знімання в мікрохвильовому радіодіапазоні спектра ЕМХ використовують для вивчення природних ресурсів з космосу. При цьому можна виділити два основних напрями одержання інформації в даному діапазоні:

1) радіотеплове (інфрачервоне та надвисокочастотне знімання, які базуються на реєстрації власного радіовипромінювання наземних об'єктів у тепловому та надвисокочастотному діапазонах;

2) радіолокаційне знімання, що ґрунтується на реєстрації хвиль, посланих бортовим радіолокатором і відбитих наземними об'єктами.

При радіотепловому зніманні застосовують пасивні радіотехнічні системи, що сприймають дуже слабкі електромагнітні сигнали в інфрачервоному та надвисокочастотному діапазонах ЕМХ. Ці сигнали посиляє будь-яке фізичне тіло, що має температуру вищу від абсолютного нуля. Кількість випромінюваної енергії залежить також від його хімічного складу, структури та шорсткості поверхні.



Прозорість атмосфери для радіохвиль велика, дослідженням не перешкоджає навіть хмарність, тому ці методи доцільно застосовувати там, де важко або неможливо використати оптичні методи. Слід зауважити, що при роботі на коротших хвилях отримують інформацію з підвищеною роздільною здатністю, а під час роботи на довших хвилях – інформацію зниженої точності.

Зазвичай знімання у радіодіапазоні використовують під час дослідження: суші (картографування снігових і рослинних покривів, виявлення термальних джерел і вогнищ лісових пожеж, дослідження засолення і вологості ґрунтів, оцінка стану посівів і при прогнозуванні урожаїв, дослідження геоморфологічних структур, тектонічних зон і розломів), океанів (визначення меж крижаних полів, оцінка товщини крижин, напрямів їхнього дрейфу, стану хвилювання, визначення районів нафтового забруднення Світового океану), атмосфери (виявлення конвективної хмарності, зон опадів і грозової діяльності, оцінки інтенсивності опадів, визначення температури атмосфери на різних висотах).

#### Радіолокаційне знімання

Базується на вловлюванні ЕМХ мікрохвильового діапазону, відбитих від наземних об'єктів. При цьому ЕМХ попередньо генеровані радіолокатором.

Зображення об'єктів на земній поверхні залежить від її характеру. Якщо розміри нерівностей поверхні менші, ніж половина довжина хвилі (а це частки сантиметра), то така поверхня для радіохвиль є гладкою, тому розсіювання енергії практично не відбувається. У зв'язку з цим поверхня водою без значного хвилювання, солончаки тощо на радіолокаційних знімках є більш темними. Якщо перепад висот поверхні об'єкта знімання перевищує половину довжини генерованої хвилі, то відбувається дифузне розсіювання енергії. Воно залежить не тільки від розміру нерівностей та їхньої форми, але й орієнтування щодо сканувального променя. Такі поверхні зображені на радіолокаційних знімках сірими тонами різної щільності. Рослинність збільшує поглинання радіохвиль, світлими плямами на таких знімках зображені міста і великі промислові центри. успішно

Радіолокаційне успішно використовують для картографування місцевості, зокрема складання карт сільськогосподарського землекористування, визначення фаз вегетації рослинності, вологості ґрунтів та меж танення снігів, а також для оперативної льодової розвідки в Арктиці.

Радіолокаційне знімання має низку переваг: виняткову оперативність, незалежність від погоди, високу якість радіолокаційних зображень. Роздільна здатність від 30 до 100 м.

#### **Масштаби матеріалів знімання**

Масштаби знімків можуть мати дуже широкий діапазон: від таких, що на них можна розрізнити окремі органи рослин до зображення всієї планети. У табл. 12 наведена їх класифікація.

Таблиця 12 – Класифікація масштабів просторових знімків

Назва масштабу	Числовий масштаб	
	аерознімків	космічних знімків
Великий	1 : 1 000	1 : 100 000
Середній	1 : 10 000	1 : 1000 000
Дрібний	1 : 100 000	1 : 10 000 000

Знімки бувають найрізноманітніших проміжних (крім вказаних у таблиці) масштабів. Поширеним є знімання в діапазоні середніх масштабів. Слід зазначити, що в процесі знімання масштаб знімка постійно змінюється, оскільки залежить від багатьох факторів. Так, чим на більшій відстані від Землі літає носій знімальної апаратури (в межах одного класу знімальних апаратів), тим дрібніший масштаб знімків буде отриманий. Якщо супутник має колову орбіту (відстань від Землі зберігається однаковою), то масштаб знімків також залишається приблизно однаковим. У разі розташування ШСЗ на еліптичних орбітах масштаб знімків буде закономірно змінюватися: зменшуватися на відріжку орбіти з віддаленням від Землі і збільшуватися на зворотному відріжку – під час наближення до планети. Масштаб одержаного зображення також залежить від фокусної відстані об'єктивів знімальних апаратів. На одному знімку (наприклад, гір і рівнин) можуть спостерігатися різні масштаби зображення, зумовлені кривизною Землі та кутом огляду об'єктиву, а також – оптичними властивостями атмосфери. Для усунення таких спотворень масштабу існують певні формули.

Вибір масштабу знімання залежить від мети і можливостей технічного забезпечення. Для отримання зображень глобального характеру використовують знімання з високо орбітальних ШСЗ (висота орбіти близько 30–40 тис. км і з міжпланетних космічних апаратів відстань близько 70 тис. км та з орбіти навколо Місяця) (масштаб 1:175 000 000). На знімку видно всю півкулю Землі. Для метеорологічного та синоптичного аналізу знімання здійснюється з висот 600–1 500 км. На знімках з цієї висоти добре розпізнається розташування хмарних систем, атмосферних фронтів, а також напрями їхнього пересування. За необхідності отримання детального зображення наземних об'єктів, знімання виконується з низьких орбіт (150–450 км), на яких літають ШСЗ, пілотовані космічні кораблі і космічні станції. При цьому отримують зображення з роздільною здатністю менше 1 м.

### **Поділ знімання за кутом візювання об'єктів місцевості**

Отримання знімків з космосу або АФЗ може виконуватися при різних положеннях оптичної осі апаратури стосовно до площини знімання: вертикально або під різними кутами до неї. Залежно від цього розрізняють планове, перспективне, планово-перспективне і панорамне знімання.

*Планове фотографування* є головним з них, оскільки забезпечує високу точність картографування в різних масштабах за порівняно простої фотограмметричної обробки знімків).

Космічний апарат при здійсненні планового знімання повинен розташовуватися над об'єктом знімання так, щоб оптична вісь об'єктива знімального апарата співпадала з напрямом місцевої вертикалі (відхилення від неї за певних завдань може досягати 3–5°). Визначення місцевої вертикалі здійснюється на бортах носіїв знімальної апаратури за допомогою спеціальних оптико-електронних приладів. На планових знімках масштаб зображення майже однаковий у всіх його частинах, тому одержані зображення мають точні геометричні характеристики. Часто використовують для створення і корекції карт.

При здійсненні *перспективного знімання* оптична вісь фотоапарата відхиляється від місцевої вертикалі більш ніж на 5°. За своїми характеристиками такий знімок наближається до побутових фотографій земної поверхні, що виконані веж, високих будівель тощо. На прямокутному кадрі перспективного знімка земна поверхня зображена у формі трапеції, причому коротка її основа знаходиться ближче до знімального апарата, а довга – далі, до горизонту. Тому в межах знімка змінюється масштаб: найбільшим він є біля короткої сторони трапеції (ближчі об'єкти), найдрібнішим – поблизу довгої, на віддалених об'єктах. Перспективне знімання застосовують там, де не потрібно проводити точні вимірювальні роботи (наприклад, для знаходження об'єктів при льодовій або метеорологічній розвідці).

За умови розташування на борту космічного корабля не менше трьох знімальних камер стає можливим виконання *планово-перспективного космічного знімання*. При цьому дві камери здійснюють (бокове) перспективне знімання, а центральна камера – планове. Цей вид зйомки дає змогу одночасно отримувати планові знімки для цілей картографування і перспективні – для виконання різних досліджень.

*Панорамне знімання* проводять камерою з широким кутом огляду (типу «риб'яче око») або оснащену пристосуванням для поворотного руху об'єктива в одній площині. Зображення місцевості отримують шляхом послідовного переміщення фокусу об'єктива вздовж фотоплівок або пластинок з фоторезисторами, що формують кадри чи смуги запису зображення.

### **Носії знімальної апаратури**

При отриманні просторових даних використовують знімальну апаратуру та її носії. Носії знімальної апаратури ділять на дві основні групи – *авіаційні* та *космічні*. Вони призначені для підняття апаратури і необхідних для знімання приладів на потрібну висоту, переміщення щодо місцевості і певного орієнтування в просторі. Нині найчастіше як носії апаратури використовуються літаки і космічні апарати. Раніше цю функцію могли виконувати ракети, аеростати (прив'язані чи у вільному польоті), повітряні кулі та змії, керовані

авіамоделі або птахи. Інколи (для досягнення певних поставлених завдань) апаратуру встановлюють на вежах, щоглах, великих автокранах.

#### Авіаційні носії знімальної апаратури.

Для проведення аерофотознімання застосовують літаки (ІЛ-14, ІЛ-18, АН-2), для візуальних спостережень у важкодоступних районах – гелікоптери (МІ-4, КА-18) (рис. 27).

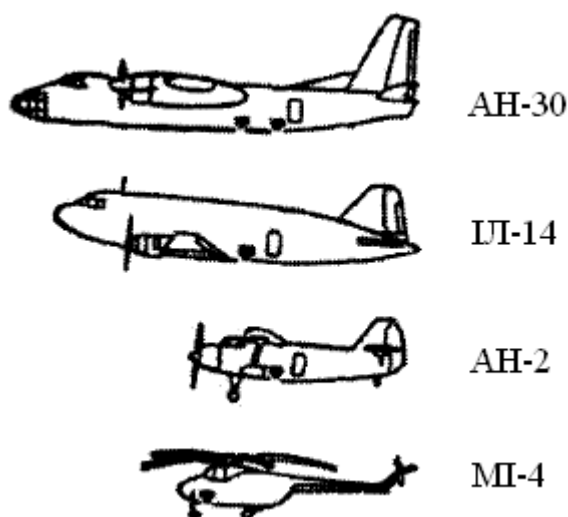


Рисунок 27 – Види носіїв за їх величиною

Зокрема, літак АН-30 (сконструйований у 70-х рр.) являє собою повітряну лабораторію, устатковану апаратурою для знімання, має декілька фотолюків для планового і перспективного знімання та високоточний лазерний сканер ЛІДАР, що дозволяє отримувати інформацію для подальшого створення тривимірних моделей. До авіаційних носіїв пред'являються такі вимоги:

- вони повинні забезпечувати зручний огляд місцевості в усіх напрямках;
- мати доволі малу швидкість польоту (100–300 км/год.) для запобігання розмиванню зображення на знімку;
- максимальна висота польоту обмежується для рівнинних місцевостей рівнем 5 км, у гірських – 8 км;
- вони повинні бути спроможними нести на борту запас палива на 6–10 год. польоту для забезпечення великого радіусу обстеження без дозаправки, що є особливо актуальним для малонаселених і важкодоступних районів;
- бути невимогливими до злітної смуги, злітати і сідати на коротких доріжках;
- характеризуватися маневреністю і стійкістю в польоті, при цьому межі коливань машини в польоті становлять: поздовжнє – від  $\pm 1$  до  $2^\circ$ , поперечне – від  $\pm 2$  до  $3^\circ$ , за висотою – від  $\pm 0,01$  до  $0,02$  висоти польоту.

Перед початком роботи складають проект льотно-знімальних заходів, розраховуючи кількість маршрутів і прокладаючи їх на карті польотів, а також визначаючи кількість льотного і льотно-знімального часу. На борту літака

розміщують і закріплюють знімальні пристрої та навігаційні прилади для знімання згідно з проектом.

#### Космічні носії знімальної апаратури.

До космічних носіїв знімальної апаратури відносять штучні супутники Землі (ШСЗ), пілотовані космічні кораблі та орбітальні космічні станції і комплекси.

За висотою знімання вони поділяються на низько- (100–500 км), середньо- (500–2 000 км) та високоорбітальні (36 000–40 000 км). На низьких орбітах літають пілотовані кораблі, орбітальні станції і розвідувальні супутники. Нині на них літають шатли і розташована Міжнародна космічна станція (МКС). До середньоорбітальних відносять ресурсні (600–900 км) і метеорологічні (понад 900–1400 км) супутники, а також супутники серій «Метеор» (640 і 900 км), «Лендсат» (705 км), СПОТ (820 км) та ін. Високоорбітальними є геостаціонарні супутники, а також ті, що розміщені на видовжених еліпсоїдних орбітах.

Усі ШСЗ поділяють на технічні і дослідницькі. *Технічні супутники* забезпечують радіотелефонний, телеграфний, телевізійний та інтернет-зв'язок, тобто ретрансляцію електромагнітних сигналів між розташованими далеко одна від одної наземними станціями. Ресурс роботи такого ШСЗ в середньому 5–7 років. За допомогою *навігаційних супутників* визначають положення літаків, кораблів, автомобілів і людей відносно цих супутників. Висота їх польоту близько 20 000 км, маса близько 900 кг, розміри понад 5 м, вони оснащені сонячними батареями. Сигнал від супутника на Землі вловлюються за допомогою *GPS-приймачів*. Принцип функціонування GPS (*Global Position System* – глобальна система позиціонування) базується на визначенні свого місцеположення за напрямками та відстанями до супутників, використовуючи тригонометричні співвідношення. GPS вимірює час, за який радіосигнал супутника доходить до приймача на Землі, а потім за цим часом обчислює відстань. Слід зазначити, що це система, комплекс супутників.

На Землі постійно проводять корегування інформацій щодо положення такого супутника на геостаціонарній орбіті, використовуючи дані зі станцій стеження. Це відбувається у такий спосіб: після того, як одна зі станцій стеження визначила положення ШСЗ й обчислила поправки у його орбіті, оновлену інформацію передають знов на супутник, замінюючи попередню в пам'яті його бортового комп'ютера.

На Землі постійно проводять корегування інформацій щодо положення такого супутника на геостаціонарній орбіті, використовуючи дані зі станцій стеження. Це відбувається у такий спосіб: після того, як одна зі станцій стеження визначила положення ШСЗ й обчислила поправки у його орбіті, оновлену інформацію передають знов на супутник, замінюючи попередню в пам'яті його бортового комп'ютера.

Як зазначають Г.Р. Байрак і Б.П. Муха (2010), для визначення координати місця чи об'єкта на Землі, потрібно врахувати відстані до супутників і

місцезнаходження ШСЗ у космічному просторі. При визначенні тривимірного розташування (довгота, широта і висота точки) потрібно отримати інформацію щонайменше з чотирьох супутників. Місцезнаходження об'єкта визначають з точністю до трьох–п'яти метрів. У GPS, які застосовують для геодезичних робіт, забезпечується точність до сантиметра.

*Дослідницькі супутники* бувають геофізичні, астрономічні, метеорологічні та ресурсні. *Геофізичні* супутники досліджують верхні шари атмосфери і космічний простір біля поверхні Землі. *Астрономічні* супутники – це обладнані астрономічними приладами літаючі обсерваторії, винесені за межі земної атмосфери. *Метеорологічні* супутники безперервно знімають денну і нічну сторони Землі сканерами у видимій та інфрачервоній частинах спектра. *Ресурсні* супутники (супутники дистанційного зондування Землі, ДЗЗ) забезпечують певною інформацією народне господарство, досліджують природні ресурси, а також – задіяні для вирішення різноманітних наукових і комерційних завдань.

### 4.3 Дешифрування аерофото- і супутникових знімків

#### Дешифрування аерофотознімків

##### Сутність і види дешифрування.

Лісове дешифрування знімків поділяють на контурне і таксаційне. *Контурне* дешифрування полягає у визначенні меж лісового фонду, таксаційних виділів і топографічних об'єктів. *Таксаційне* дешифрування – це визначення таксаційних показників деревостанів та опис інших категорій земель за їх фотозображеннями.

Дешифрування поділяють на окомірне (аналітичне), вимірювальне (інструментальне) та автоматичне (машинне). З 70-х рр. ХХ ст. основна увага приділяється автоматизованим методам зчитування інформації про ліси з одержаних знімків.

Оптична густина зображення лісу на аерофотознімку (АФЗ) відбиває вигляд його верхнього намету і кількісно пов'язана з дешифрувальними показниками та таксаційними характеристиками насадження. Сучасні сканери, пов'язані з комп'ютером, за декілька хвилин проводять вимірювання оптичної густини тисяч точок на знімку, розв'язуючи регресійні рівняння для кожного таксаційного показника (метод *багатофакторного регресійного аналізу*). При цьому визначається запас, зімкнутість, діаметр на висоті груді дерев.

##### Дешифрувальні ознаки.

Для точного впізнання об'єктів необхідно знати: форму, розміри, колір (тон), геометричні і фізичні властивості, взаємозв'язки з іншими об'єктами і середовищем. Багато з цих характеристик не мають зображення на АФЗ, тому дешифрувальні ознаки поділяють на прямі і непрямі.

До *прямих* дешифрувальних ознак відносять колір (тон), форму, розміри (довжина, висота), тіні (власні і ті, що падають), рисунок зображення.

За *формою* крон ідентифікують породи, за правильною прямокутною формою – вирубки і квартали.

*Розміри* об'єктів використовують для упізнання об'єктів та оцінки їх стану. Розміри крон і проміжків використовують для визначення віку, повноти, класу бонітету насадження.

*Колір і тон* необхідно враховувати при визначенні категорій земель, складу, віку, бонітету, стану.

*Власні тіні* дають уявлення про форму об'єктів: поступовий перехід від освітленої до затіненої частини крон є показником опуклості, різкий – загостреності.

*Тіні, що падають* добре передають форму крон, коли їх довжина дорівнює висоті об'єктів.

*Непрямі (ландшафтні)* ознаки – приуроченість умов місцезростання та класів бонітету головних і супутніх порід до елементів рельєфу, висоти над рівнем моря, крутизни експозиції схилів, гідрології, взаємозв'язки таксаційних показників дерев і деревостанів.

#### Дешифрування деревостанів основних порід.

*Ялинові насадження.* Ялина істотно відрізняється від інших порід переважанням конусоподібних форм крон з гострою або закругленою верхівкою. Крони густі, у 1,5–2 рази більші, ніж у сосни і листяних порід (берези або осики). З віком і погіршенням умов зростання крони стають менш густими і більш круглими. Внаслідок вітровалів і тіньовитривалості ялини у насадженнях старших класів віку спостерігається мінливість дерев за висотою, розмірами і нерівномірний їх розподіл по площі. Це зумовлює нерівномірну зімкнутість насадження, наявність різних за величиною і формою розривів у наметі.

Зображення ялинових насаджень на АФЗ (М 1:10 000–1:15 000) складається зі світло-сірих, округлих або неправильно-округлих проекцій крон і майже чорних проміжків між ними. У центральній частині АФЗ наявні освітлені і затінені частини крон. Власні тіні мають вигляд трикутника з вершиною в центрі проекції крони і зливаються з проміжками такого самого тону між кронами. Перехід від освітленої до затіненої частини крони різкий, тому опуклість крон слабо виражена.

При розгляданні у стереоскоп добре помітні відмінності за висотою дерев і розмірами крон, а також зубчатість намету. Домішка сосни виділяється за високим підняттям крон, їх випуклій формі і світлішому тону. Листяні породи виділяються за більш світлим тоном і переважно розташуванням куртинами.

Стигли ялинові насадження на чорно-білих АФЗ мають темно-сірий або темний тон з комірками, на спектрональних – темний синьо-зелений колір зображення.

*Соснові насадження.* У стиглих насадженнях середньої густоти крони високо підняті над землею. Форма крон випукла, параболоїдна або яйцеподібна,

у плані – округла. Дерева рівномірно розташовані на площі, майже однакових розмірів.

На чорно-білих АФЗ зображення стиглих соснових насаджень складається зі світло-сірих майже однакових округлих проекцій крон з рівномірним розташуванням на території та темнувато-сірих проміжків між ними (також приблизно однакової форми і розмірів). Оскільки крони опуклі, тому спостерігається поступовий перехід від освітленої до затіненої частини крони. Власні тіні виглядають як на півмісяць у периферійній частині крони з плавним переходом до освітленої частини.

Тон крон на пан хроматичних АФЗ світло-сірий, тіней – темнувато-сірий, на інфрахроматичних – сірий, проміжків і тіней – майже чорний. На спектрзональних АФЗ освітлені частини крон світло-зелені, затінені – синьо-зелені, проміжки між кронами темно-синього кольору.

При стереоскопічному вивченні АФЗ крони немов підняті над землею, діаметри крон і висота дерев мало відрізняються між собою, намет рівномірний, без западин.

*Березові насадження.* У стиглих насадженнях форма крон параболоїдна, яйцеподібна або напівкуляста. Розташування крон у наметі і по площі рівномірне. Розміри крон між собою відрізняються незначно, проміжки між ними невеликі. Намет березових насаджень рівний, з однорідною високою зімкнутістю.

На чорно-білих АФЗ зображення березових насаджень складається з майже однакових за формою і розмірами округлих або неправильно-округлих світло-сірих проекцій крон і невеликих однакових за розмірами темнувато-сірих проміжків.

Перехід від освітленої частини крони до затіненої поступовий. Затінена частина сірого або темнувато-сірого тону займає не більше 1/3 ширини крони. На чорно-білих АФЗ зображення насадження світло-сірого тону, на спектрзональних – жовто-оранжевого або світло-оранжевого кольору.

*Осикові насадження.* У стиглих насадженнях форма крон округла або неправильно-округла з плоскою вершиною. Оскільки листки постійно коливаються, то сильно відбивають сонячне світло, сяючи на сонці і не мають власної тіні.

Крони середньої густоти, займають не більше 1/4–1/3 висоти дерев. Їх діаметри більші порівняно з іншими породами, але незначно відрізняються між собою.

Дерева рівномірно розподілені по площі, при порослевому відновленні – куртинами. За висотою дерева відрізняються мало. Повнота і зімкнутість намету насаджень усіх класів віку висока.

На чорно-білих АФЗ зображення осикових насаджень складається з однакових за розмірами округлих або неправильно округлих з нерівними або хвилястими краями проекцій крон яскравого світло-сірого тону і невеликих проміжків між кронами.



Відмінностями між освітленими і затіненими частинами крон непомітні. Загальний вигляд намету рівномірний, з високою зімкнутістю і незначною проглядальністю вглиб.

Тон зображення на пан хроматичних АФЗ – світло-сірий, на інфрахроматичних – майже білий, на спектрзональних – оранжевого або червонувато-оранжевого кольору.

*Чорновільхові насадження.* У стиглих насадженнях форма крон дерев обернено яйцеподібна або еліпсна, у порослевих групах – з плоскою вершиною. Крона середньої густоти займає близько 1/3 висоти. Відмінності між деревами за розмірами крон і висотою незначні, зімкнутість намету – висока. Чорновільхові насадження приурочені до сирих і мокрих ділянок долин і заплав річок.

На чорно-білих АФЗ зображення цих насаджень складається з неправильно-округлих або кутоватих проекцій крон світло-сірого або сірого тону та невеликих темнувато-сірого тону проміжків між кронами.

Мінливість розмірів проекцій крон невелика, відмінності освітлених і затінених частин крон помітні мало. Проекції не мають чітких контурів і тісно стикаються одна з одною. У порослевих групах крони розташовані одна неподалік від іншої по колу.

Загальний вигляд намету плоский, однорідний, проглядальність вглиб незначна. На чорно-білих АФЗ тон зображення світло-сірий, на спектрзональних – оранжевого, червонувато-оранжевого або оранжево-коричневого кольору.

*Дубові насадження.* У стиглих насадженнях переважають неправильно-округлі візерункові і складні крони, що складаються з декількох невеликих фрагментів крон навколо найбільш крупних гілок. Форма і розміри крон дубових дерев варіюють у широких межах залежно від віку і лісорослинних умов. У чистих деревостанах мінливість за формою і розмірами кроні, а також за висотою менша, вершини крон слабо закруглені або плоскі. У мішаних насадженнях дуб має максимальні розміри крони.

Проекції крон на АФЗ мають неправильно-округлу або візерунчасту форму. Між кронами виділяються проміжки неправильної форми.

Тон зображення на чорно-білих АФЗ змінюється від світло-сірого до темнувато-сірого. Проміжки між кронами темно-сірого тону. На спектрзональних АФЗ дубові насадження мають оранжево-бурий або коричнево-бурий колір.

#### Дешифрування таксаційних показників деревостанів.

При дешифруванні *складу* деревостану спочатку визначають панівну породу, спираючись на загальний вигляд, тон, колір і рисунок зображення. Інші породи розпізнають за відмінностями за формою і розмірами крон, тоном і кольором, будовою намету в центральній і периферичних частинах АФЗ. Частка їх участі у відсотках визначається окомірно за співвідношенням площ їх проекцій.

*Вік* визначають за зовнішнім виглядом крон і будовою намету. З віком зменшується кількість дерев, збільшуються розміри крон, вони стають все більш круглими і відокремленими.

Але найбільший зв'язок існує між віком і розмірами крон. Так, у молодняках крони дерев не розрізняються, але поверхня намету піднята над землею. Наприкінці першого класу віку з'являється дрібна зернистість, а другого класу – дрібні проміжки між кронами. Середньовікові деревостани третього класу мають дрібні конусоподібні крони у вигляді густої сітки дрібних точок, четвертого класу віку мають проєкції крон і проміжки невеликих розмірів. Вершини крон стають більш круглими, стають помітними освітлена і затемнена частини крони. У наметі листяних порід починають з'являтися розриви. У деревостанах п'ятого класу віку (стиглих) стають добре помітними обриси проєкцій крон, їх опуклість і відмінності освітлених і затемнених частин. Крони перестійних деревостанів стають зріджені, більш ажурні. При цьому стають менш помітними опуклість крон, відмінності між освітленими і затіненими частинами, а також – тіні.

*Повноту* визначають за зімкнутістю крон і проглядальністю намету вглиб. У стиглих насадженнях панівних порід повнота на 0,1–0,2 вища за зімкнутість, а в осикових і більш молодих деревостанах інших порід зімкнутість більша за повноту на 0,1–0,3.

Деревостани високих класів *бонітету* мають більшу густоту і темніше забарвлення крон, є більш мінливими за висотою дерев і розмірами крон, а також мають багатший склад насадження. Деревостани V–Va класів бонітету мають найменшу висоту, дрібні крони, великі проміжки, їх намет проглядається до ґрунту.

При дешифруванні *класу бонітету* і *типу лісу* слід приділяти увагу непрямым (ландшафтним) ознакам.

### **Спектральні особливості рослинності на космічних знімках**

Завдяки тому, що відбиття зеленими рослинами електромагнітних хвиль (ЕМХ) (особливо деревними видами) у видимому діапазоні є досить низьким (до 25 %), тому очі людей і фотоапарати сприймають ліси як темні об'єкти. Крива спектральної яскравості (спектральний образ) для зелених рослин має свої особливості: два максимуми поглинання – в синій і червоній ділянках спектра і збільшення розсіювання – в інфрачервоному діапазоні. Посилення потоку ЕМХ інфрачервоного діапазону пояснюється багаторазовим відбиттям і розсіюванням світла мембранами клітин мезофілу листка. Цікаво, що нижчу випромінювальну здатність стосовно хвиль ближнього інфрачервоного діапазону мають рослини, які візуально сприймаються темнішими. Подібна картина спостерігається у рослин одного виду при різних рівнях життєвості, захворюваннях, сезонних та фенофазних змінах.

У середній і дальній ділянках інфрачервоного діапазону ЕМХ (1,3–2,5 мкм) інтенсивність розсіювання знову понижується. Ці зони поглинання і

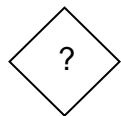
зменшення яскравості краще виражені у рослин з більшим вмістом води у листках. Для рослин одного виду прояв указаних мінімумів зменшується при зменшенні забезпечення рослини вологою та при її в'яненні або висиханні, що використовується для діагностування водного голодування.

Повна або майже повна відсутність мінімумів поглинання, пов'язаних з вмістом води в інфрачервоному діапазоні, дещо більша яскравість в оранжевому та червоному діапазонах, швидке, але не стрибкоподібне збільшення випромінювання в ближньому інфрачервоному діапазоні характерні для сухих і відмерлих рослин. Ця закономірність дозволяє визначати дозрівання врожаю зернових культур, старіння і відмирання рослин.

Протягом вегетаційного періоду спектральні характеристики багатьох рослин змінюються внаслідок морфолого-анатомічних змін листків, мінливості концентрацій пігментів, осадження пилу.

Спектральні характеристики рослин залежать також від кута падіння сонячних променів, інтенсивності сонячної радіації, від наявності в ґрунті високих концентрацій певних металів. Зміна спектральних параметрів фіксується у хворих і ослаблених деревостанів завдяки меншій сумарній листяній поверхні і збільшенню випромінювання в інфрачервоному діапазоні за рахунок відбиття від ґрунту, лісової підстилки, степової повсті, торфу. За цими характеристиками подібні деревостани наближаються до сухих рослин.

Старіння рослин та їх органів супроводжується руйнуванням хлорофілу, зміною співвідношення пігментів, зменшенням рівня обводнення. Спостерігається зниження поглинання світлового потоку, особливо в червоній частині спектра, а також посилення відбиття – в зеленій. Але завдяки іншим пігментам листків продовжується поглинання променів блакитної ділянки спектра. При подальшому старінні листків з'являється значне підсилення відбиття в червоному та ближньому діапазонах спектра.



### Питання для самоконтролю

1. Висвітліть історичний аспект використання аерокосмічних методів у лісовому господарстві.
2. Наведіть класифікацію дистанційного знімання за певними ознаками.
3. У чому полягають аеровізуальні дослідження?
4. Вкажіть основні аспекти фотографічного знімання.
5. Що являє собою інтегральне знімання?
6. Охарактеризуйте спектрзональне фотографування.
7. На основі чого здійснюється багатозональне знімання?
8. Які характеристики притаманні телевізійному зніманню?
9. Як і для чого використовується теплове знімання?
10. Опишіть геофізичне знімання в радіодіапазоні.
11. Як здійснюється радіолокаційне знімання?
12. Охарактеризуйте масштаби матеріалів знімання.

13. Розгляньте планове, перспективне та панорамне знімання.
14. Які носії знімальних апаратів ви знаєте? Охарактеризуйте їх.
15. Розкрийте сутність і види дешифрування.
16. Розгляньте дешифрувальні ознаки зображень на аерофотознімках.
17. Опишіть процедуру дешифрування деревостанів основних порід.
18. Як проводять дешифрування таксаційних показників деревостанів?
19. Охарактеризуйте спектральні особливості рослинності на космічних знімках.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

### Лабораторна робота № 1

#### Тема: ПОНЯТТЯ ПРО НАЦІОНАЛЬНУ ІНВЕНТАРИЗАЦІЮ ЛІСІВ

##### *Питання для самостійної підготовки:*

1. Загальне уявлення про національну інвентаризацію лісів.
2. Базове і безперервне лісовпорядкування.
3. Вибіркова схема інвентаризації лісів.
4. Схема ротації часових панно.
5. Розміщення первинних інвентаризаційних квадратів.
6. Закладання пробних площ. Поняття потрійної пробної площі та субпроб.

**Мета:** закріпити теоретичні знання про національну інвентаризацію лісів в Україні, методи та особливості її проведення.

**Обладнання:** лекційний матеріал, методичні вказівки, зошити, ручки, олівці, лінійки.

##### **Виконання роботи**

1. Усно обговорити аспекти традиційного проведення НІЛ, а також нові сучасні її методи.
2. У зошиті накреслити зведену таблицю, у якій відобразити основні методи проведення НІЛ, їх позитивні риси та недоліки.

##### **Контрольні питання:**

1. Вкажіть основні відмінності між традиційною системою інвентаризації лісів і НІЛ.
2. Для чого необхідні часові панно?
3. Що являють собою первинна і вторинна вибірккові одиниці?
4. Чому дизайн української НІЛ передбачає наявність потрійної проби?

## Лабораторна робота № 2

### Тема: СУЧАСНИЙ СТАН ЛІСОВОЇ ІНВЕНТАРИЗАЦІЇ У КРАЇНАХ ЄВРОПИ

#### *Питання для самостійної підготовки:*

1. Особливості проведення інвентаризації лісів у країнах Європи:
  - а) Австрія;
  - б) Німеччина;
  - в) Швейцарія;
  - г) Чеська Республіка;
  - д) Франція;
  - е) Великобританія;
  - є) Республіка Білорусь;
  - ж) Албанія;
  - з) Фінляндія;
  - і) Швеція;
  - к) Литва;
  - л) Данія.
2. Основні схеми та організаційно-технічні її показники в європейських країнах.

**Мета:** сформувати у студентів уявлення про національну інвентаризацію лісів у країнах Європи, методи та особливості її проведення.

**Обладнання:** конспекти лекцій, методичні вказівки, зошити, ручки, олівці, лінійки.

#### **Виконання роботи**

1. Усно обговорити історичні аспекти проведення НІЛ у країнах Європи, а також нові сучасні її методи.
2. У зошиті накреслити зведену таблицю, у якій відобразити основні методи проведення НІЛ, їх позитивні риси та недоліки.

#### **Контрольні питання:**

1. В яких європейських країнах раніше за інші було започатковано проведення НІЛ?
2. Вкажіть загальні для усіх проаналізованих країн Європи риси НІЛ.
3. Які країни Європи мають високий відсоток лісистості, а які є лісодефіцитними?
4. Які чинники визначають національний дизайн НІЛ?

## Лабораторна робота № 3

### Тема: ДЕШИФРУВАННЯ ПОВНОТИ, КЛАСУ БОНІТЕТУ, КЛАСІВ ВІКУ І ТИПІВ ЛІСУ

#### *Питання для самостійної підготовки:*

1. Як за аерофотознімками встановити клас бонітету і тип лісу?
2. У який спосіб визначають клас віку на основі аерофотознімків?
3. Як визначити повноту насаджень?
4. У чому полягає роль пробних площ у визначенні таксаційних характеристик?

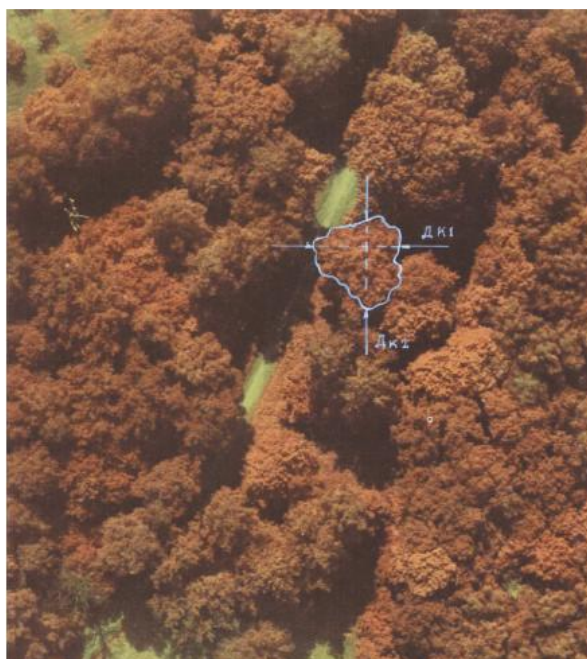
**Мета:** навчити студентів дешифрувати повноту, клас бонітету і клас віку, а також тип лісу за аерофотознімками.

**Обладнання:** аерофотознімки, зошити, олівці, ручки, методичні вказівки.

#### Виконання роботи

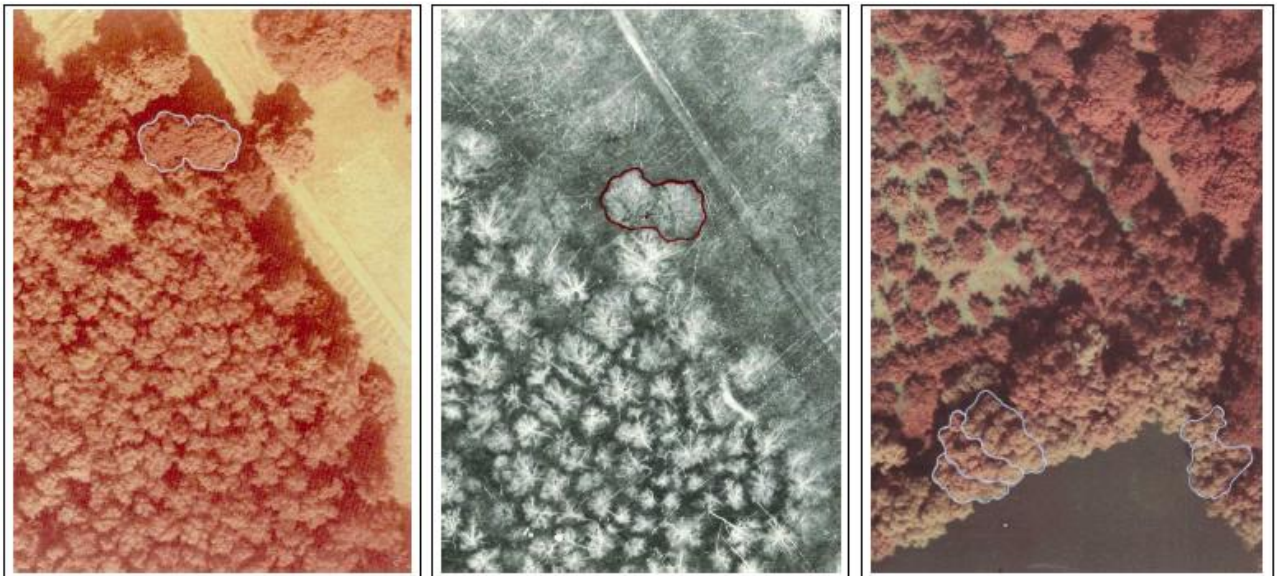
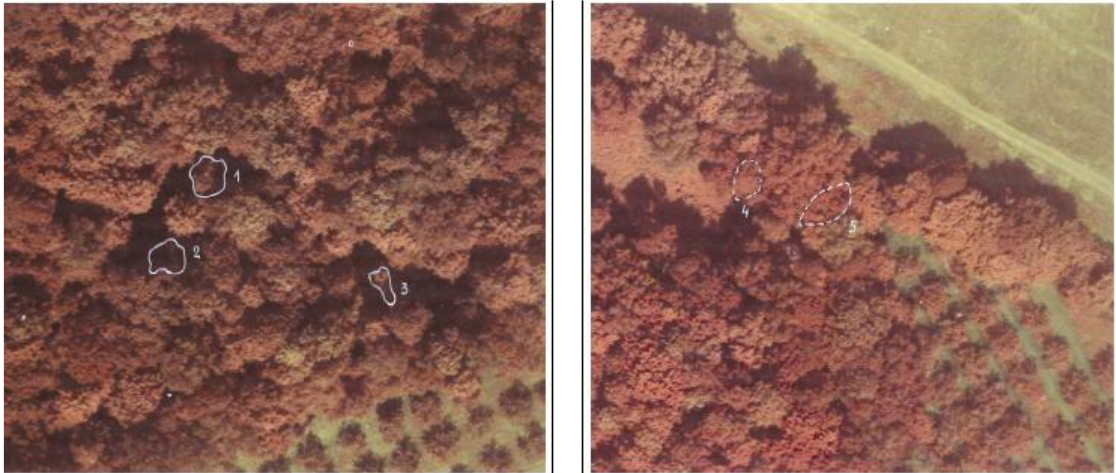
1. Окомірно визначити зімкнутість намету виходячи із співвідношення площ, які зайняті проекціями крон, і проміжків між ними. Використовуючи взаємозв'язки, встановити повноту.
2. Визначити групу і клас віку за прямими і непрямыми ознаками (розміри, форма крон і проміжків між ними, середня висота деревостану тощо).
3. Встановити клас бонітету і тип лісу.
4. Результати занести до лабораторного зошита.

#### ДОВІДКОВІ МАТЕРІАЛИ



Вимірювання діаметрів крон

АФЗ М 1 : 800



*Спектрональні АФЗ (М 1 : 800) та чорно-білий АФЗ (М 1 : 700)  
Дешифрування проєкцій крон*



*(АФЗ М 1: 5000)  
Визначення зімкнення намету*



**Контрольні питання:**

1. Перелічіть дешифрувальні ознаки породного складу насаджень.
2. Як за матеріалами АФЗ визначити основні таксаційні ознаки насаджень?

**Лабораторна робота № 4****Тема: ТОПОГРАФІЧНЕ ДЕШИФРУВАННЯ АЕРОФОТОЗНІМКІВ.  
ДЕШИФРУВАННЯ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ*****Питання для самостійної підготовки:***

1. Як на аерофотознімках виглядають крупні та середні річки з розвиненою річковою долиною?
2. Який вигляд мають на аерофотознімках дрібні річки і струмки?
3. Перелічити основні дешифрувальні ознаки боліт і сильно заболочених лісів.
4. Вказати характерні дешифрувальні ознаки вирубок.
5. Як на аерофотознімках виглядають дороги, сільські населені пункти?
6. Охарактеризувати основні відмінності у структурі фотозображення площ, що зайняті лісами і нелісових площ.
7. Як відрізняються за інтенсивністю фототону лісові і не вкриті лісом площі?
8. Назвати цілі топографічного дешифрування.

**Мета:** ознайомити студентів з особливостями топографічного дешифрування аерофотознімків, у тому числі й нелісових і не вкритих лісом площ.

**Обладнання:** аерофотознімки, методичні вказівки, конспекти лекцій, зошит, ручка, олівець, калька.

**Виконання роботи**

1. Шляхом накладання на аерофотознімок, позначити на кальці межі нелісових і не вкритих лісом територій.
2. Провести дешифрування зображення на космічному знімку.
3. Оформити звіт у лабораторному зошиті.

## ДОВІДКОВІ МАТЕРІАЛИ

На космічних знімках (КС), як і на АФЗ, прямими ознаками дешифрування є колір (тон), структура і текстура зображення, а основними непрямыми – ландшафтні, засновані на приуроченості лісів та їх окремих типів до певних форм рельєфу, покладені в основу ландшафтного методу дешифрування.

Ландшафтний метод передбачає обов'язкове вивчення та встановлення просторових взаємозв'язків між природно-територіальними комплексами, розташованими в безпосередньому сусідстві. Такі взаємозв'язки, відображені в структурі зображення, дають можливість з достатньою повнотою охарактеризувати всю територію.

Вивчення та картографування ландшафтів великих територій на основі дешифрування КЗ проводиться в певній послідовності.

Спочатку на знімках аналізується *гідрографічна мережа* і всі водні об'єкти. Гідрографічні об'єкти розпізнаються за прямими ознаками, в основному, за кольором (тоном) водних поверхонь водойм і річок і характерним рисунком гідрографічної мережі. Штучні водойми часто розпізнаються за гідротехнічними, які визначаються за прямолінійним рисунком кордонів водойми в її розширеній (нижній) частині. Відокремлення мілководної поверхні водойми від суші або заростей гідрофільної рослинності найбільш точно здійснюється за наявності зйомки в ближній інфрачервоній зоні електромагнітного спектра (0,7–0,8 мкм), зображення відкритої водної поверхні в якій має найбільш інтенсивний темний тон (колір).

*Рельєф і його форми* розпізнаються, як правило, за прямими дешифрувальними ознаками.

*Ґрунтовий покрив* при дешифруванні КЗ визначається на основі використання прямих і непрямих ознак. На територіях, вкритих деревно-чагарниковою рослинністю, характер ґрунтового покриву може бути встановлений на основі непрямих ознак – за взаємозв'язком його з характером рослинного покриву (видовий склад, тип лісорослинних умов, клас бонітету) і приуроченістю до певних форм рельєфу.

*Рослинний покрив.* Деревна рослинність розпізнається на КЗ усіх масштабів за прямими дешифрувальними ознаками, чагарниково-трав'яниста – майже виключно за непрямыми ознаками.

*Вирубки* дешифрують за світлим тоном (кольором) і чіткими прямокутними межами, приуроченістю до форм рельєфу, лісовозним дорогам, іноді за недорубами – темними плямами і зернами на загальному світлому фоні зображення або крупним підростом. Кольорові синтезовані знімки підсилюють контраст між вирубками і стінами лісу. На них більш надійно розпізнають куртини недорубів і деякі інші особливості вирубок. За кольором можна виділити їх частини, що розрізняються за умовами місцезростання або знаходяться в різній стадії (за віком і переважаючою породою) лісовідновлення.



Спектрональний АФЗ (М 1:5000)



КЗ з роздільною здатністю 1м/піксел

Дешифрування нелісових і не вкритих лісом земель

На фотознімках зображена одна і та сама місцевість

Пояснення для проведення дешифрування на спектрзональних АФЗ:

1. Рілля – різко виражений геометричний вид контурів, смугаста структура фотозображення, залежно від типу культури і вологості ґрунту колір змінюється від зеленувато-синього до оранжевого;

2. Луки – зображуються рівним одноманітним тоном. У період сінокосіння мають світло-помаранчевий, після сінокосіння – світло-зелений тон. Стіг сіна на знімку – світла точка з пов'язаною з ним характерною тупою тінню. Приурочені до берегів річок, озер, галявинах в лісі;

3. Шосейні дороги – прямі, рівні світло-зелені і зелені смуги з закругленими поворотами;

4. Польові і лісові дороги – звивисті з нечіткими краями світло-зелені і зелені лінії серед розімкнутих крон насаджень, прогалин, рідколісь;

5. Пішохідні містки – зображуються у вигляді вузьких світлих смужок на темному тлі води;

6. Лінії електропередачі і телефонного зв'язку – розпізнаються за характерними тінями опор або за зображенням опор, розташованих на однаковій відстані одна від одної.



Спектрзональний аерофотознімок (плівка СН-6М, масштаб 1 : 5 000)

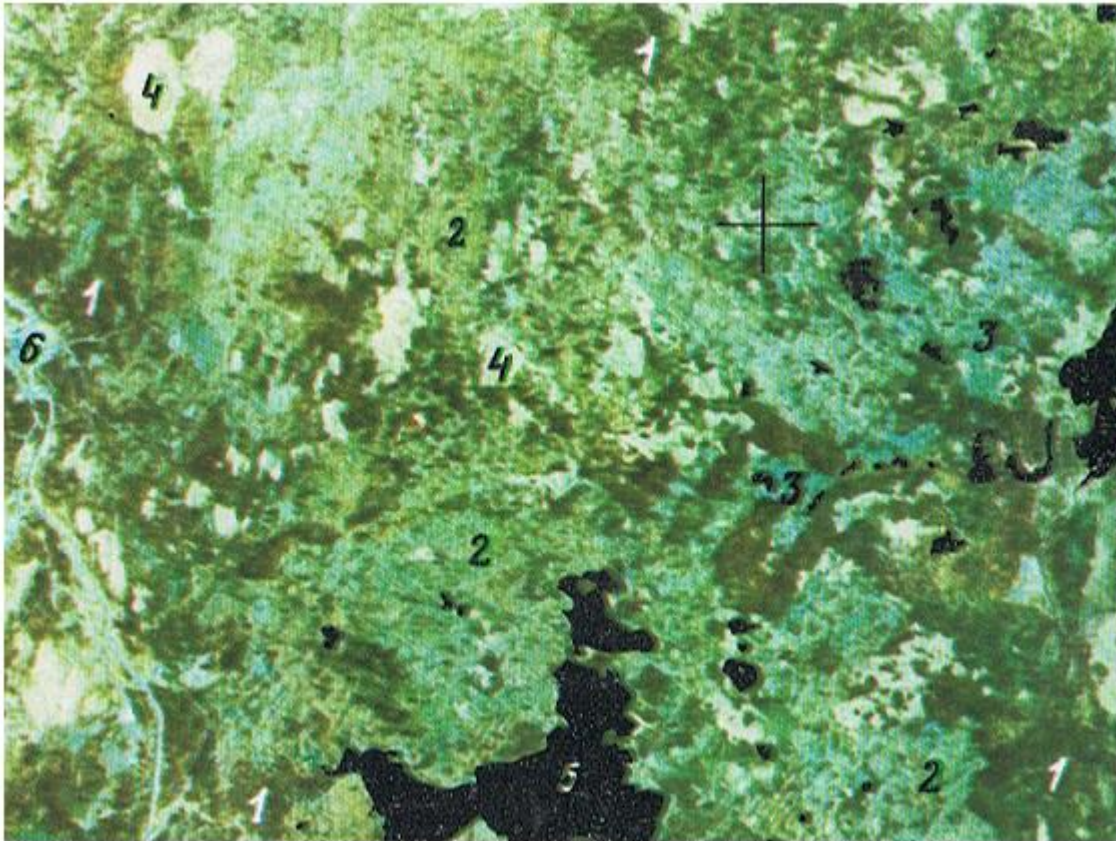
1 - соснові насадження, 2 - яблуневий сад, 3 - садовахисні смуги, 4 - сільськогосподарські землі



Спектрональний аерофотознімок (АФА-ТЕ/200, плівка СН-6М), масштаб 1 : 25 000  
 1 - соснові, 2 - березові, 3 - ялинові насадження, 4 - вирубки на різних стадіях відновлення,  
 5 - струмок, 6 - дорога

*Згарища* на чорно-білих КЗ більш світлого тону, ніж насадження, зазвичай вони мають витягнуту в напрямку вітрів, що панують в літній період, форму. В освоєних районах згарища часто приурочені до доріг. На кольорових спектрональних КЗ свіжі згарища від верхових пожеж мають темний колір, а згарища минулих років, що не поновилися, як і на чорно-білих знімках, зображуються більш світлим тоном. Поновлені згарища мають тон (колір) переважаючої деревної породи.

*Болота* дешифруються за прямими ознаками – за тоном (кольором) і рисунком зображення. За КЗ можуть бути визначені: конфігурація боліт, ступінь злитості або ізольованості окремих елементів, складових болотної системи, закономірності розподілу боліт по території. На рівнинних територіях, де болота мають значне поширення, за комплексом прямих і непрямих ознак виділяються основні типи боліт за характером водного живлення (верхові, низинні, перехідні).



Космічний знімок (масштаб 1 : 500 000)

1 і 2 - хвойні і м'яколистяні насадження, 3 - вирубки, що відновилися, 4 - сільськогосподарські землі, 5 - озеро, 6 - судоходний канал

*Кам'янисті розсипи, дороги та інші нелісові землі при достатній їхній величині розпізнають за специфічними для них ознаками, в основному за кольором і рисунком зображення.*

#### **Контрольні питання:**

1. Перелічити дешифрувальні ознаки гідрографічних об'єктів.
2. Як на КЗ розпізнати вирубки і оцінити їх давність?
3. Назвіть дешифрувальні ознаки згарищ.

## Лабораторна робота № 5

### Тема: ДЕШИФРУВАННЯ НАСАДЖЕНЬ З ПЕРЕВАЖАННЯМ М'ЯКОЛИСТЯНИХ ПОРІД

#### *Питання для самостійної підготовки:*

1. Які основні ознаки дешифрування березових деревостанів та насаджень з переважанням осики?
2. Як виглядають тіні, що відкидають береза та осика?
3. Вказати відмінні риси березових деревостанів та осикових насаджень від утворених іншими породами.

**Мета:** навчити студентів проводити дешифрування насаджень з переважанням берези або осики на аерофотознімках.

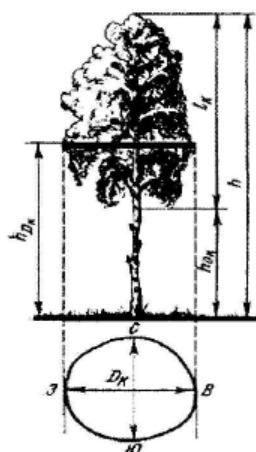
**Обладнання:** аерофотознімки, методичні вказівки, конспекти лекцій, зошит, ручка, олівець.

#### Виконання роботи

1. Дати характеристику форми крони, тіні, що відкидають береза (осика), а також кольору їх крон на знімках.
2. Провести дешифрування. Оформити звіт у лабораторному зошиті.

#### ДОДАТКОВІ МАТЕРІАЛИ

При дешифруванні складу насадження видно тільки верхній полог насадження, представлений сукупністю крон дерев. Формування дешифрувальних ознак засноване на вивченні не тільки фотометричних ознак деревних порід (кольору або тону зображення), а й на аналізі морфологічних ознак – форм і розмірів крон деревних порід по вертикальному профілю (характеру тіні, що падає) і в проекції на площину (в плані). І ті, й інші ознаки однаково важливі при дешифруванні великомасштабних АФХ і деталізованих КЗ.



Форму крони дерева характеризують такі морфологічні ознаки: діаметр крони ( $D_k$ ), довжина крони ( $l_k$ ), висота до найбільшої ширини крони ( $h_{ок}$ ), висота до початку (закінчення) крони ( $h_{окк}$ )

### Дешифрувальні ознаки для спектрональних АФЗ

*Береза* – колір буро-зелений, сірувато-зелений, крони опуклі, проглядаються в глибину, проекції крон неправильно-округлі, видна дрібногрудкова структура крони. Для дерев у віці 30–40 років помітна відособленість крон, опуклість виражена слабо, в 40–50 років помітно відмінність між проекціями крон. У 60 років співвідношення між проміжками і проекціями крон – 1: 2, рідше 1: 3, опуклість крон більш виражена. На відміну від дуба окремі гілки мають розпливчасті обриси, мов би «пухнасті», розміри їх крон менше, ніж у дуба.

*Липа* – колір буро-зелений, сірувато-зелений, яскраво-зелений. Форма проекцій крон в молодому віці – у вигляді витягнутого догори еліпса, в середньовікових деревостоях – кругла, у віці стиглості – плоска, неправильна, з порізнаними краями, проглядаються окремі частини крон.







Липово-березово-осикові  
насадження з домішкою дуба  
(4Лс2Бп2Ос2Дз)



Дубово-липові насадження з  
домішкою берези та осики  
(6Дз2Лс1Бп1Ос)



Дубово-липові насадження з  
домішкою берези та осики  
(6Дз2Лс1Бп1Ос)

### Контрольні питання:

1. Яка форма берези і осики у плані?
2. Які де шифрувальні ознаки березових, осикових і липових насаджень на спектрзональних АФЗ?

## Лабораторна робота № 6

### Тема: ДЕШИФРУВАННЯ НАСАДЖЕНЬ З ПЕРЕВАЖАННЯМ ХВОЙНИХ ПОРІД

#### *Питання для самостійної підготовки:*

1. Які основні ознаки дешифрування соснових деревостанів та насаджень з переважанням ялини?
2. Як виглядають тіні, що відкидають сосна та ялина.
3. Вказати відмінні риси соснових деревостанів та ялинових насаджень від утворених іншими породами.

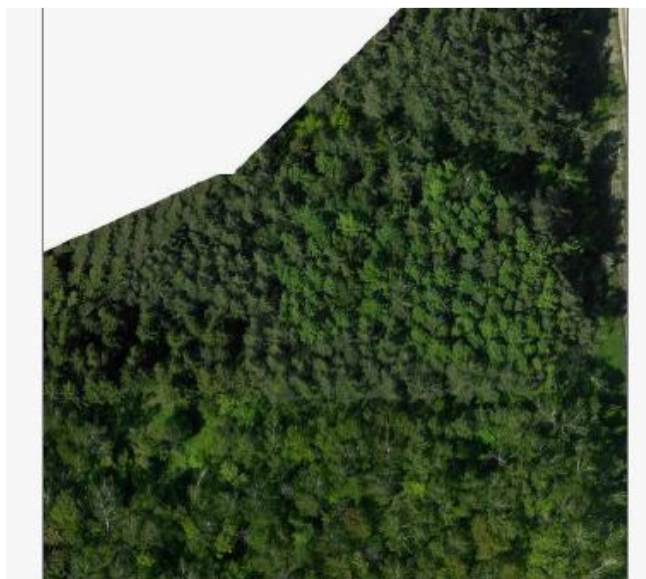
**Мета:** навчити студентів проводити дешифрування насаджень з переважанням сосни або ялини на аерофотознімках.

**Обладнання:** аерофотознімки, методичні вказівки, конспекти лекцій, зошит, ручка, олівець.

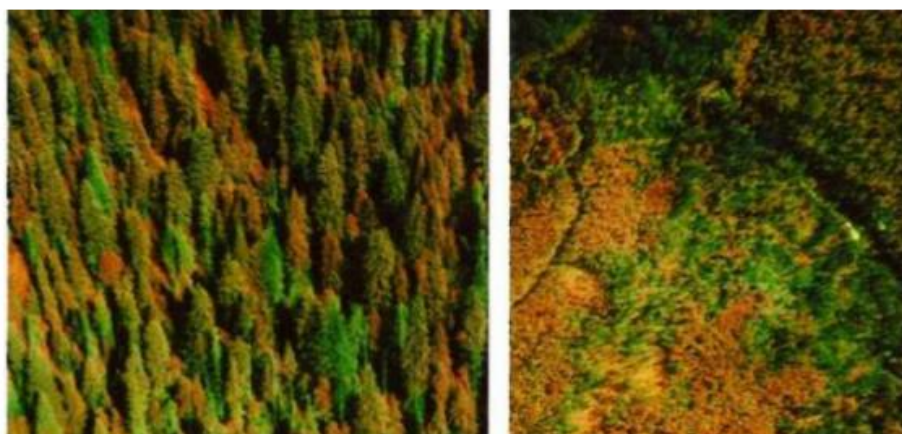
#### Виконання роботи

1. Дати характеристику форми крони, тіні, що відкидають сосна (ялина), а також кольору їх крон на знімках.
2. Провести дешифрування. Оформити звіт у лабораторному зошиті.

#### ДОВІДКОВІ МАТЕРІАЛИ



Сосново-ялиново-модринові  
культури (штучні)  
(4Сз4Яє2Мс)



Перспективний (А) і плановий (Б) спектрозональні АФЗ насаджень ялиці, пошкоджених сибірським шовкопрядом (синє-зелений відтінок)

### **Контрольні питання:**

1. Яка форма сосни і ялини у плані?
2. Чому пошкоджене листя змінює колір при фотографуванні?

### **Лабораторна робота № 7**

#### **Тема: ДЕШИФРУВАННЯ МІШАНИХ НАСАДЖЕНЬ**

##### *Питання для самостійної підготовки:*

1. Які ознаки дешифрування мішаних деревостанів?
2. Як на аерофотознімках виглядають різновисокі деревостани?
3. За якими рисами мішані деревостани відрізняються від чистих?
4. Чим відрізняється відбивальна здатність мішаних насаджень від чистих?

**Мета роботи:** навчити студентів проводити дешифрування мішаних насаджень.

**Обладнання:** аерофотознімки, методичні вказівки, конспекти лекцій, зошит, ручка, олівець.

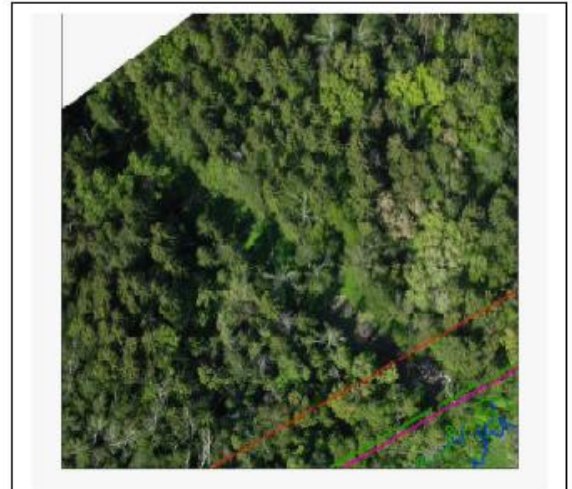
### **Виконання роботи**

1. Усно дати характеристику ознак дешифрування мішаних деревостанів.
2. Вказати відмінності у відбивальній здатності мішаних насаджень від чистих.
3. Використовуючи знання про колір, форму крони і тіні, провести дешифрування. Оформити звіт у лабораторному зошиті.

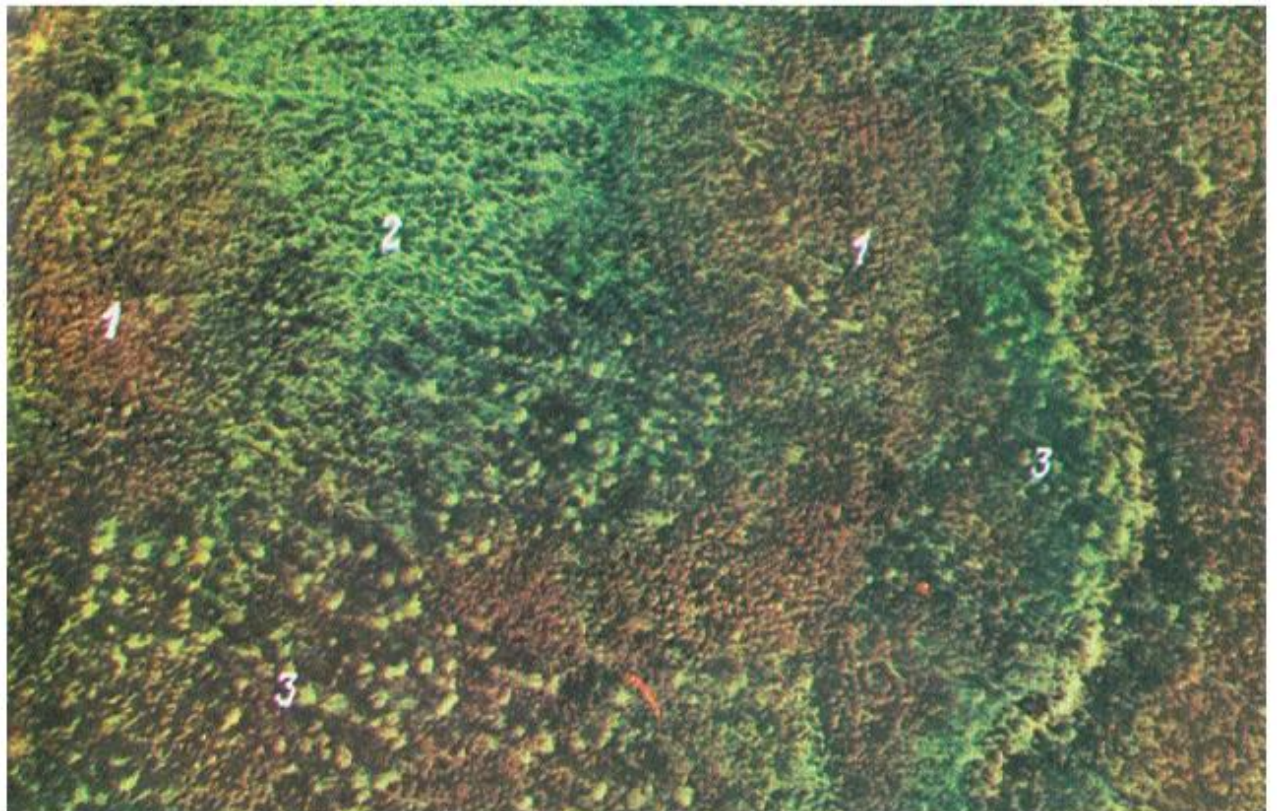
## ДОВІДКОВІ МАТЕРІАЛИ



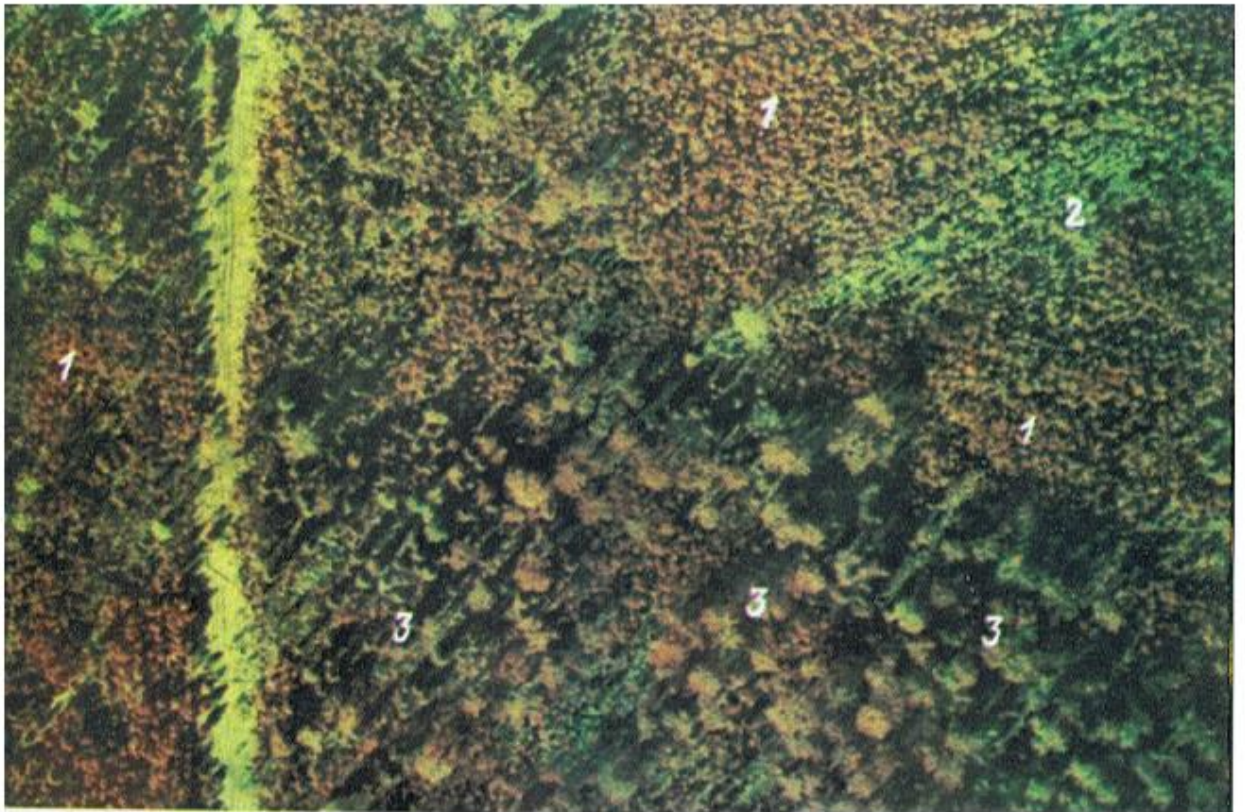
Сосново-модринові насадження з домішкою ялини і одинично берези (6Сз3Мс1Яє+Бп)



Ялинові насадження з домішкою берези та осики (7Яє2Ос1Бп)



Спектрональний аерофотознімок (плівка СН-6М), масштаб 1 : 5 000)  
1 - березові, 2 - сосново-ялинові, 3 - ялиново-сосново-березово-осикові насадження



Спектрональний аерофотознімок (плівка СН-6М) (масштаб 1 : 2 500)  
1 - березові, 2 - сосново-ялинові, 3 - ялиново-сосново-березово-осикові насадження

## ГЛОСАРІЙ

**Аероплівка** – лавсанова (целулоїдна) стрічка, що вкрита шаром світлочутливої емульсії (шар желатину, в якому зважені кристалики бромистого срібла з домішкою йодистого срібла). Аероплівки поділяються на чорно-білі, кольорові і спектрозональні.

**Аеротаксація** – якісна і кількісна оцінка природних ресурсів з використанням літальних апаратів шляхом візуального їх визначення або аналізу аерофотознімків. Застосовують у поєднанні з наземною таксацією і дешифруванням аерофотознімків, а також як самостійний вид інвентаризації маловивчених неосвоєних лісів. Аеротаксації передувало аеровізуальне обстеження лісів з літака (зокрема, в СРСР – з 1931 р.).

**Відикон** – один з типів світлоелектричних приймачів, перетворювач світлового сигналу на електричний; передавальна телевізійна трубка з нагромадженням зарядів, що, розряджаючись електронним променем, утворюють відеосигнал. Його світлоприймальна пластина складається з фоторезисторів, які змінюють свій опір проходження струму обернено пропорційно кількості світла, що потрапляє на них.

**Дешифрування знімків** – впізнання об'єктів за їх фотозображеннями та визначення їх кількісних і якісних показників.

**Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ)** – це одержання інформації про різні об'єкти та динамічні процеси і явища як на поверхні Землі, так і в її надрах та атмосфері. Дистанційні методи поділяються на два основних типи: пасивні й активні.

**Лазер** (англ. *Laser*, акронім від *light amplification by stimulated emission of radiation*) – пристрій для генерування або підсилення монохроматичного світла, створення вузького пучка світла, здатного поширюватися на великі відстані без розсіювання і створювати винятково велику густину потужності випромінювання при фокусуванні ( $10^8$  Вт/см<sup>2</sup> для високоенергетичних лазерів). Лазери використовуються для зв'язку (лазерний промінь може переносити набагато більше інформації, ніж радіохвилі), різання, пропалювання отворів, зварювання, спостереження за супутниками, медичних і біологічних досліджень, а також у хірургії.

**Фотосхема** – в аерофотозніманні сукупність змонтованих контактних відбитків, не трансформованих і не приведених до одного масштабу. Частки знімків, що перекриваються, вирізуються з таким розрахунком, щоб від кожного знімка залишилася середня частина (робоча площа), що має мінімум спотворень. Відбитки наклеюються на картон. Фотосхема, що складається з вирізаних центральних частин аерофотознімків, носить назву мозаїчної. Щоб отримати уявлення про всю зняту територію з декількох фотосхем монтують фотокарту, яку потім зазвичай зменшують. Ця карта має ті самі неточності, що і фотосхема.

**Фотоплан** – планшет, на якому поверх фотографічного зображення земної поверхні, нанесені топографічні умовні знаки – горизонталі, висотні відмітки, дороги, населені пункти і т. ін., а також назви річок, озер, селищ тощо, як на звичайних картах. Складається в кінці аерофотознімальних робіт, після фотограмметричної обробки аерознімків, по трансформованих знімках, які приведені до точного масштабу і позбавлені спотворень. Має стандартні для карт і планів зарамочное оформлення, номенклатуру трапецій по міжнародній розграфці, масштаб, градусну сітку і її оцифрування, дату складання і інші відомості.

## ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.lesovod.org.ua/node/82>.
2. Аерокосмічні методи. Курс лекцій. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://ecology.udau.edu.ua/assets/files/024.pdf>.
3. Алексеев А.С. Информационные технологии в непрерывном лесоустройстве / [Алексеев А.С., Грейфельд Р.Ф., Минаев В.Н., Тетюхин С.В.]. – СПб: ЛТА, 1999. – 227 с.
4. Атрощенко О.А. Система инвентаризации и учета лесов в Швеции / Атрощенко О.А., Минкевич С.И., Буй А.А. // Труды БГТУ. – 2012. – № 1. – С. 23–25.
5. Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве и ландшафтном строительстве. Описание лабораторных работ / Сост. Ю.В. Фурсов. – Сыктывкар: СЛИ, 2007. – 20 с.
6. Байрак Г.Р. Дистанційні дослідження Землі: навчальний посібник / Г.Р. Байрак, Б.П. Муха. – Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2010. – 712 с.
7. Букша І. Польова ГІС для лісового господарства / Букша І., Букша М., Черни М. // Лісовий і мисливський журнал. – 2011. – № 3. – С. 16–19. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.ifer.cz/page/publications/articles/108FM\\_3-2011\\_p%2016-19\\_rusky.pdf](http://www.ifer.cz/page/publications/articles/108FM_3-2011_p%2016-19_rusky.pdf).
8. Вицега Р.Р. Методичні засади вибіркової інвентаризації гірських лісів / Р.Р. Вицега // Науковий вісник НЛТУ України. – 2007. – Вип. 17.2. – С. 32–38.
9. Вицега Р.Р. Національна інвентаризація лісу в Фінляндії, Швеції, Литві та Данії / Р.Р. Вицега, Г.Г. Гриник // Науковий вісник НЛТУ України. – 2008. – Вип. 18.11. – С. 141–148.
10. Вицега Р.Р. Національні інвентаризації лісів певних країн Європи та їхній досвід для здійснення експериментальної інвентаризації лісів на території України / Р.Р. Вицега, Г.Г. Гриник // Науковий вісник НЛТУ України. – 2009. – Вип. 19.5. – С. 7–17.
11. Горошко М.П. Сучасні засоби вимірювальної лісоінвентаризації / [Горошко М.П., Миклуш С.І., Король М.М., Вицега Р.Р.] // Науковий вісник НЛТУ України. – 2006. – Вип. 16.4. – С. 192–200.
12. Жолобак Г.М. Вітчизняний досвід супутникового моніторингу лісових масивів України / Г.М. Жолобак // Космічна наука і технологія. – 2010. – Т. 16, № 3. – С. 46–54.
13. Інструкція з впорядкування лісового фонду України. Частина 1. Польові роботи. – Ірпінь: Держкомітет лісового господарства України, 2006. – 75 с.
14. Лісовий кодекс України. Повітряний кодекс України: текст відповідає офіц. станом на 1 січня 2011. – К.: Нац. книжковий проект, 2011. – 80 с.



15. Любимов А.В. Географические системы в отраслях лесного комплекса, сельском хозяйстве и охране природы / [Любимов А.В., Хлюстов В.К., Колесников Ю.Е. и др.]. – СПб: ЛТА, 2000. – 95 с.

16. Любимов А.В. Дешифрование и интерпретация материалов аэрокосмических съемок для совершенствования инвентаризации / Любимов А.В., Ксенофонтов Н.И., Колесников Ю.И. – СПб: ЛТА, 2001. – 192 с.

17. Международный опыт применения данных ДЗЗ в сфере лесного хозяйства. Система лесного хозяйства ЕС. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.scanex.ru](http://www.scanex.ru).

18. Национальная инвентаризация лесов и планирование хозяйственной деятельности в частных лесах Финляндии. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

[www.idanmetsatieto.info/tiedostot/tiedotteet/Lesnoe\\_planirovanie\\_Tapio.pdf](http://www.idanmetsatieto.info/tiedostot/tiedotteet/Lesnoe_planirovanie_Tapio.pdf).

19. Національна інвентаризація лісів України: концептуальні засади та вибірковий дизайн (проект). – Ірпінь, 2008. – 45 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.lesovod.org.ua/dmdocuments/NFI\\_Concepts\\_and\\_Design.pdf](http://www.lesovod.org.ua/dmdocuments/NFI_Concepts_and_Design.pdf).

20. Севко О.А. Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве: курс лекций / О.А. Севко. – Мн.: БГТУ, 2005. – 170 с.

21. Филипчук А.Н. История развития лесоучетных работ / А.Н. Филипчук // Матер. IV Междунар. науч.-практ. конф. «Проблемы инвентаризации лесов и лесоустройства». – Иркутск, 1 октября 2014 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

[www.czl38.ru/sites/default/files/documentation/book/02\\_filipchuk\\_irkutsk\\_red.pptx](http://www.czl38.ru/sites/default/files/documentation/book/02_filipchuk_irkutsk_red.pptx)

22. Филипчук А.Н. Сравнительная характеристика лесов и ведения лесного хозяйства в разных странах / [Филипчук А.Н., Моисеев Б.Н., Медведева М.А., Кинигопуло П.С.]. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/sravnitel'naya-harakteristika-lesov-i-vedeniya-lesnogo-hozyaystva-v-raznyh-stranah>.

23. Цурик Є.І. Необхідність неперервної інвентаризації лісів України математико-статистичним методом / Є.І. Цурик // Наукові праці Лісівничої академії наук. – 2003. – Вип. 2. – С. 43–47. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://base.dnsgb.com.ua/cgi-bin/irbis64r/cgiirbis\\_64.exe](http://base.dnsgb.com.ua/cgi-bin/irbis64r/cgiirbis_64.exe).

24. Черны М. Научно-методическое и технологическое обеспечение развития инвентаризации и мониторинга лесов Украины / [Черны М., Букша И.Ф., Пастернак В.П.] // Матеріали семінару «Національна інвентаризація лісів України: проблеми, виклики, перспективи». – Ірпінь, 2 лютого 2008 р. – ВО «Укрдержліспроєкт», 2008. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.lesovod.org.ua/node/1803>.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### Основна

1. Анучин Н.П. Лесная таксация / Н.П. Анучин. – М.: Лесная пром-сть, 1982. – 552с.
2. Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве и ландшафтном строительстве. Лабораторные работы / Сост. Ю.В. Фурсов. – Сыктывкар: СЛИ, 2007. – 20 с.
3. Вицега Р.Р. Національна інвентаризація лісу в Фінляндії, Швеції, Литві та Данії / Р.Р. Вицега, Г.Г. Гринник // Науковий Вісник НЛТУ України. – 2008. – Вип. 18.11. – С. 141–148.
4. Вицега Р.Р. Національні інвентаризації лісів певних країн Європи та їхній досвід для здійснення експериментальної інвентаризації лісів на території України / Р.Р. Вицега, Г.Г. Гринник // Науковий Вісник НЛТУ України. – 2009. – Вип. 19.5. – С. 7–17.
5. Лесная таксация и лесоустройство / Под ред. В.В. Загребва. – М.: Экология, 1991. – 384 с.
6. Любимов А.В. Географические системы в отраслях лесного комплекса, сельском хозяйстве и охране природы / [Любимов А.В., Хлюстов В.К., Колесников Ю.Е. и др. ]. – СПб: ЛТА, 2000. – 95 с.
7. Любимов А.В. Дешифрование и интерпретация материалов аэрокосмических съемок для совершенствования инвентаризации / Любимов А.В., Ксенофонтов Н.И., Колесников Ю.И. – СПб: ЛТА, 2001. – 192 с.
8. Поляков А.Н. Лесоводство и лесная таксация / А.Н. Поляков, Н.М. Набатов. – М.: Экология, 1992. – 336с.
9. Рульков В.В. Лесоводство и лесная таксация / В.В. Рульков. – М.: Агропромиздат, 1988. – 256с.

### Додаткова

1. Алексеев А.С. Информационные технологии в непрерывном лесоустройстве / [А.С. Алексеев, Р.Ф. Грейфельд, В.Н. Минаев, С.В. Тетюхин]. – СПб: ЛТА, 1999. – 227 с.
2. Концептуальна програма розвитку лісовпорядкування на період до 2015 року. – Державне агентство лісових ресурсів України. – Ірпінь, 2011. – 18 с.
3. Цурик Є.І. Необхідність неперервної інвентаризації лісів України математико-статистичним методом / Є.І.Цурик // Лісівнича акад. наук України: Наукові праці. – 2003. – Вип. 2. – С. 43–47.

**ДОДАТКИ**

## Додаток А

## Основні показники лісового фонду Норвегії

Показник	Значення
Загальна площа країни, млн. га	32,4
Площа лісів, млн. га	12,0
Лісистість, %	41
Частка приватних лісів, %	62
Загальний запас деревини, млн. м <sup>3</sup>	512
Середній запас на 1 га, м <sup>3</sup>	62

## Додаток Б

## Облік лісових ресурсів у Північній Америці

**США**

Канада і США здійснюють НІЛ з використанням постійних пробних площ ще з 30-х рр. ХХ ст.

Таблиця 11 – Основні показники лісового фонду США

Показник	Значення
Загальна площа країни, млн. га	916,2
Площа лісів, млн. га	304
Лісистість, %	33
Частка приватних лісів, %	58
Загальний запас деревини, млн. м <sup>3</sup>	47088
Середній запас на 1 га, м <sup>3</sup>	155
Точність визначення площі, %	±0,0–0,191
Точність визначення запасу, %	±0,457

НІЛ з 1990 р. проводить лісова служба Міністерства сільського господарства. Інвентаризація базується на вибірковому методі – систематичній системі шестигранників. Пробні майданчики утворюють тракт з 10 пунктів таксації, що розташовані окремо з інтервалом 21 м. При цьому вони покривають площу 0,405 га (1 акр).

**Канада**

Показник	Значення
Загальна площа країни, млн. га	909,3
Площа лісів, млн. га	310,1
Лісистість, %	34
Частка приватних лісів, %	8
Загальний запас деревини, млн. м <sup>3</sup>	32983
Середній запас на 1 га, м <sup>3</sup>	106

З 2006 р. запроваджена нова методика проведення НІЛ. Територія країни поділяється на 15 екологічних зон. Пробні площі розміщені регулярно у складі кластерів, сітка має розмір (20 × 20 км). При цьому незалежні виконавчі проводять контроль 10 % пробних площ.

## Додаток В

## Дистанційне зондування Землі

Більшість приладів реєструє сонячне випромінювання, відбите від земного покриву, або власне випромінювання Землі в тепловому або мікрохвильовому діапазонах (*пасивне зондування*).

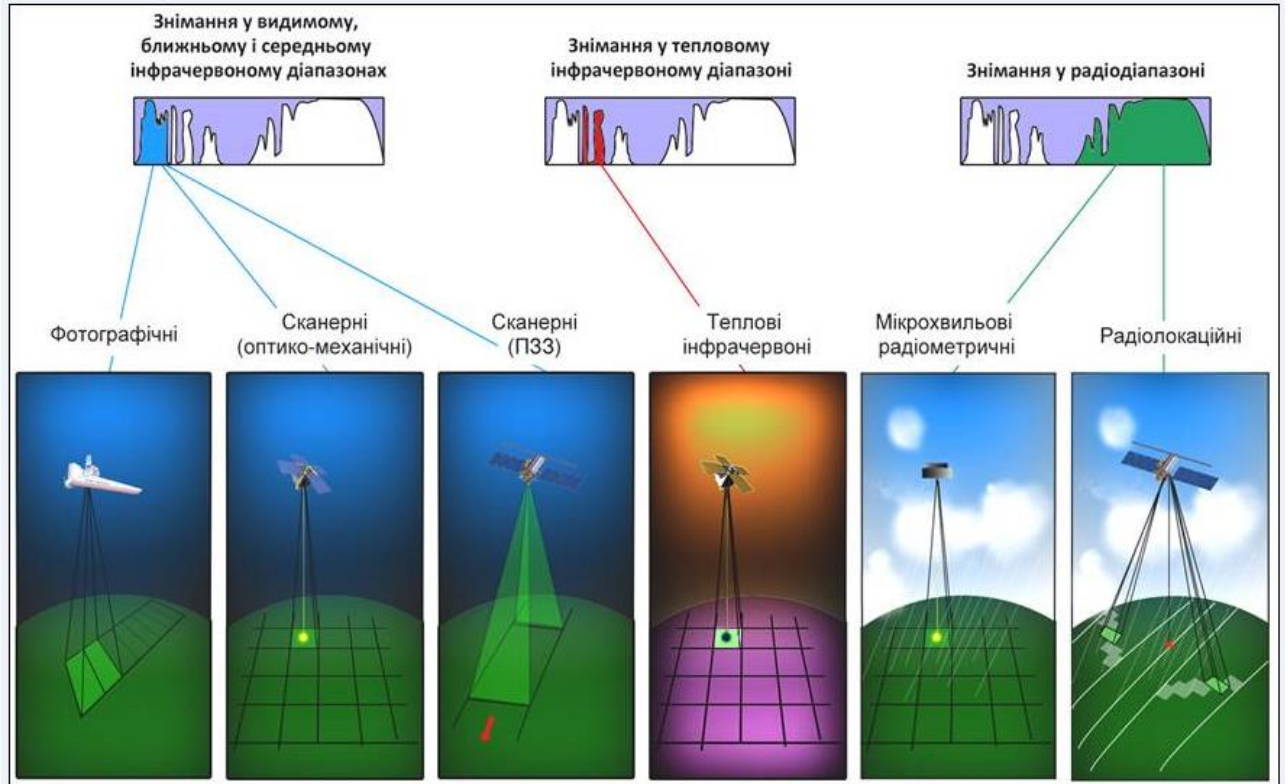
*Активне зондування* полягає в тому, що сам прилад посилає на земну поверхню у мікрохвильовій частині спектра. В окремих випадках застосовується лазерне зондування у видимій частині спектра, але його використання обмежується необхідністю потужного джерела енергії на борту.

## Характеристика дистанційних методів отримання просторових даних

Характеристика	Назва методів ДЗЗ	
	Пасивні	Активні
Принцип методу	ґрунтуються на вимірюванні природного теплового або відбитого сонячного випромінювання	передбачають використання штучних джерел випромінювання (насамперед лазерів) та реєстрацію відбитого випромінювання або флуоресценції об'єктів, що досліджуються
Позитивні моменти	помірна вартість	мала розбіжність лазерного випромінювання, що дає змогу переносити енергію на великі відстані; характеризуються більшою чутливістю та просторовим розділенням
Недоліки методу	залежність інформації, що реєструється, від спектральних характеристик та положення Сонця, метеорологічних і кліматичних умов, оптичних параметрів атмосфери та ґрунту.	висока вартість

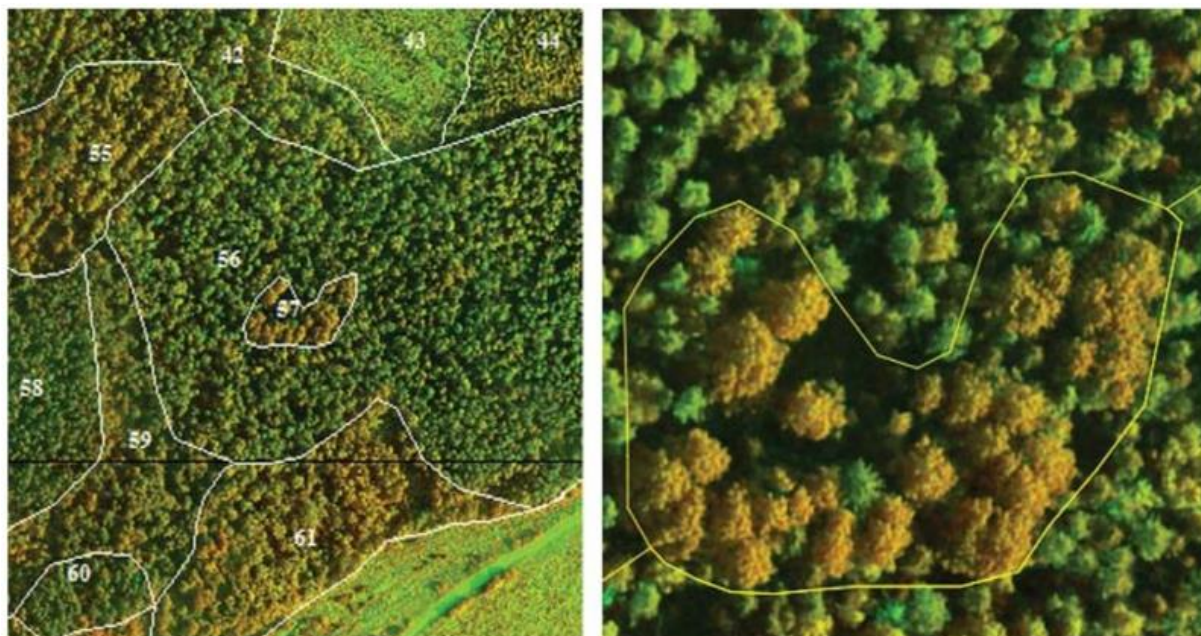
## Додаток Г

## Схема різних видів знімання

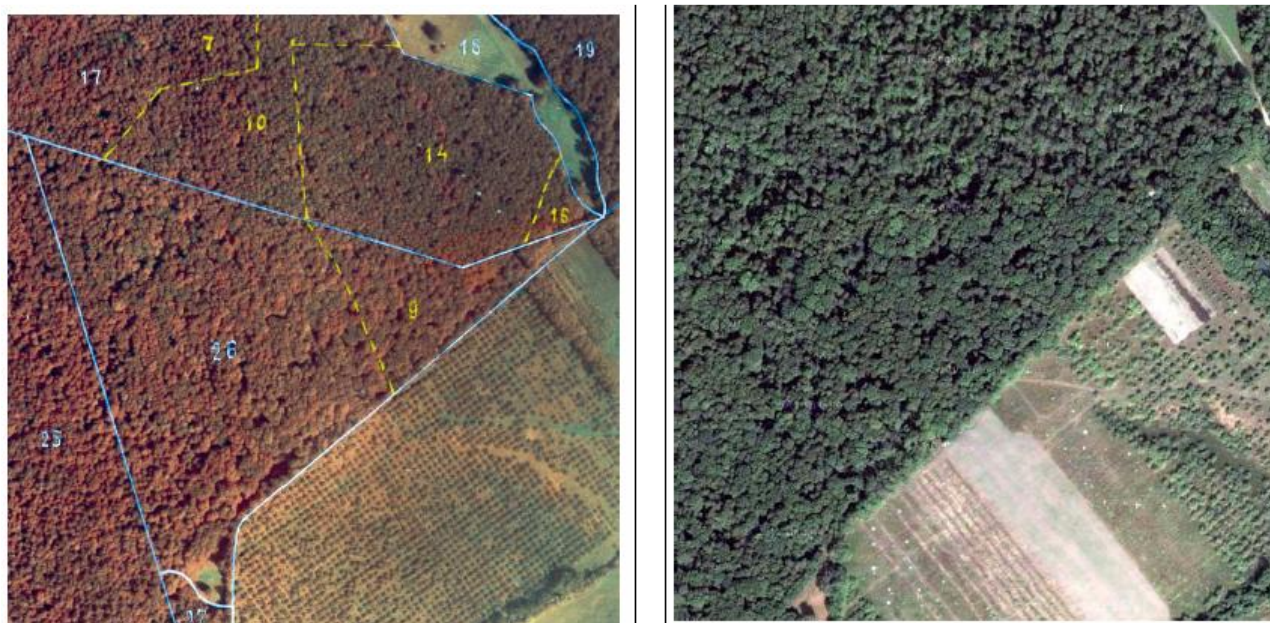


## Додаток Д

## Контурне дешифрування виділів



## Контурне дешифрування виділів і госпчастин



## Додаток Е

Фотоплан лісництва з кварталами і виділами  
(червоним позначені виділи, в яких будуть проводитися  
лісогосподарські заходи)

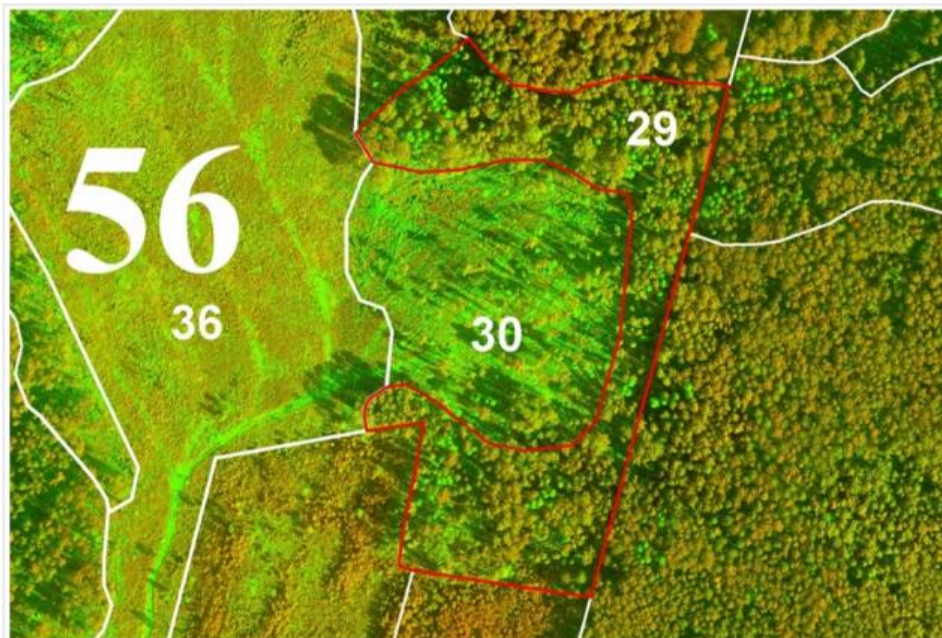


*М 1: 15000*



## Додаток Є

## Фотоплан лісотаксаційних виділів (фрагмент)



*M 1 : 2000*

Навчально-методичне видання  
(українською мовою)

Яковлева-Носарь Світлана Олегівна

## **ОСНОВИ ЛІСОІНВЕНТАРИЗАЦІЇ**

**Навчально-методичний посібник**  
для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра  
спеціальності «Лісове господарство»  
освітньо-професійної програми «Лісове та садово-паркове господарство»

Рецензент *І.В. Приступа*, кандидат біологічних наук, доцент  
Відповідальний за випуск *В.О. Лях*, завідувач кафедри садово-паркового  
господарства та генетики  
Коректор *С.О. Яковлева-Носарь*