

## ОГЛЯДОВА ЛЕКЦІЯ 3 «АЕРОКОСМІЧНИХ МЕТОДІВ»

**План:** 1.Предмет та завдання курсу. 2.Сучасний рівень застосування аеро- та космічних методів в лісовому господарстві України. 3.Електромагнітний спектр і зони, які використовуються для аерокосмічних зйомок. 4.Освітленість місцевості та оптичні властивості природних об'єктів. 5. Спектральні відбивальні властивості лісової рослинності. 6.Особливості аеро- та космофотознімання лісів. 7.Інформаційні властивості аерокосмічних знімків. 8. Морфологічна структура деревостанів. 9.Особливості дешифрування аерокосмічних знімків у лісовому господарстві. 10.Особливості використання аерокосмічних знімків в інвентаризації лісів. 11.Особливості використання аерокосмічних знімків при таксації лісів. 12. Загальні вимоги дешифрування. 13.Дешифрування аерокосмічних знімків як сучасна технологія. 14.Загальногеографічне і галузеве дешифрування та їх особливості. 15.Головні прийоми і засоби дешифрування аерофотознімків. 16.Аналітико-вимірвальне дешифрування матеріалів аерофотозйомки лісових угідь.

### 1.Предмет та задачі курсу.

Необхідність здійснення моніторингу лісів на великих територіях, як і пов'язаних з цим інших природоохоронних завдань, сприяли розвитку дистанційних методів отримання інформації про різноманітні процеси та явища. Величезні можливості відкрили космічні супутникові системи в забезпеченні достовірності, оперативності і періодичності вимірювань, пов'язаних із дослідженням стану лісового покриву та динаміки його змін. Космічне знімання з високим та надвисоким розрізненням дає можливість ідентифікувати окремі дерева, що дає змогу ефективно виконувати моніторинг лісів, замінивши аерофотознімання космічним зніманням.

Лісове господарство України ведеться на підставі лісового кодексу, прийнятого в 1999 р., а також з урахуванням інших нормативно-правових документів. У 2002 р. Уряд України прийняв Державну програму «Ліси України на 2002–2015». Пріоритетними напрямками Національної лісової стратегії проголошено:

- перевагу природоохоронного значення та необхідність раціонального використання лісових ресурсів;
- підвищення продуктивності та покращання породного складу лісових насаджень;
- підвищення стійкості лісових екосистем до негативних чинників, спричинених антропогенними порушеннями

та глобальними змінами клімату.

Успішне розв'язання цих вагомих завдань можливе на основі впровадження інноваційних методів отримання інформації про стан та динаміку змін лісових ресурсів, подальшого вдосконалення лісового моніторингу, методів прогнозу змін та забезпечення ефективного лісокористування.

Застосування аерокосмічних методів у лісовому господарстві є частиною більш широкої області знань - дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). ДЗЗ – це одержання інформації про різні об'єкти та динамічні процеси і явища як на поверхні Землі, так і в її надрах та атмосфері. Здійснюється ДЗЗ шляхом реєстрації відбитого або власного електромагнітного випромінювання на відстані, поза безпосереднім контактом<sup>1</sup>. Реєстрацію можна здійснювати за допомогою технічних засобів, які встановлені на повітряних або космічних носіях. Власне, аерокосмічні методи дослідження тісно пов'язані саме з такими технічними засобами<sup>2</sup>.

Фактично майже всі проблеми лісового господарства, зокрема, інвентаризація лісів, їхня охорона, боротьба з несанкціонованими вирубуваннями, екологічними порушеннями, вимагають актуальної та об'єктивної інформації про ліси. Топографічні карти поновлюють практично раз на десять років, та й вони не містять інформації, необхідної для ефективного ведення лісгосподарства. Якщо й отримуються оновлені дані про стан лісів, то на невеликі за обсягом території і мало доступні для користувачів. Саме тому найактуальнішими матеріалами для ведення лісового господарства є матеріали аерокосмічного знімання. Аерофотознімки при лісовпорядкуванні також використовують

<sup>1</sup> Дистанційні методи поділяються на два основних типи: *пасивні* й *активні*. *Пасивні* методи ґрунтуються на вимірюванні природного теплового або відбитого сонячного випромінювання. *Активні* методи передбачають використання штучних джерел випромінювання (насамперед лазерів) та реєстрацію відбитого випромінювання або флуоресценції об'єктів, що досліджуються. *Пасивні* методи мають певні обмеження: залежність інформації, що реєструється, від спектральних характеристик та положення Сонця, метеорологічних і кліматичних умов, оптичних параметрів атмосфери та ґрунту. *Активні* методи дають можливість зондувати об'єкт вузькою спектральною лінією, що разом з плавним перестроюванням частоти дає змогу збуджувати певні атоми й молекули. Перевагою цих методів є мала розбіжність лазерного випромінювання, що дає змогу переносити енергію на великі відстані. Вони також характеризуються більшою чутливістю та просторовим розділенням. Недоліком активних методів є висока вартість. Принципово можлива реєстрація індукції флуоресценції під час дистанційного зондування рослинних утворень; проблему попередньої адаптації в темряві можна вирішити шляхом лазерного опромінення рослинного покриву вночі. Сучасні методи дистанційного зондування передбачають використання різноманітної апаратури — від переносних приладів та платформ до авіаносіїв і супутників. Головними перевагами застосування методів ДЗЗ є: - по-перше, оглядовість, тобто можливість одержання одночасної інформації про великі території. - по-друге, можливість переходу від дискретної картини значень показників стану навколишнього середовища в окремих пунктах території до безперервної картини просторового розподілу показників. Окрім того, важливо, що можна отримувати інформацію про важкодоступні райони.

<sup>2</sup> Вже перші довоєнні спроби застосування аерофотознімання з метою інвентаризації лісів і вивчення умов для організації їхнього промислового використання показали, що навіть аерофотознімання є високоефективним технічним засобом, здатним різко прискорити процес вивчення лісового фонду і раціоналізувати процеси лісоінженерних вишукувань і проектувань. Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) з космічних і літальних апаратів на даному етапі є однією з пріоритетних космічних технологій, що широко розвивається в розвинених країнах світу, оскільки дозволяє вирішувати поставлені завдання в сотні і тисячі разів оперативніше і дешевше, ніж при застосуванні традиційних наземних методів. Нині за допомогою знімків із супутників можна здійснювати інвентаризацію сільськогосподарських угідь, створювати карти землекористування, стежити за станом посівів, моніторити стан лісової рослинності, природних і антропогенно спровокованих катастроф, здійснювати територіальне планування й керування муніципальним і міським господарствами. Важливою тенденцією використання інформації ДЗЗ сьогодні є пов'язана з нею комерційна діяльність: поширення даних зображень, надання послуг з інтерпретації різних видів обробки інформації, торгівля програмним забезпеченням тощо. Ринок ДЗЗ у світовому масштабі становить близько 3 мільярдів доларів.

для безпосередньої таксаційної характеристики насаджень. Для організації і ведення лісогосподарського і лісопромислового виробництва необхідно визначати цілу низку характеристик лісу стосовно кожної окремої ділянки, а саме: склад порід дерев, середні діаметри, висоту і вік, повноту, запас і якість деревини, тип лісу або тип умов місцезнаходження (охарактеризувати підріст, підлісок, ґрунтовий покрив, відзначити особливості зростання і розвитку деревостанів, стан лісу, намітити конкретні заходи з догляду за лісом і рубки лісу, лісовідновленню, охороні лісу від пожеж і шкідників і ряд інших). Роль аерофотознімання (а сьогодні космічного знімання) в проектно-пошуковій справі особливо велика. Ще на стадії підготовки до пошуків, матеріали аерофотознімання дозволяють розробити схему транспортного використання лісових масивів і визначити оптимальний напрям магістралі і під'їзних гілок у лісовому масиві.

Отже, *предмет* даної навчальної дисципліни походить із специфіки як сучасних методів ДЗЗ, так і з різноманітних аспектів і напрямів їхнього застосування у лісовому господарстві. Власне, можна говорити не про окрему науку, або науковий напрямок під назвою «аерокосмічні методи у лісовому господарстві», а про *сучасну технологію* здійснення традиційних наукових, проектних та практичних процедур у цій галузі: дослідження динамічних змін та стану лісів; запобігання несанкціонованих вирубок, заходів з лісовідновлення, збалансованого лісокористування, створення полезахисних смуг та захисних насаджень для запобігання ерозії ґрунтів, захисту лісів від пожеж, шкідників та захворювань та ін.

Взагалі ж за допомогою аерокосмічних методів здійснюються такі види лісових аерозискань і проектування, які, власне, відповідають головним *задачам* застосування аерокосмічних методів у лісовому господарстві: *аеровізуальні обстеження і аеротаксація лісів, лісоінвентаризація, проектування заліснення пісків і ярів, комплексні пошуки для проектування лісозаготівельних і лісосплавних підприємств, патрулювання лісосплаву, проектування лісоосушувальної меліорації, пошуки для лісозведення і лісоочищення в зонах затоплення, де будуються ГЕС та ін.*

## **2. Сучасний рівень застосування аеро- та космічних методів в лісовому господарстві України.**

Сучасні проблеми у лісовому господарстві зумовлюють наступні головні напрямки застосування аерокосмічних методів:

- 1) сучасні аерокосмічні знімальні системи, використовувані для аналізу стану лісів;
- 2) сучасні підходи до визначення інформативності аерокосмічних зображень;
- 3) математичні методи оброблення інформації для класифікації зображень;
- 4) методи та підходи створення ГІС-систем;
- 5) обґрунтування пріоритетних напрямків розвитку методів оцінки стану та динаміки розвитку лісів.

У зв'язку з загостренням екологічних проблем, як і нерационального стихійного ведення лісового господарства, в останні десятиліття спостерігається значний інтерес до моніторингу лісів. Основними етапами моніторингу лісів з використанням аерокосмічної інформації є такі:

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

Визначення багатьох характеристик стану лісів, таких, як вид порід, вікових характеристик, ділянок захворюваності лісів, екологічного стану, у світовій практиці реалізується на підставі застосування багато- та гіперспектральних знімальних систем.

Важливою ланкою у використанні аерокосмічних методів є використання ГІС-технологій, які дають змогу здійснити інтеграцію і сумісний аналіз даних різного формату і масштабу. Важливим є зіставлення результатів досліджень стану лісів за різні періоди, наприклад 80-ті роки минулого століття і сучасні дані. Розвиток геоінформаційних систем і методів дистанційного зондування забезпечують вихід моніторингу лісів на якісно новий рівень для розв'язання різних задач оцінювання стану лісів та лісогосподарської діяльності. Особливої актуальності набуває оцінювання несанкціонованих вирубок та проектування розчисних смуг.

*Перспективи застосування аерокосмічних методів* у лісовому господарстві полягають у наступному:

1. Широкі можливості для інноваційних методів лісогосподарської діяльності надає отримання інформації з багатоканальних та гіперканальних аерокосмічних систем із застосуванням відповідних статистичних методів.
2. Перспективним напрямком подальших досліджень є розробка моделей та методів оцінювання інформативності гіперспектральних систем.
3. Актуальним залишається створення бібліотек спектральних характеристик об'єктів.
4. Впровадження в лісогосподарську практику ГІС-технологій, що посприяє модернізації системи управління моніторингом лісів з метою вивчення динаміки їх розвитку та стану.
5. Перспективними напрямками виконання моніторингу лісів є застосування лазерних та радіолокаційних знімальних систем, а також використання безпілотних літаків.
6. Об'єктом лісогосподарської діяльності є лісова екосистема – складний живий організм, яка має географічні закономірності функціонування та розвитку. Знання цих закономірностей та їхнє врахування в практичній діяльності є необхідною умовою розвитку лісового господарства України.

## **3. Електромагнітний спектр і зони, які використовуються для аерокосмічних зйомок.**

Можливість дослідження Землі з космосу ґрунтується на залежності між властивостями земних об'єктів і характеристиками електромагнітного випромінювання. Відомо, що всі природні і штучні земні утворення випромінюють електромагнітні хвилі, що містять як власне випромінювання, так і відбите від об'єктів сонячне

випромінювання. Довжина електромагнітних хвиль може бути різноманітною. У межах спектра ЕМ хвилі різних випромінювань займають визначені ділянки. Принципового розходження між окремими випромінюваннями немає. Спектр безперервний, межі між різними частинами ЕМ спектра неточні, спостерігаються сильні перекриття сусідніх ділянок.

З усієї різноманітності видів випромінювань найбільші значення для ДМ має так званий *оптичний діапазон*, у якому основним джерелом енергії є Сонце. Довжини хвиль оптичного випромінювання розташовуються в діапазоні від  $10^{-8}$  до  $3,4 \cdot 10^{-4}$  м, що включає області УФ видимого і ІЧ - випромінювань (УФ менше 0,4 мкм, видимий 0,4-0,75 мкм, ІЧ 0,75-1 мм, радіодіапазон 1 мм-10 м - діапазони, що виділяються в оптичній частині спектра) (табл.1, рис.1).

Таблиця 1.

Характеристики спектральних діапазонів та зон їх кольорів	
Область спектру / Зона його кольору	Ширина області спектру / довжина хвиль
1	2
Видима область (мкм) зони кольорів:	
Фіолетова	0,39-0,45
Синя	0,45-0,48
Блакитна	0,48-0,51
Зелена	0,51-0,55
Жовто-зелена	0,55-0,575
Жовта	0,575-0,585
Помаранчева	0,585-0,62
Червона	0,62-0,80
Область ІЧ випромінювання: мм	
ближня	0,80-1,5
середня	1,5-3,0
дальня	>3,0
Радіохвильова область (см)	
X	2,4-3,8
C	3,8-7,6
L	15-30
P	30-100

У УФ діапазоні виділяють:

- 1) ближній (0,3-0,4 мкм) УФ-діапазон;
- 2) середній (0,2-0,3 мкм) УФ-діапазон;
- 3) далекий (менше 0,2 мкм) УФ-діапазон.

Видиме світло, тобто світло, яке сприймається людським оком, лежить у діапазоні 0,39-0,8 мкм.

Діапазон ІЧ випромінювання розділяють на:

- ближній (0,75-1,5 мкм) ІЧ-діапазон;
- середній (1,5-3 мкм) ІЧ-діапазон;
- далекий (3-1000 мкм) ІЧ-діапазон.

У радіодіапазоні виділяють мікрохвильовий діапазон (1-10000 мм), у якому в свою чергу можна виділити радіотепловий або НВЧ - діапазон (3 мм-30 см).

У *ближньому* ІЧ-діапазоні реєструється відбите земною поверхнею сонячне випромінювання; в *середньому і далекому* ІЧ-діапазонах - власне теплове випромінювання земної поверхні (теплова зйомка).

Видима і ІЧ-області спектра є найбільш освоєними областями, широко використовуються та дають найбільшу кількість інформації про різні об'єкти. Основні недоліки вимірів у цих областях - значна залежність результатів від перешкод і виконання зйомки тільки при вимірах у тепловій ІЧ-області. *Перевагою є можливість реєстрації температури природних утворень і виконання зйомки вночі, недоліками є поглинання випромінювання аерозолями і менша чутливість результатів до змін фізико-хімічних характеристик об'єктів.*

*Перевага зйомки у радіодіапазоні - можливість дослідження значних товщ земної поверхні, велика чутливість результатів вимірів до геометричних характеристик поверхонь, до утримання вологи в ґрунті; незалежність вимірів від метеоумов і впливу атмосфери. Недоліком є менша кількість інформації про природні ресурси.*

Найбільш оптимальними умовами зйомки, що дозволяють одержати різноманітну інформацію про природні ресурси, є вимір відбитої або власної радіації земної поверхні одночасно в декількох спектральних діапазонах, тобто використання *багатоспектрального методу дослідження*.

Щодо спектрального інтервалу видимості людського ока, то він не має принципових відмінностей від прилеглих до нього більш довгих чи більш коротких діапазонів електромагнітних хвиль та є лише частиною загального спектру випромінювання.

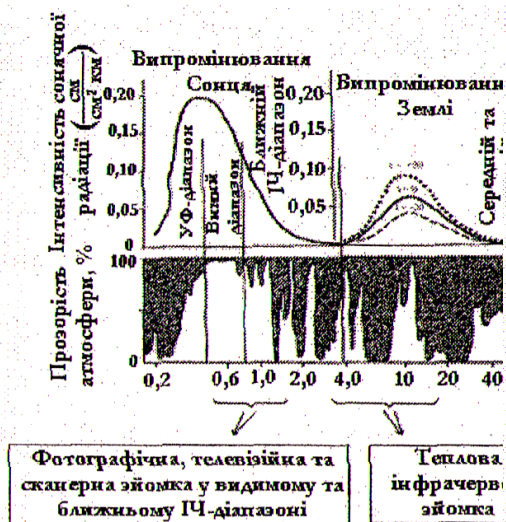


Рисунок 23 - «Ві 1 а про та діапазони зй

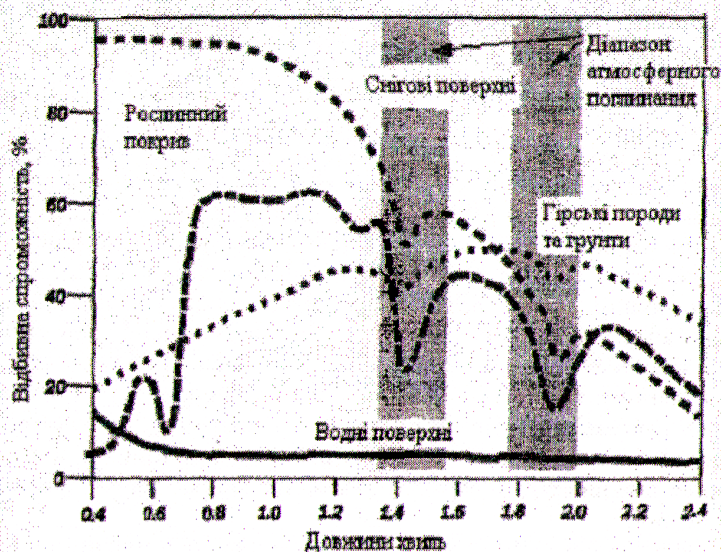


Рисунок 24 - Спектральна відбивна здатність основних класів природних об'єктів (сірим кольором вказані зони атмосферного поглинання)

Максимальне значення так званої функції видимості людського ока відповідає довжині хвилі, що дорівнює  $0,556 \mu\text{м}$  та відповідає жовто-зеленому кольору видимої ділянки спектра. Звідси й сприйняття нами кольору. В залежності від того, яка довжина хвилі, такий колір ми сприймаємо.

#### 4. Освітленість місцевості. Оптичні властивості природних об'єктів.

Зйомка з космосу ведеться через товщу атмосфери, що викликає ускладнення різного характеру: вплив хмарності, яка екранує, поглинання променів певних довжин хвиль атмосферою, розсіювання променів, вплив атмосферного шлейфу тощо. Після взаємодії з об'єктом відбите випромінювання повинно пройти крізь атмосферу вдруге, щоб досягти супутника. Відбите випромінювання характеризує здатність об'єкту відбивати його, яка представлена значеннями спектральної платності енергетичної яскравості, яку вимірюють за допомогою дистанційного датчика. Отримані в результаті величини переводяться в дискретні безрозмірні цифрові значення, що відповідають характеристикам відбивної здатності, які називають коефіцієнтом спектральної яскравості — коротше спектральною яскравістю.

Кожен об'єкт в ландшафті має свою спектральну яскравість. Дослідник Кринов Є.Л. розділив усі природні об'єкти на 4 класи, кожен з яких відрізняється кривою спектральної яскравості (рис.2):

1 клас - гірські породи та ґрунти - характеризуються збільшенням спектральних яскравостей по мірі наближення до червоної області спектру.

2 клас — рослинний покрив - максимум відбивної здатності у зеленому, мінімум - у червоному діапазоні.

3 клас - водні поверхні - характеризуються монотонним зменшенням відбивної здатності від синьо-фіолетової та червоної зон спектру, оскільки зі збільшенням довжини хвилі вони сильніше поглинаються водою.

4 клас - снігові поверхні та близькі до них хмари - мають найбільш високі значення спектральної яскравості з невеликим їх зниженням в ближній ІЧ зоні. Проходячи через атмосферу, сонячне випромінювання частково розсіюється атмосферними газами й аерозольними домішками, частково ж воно поглинається і переходить у теплоту, що нагріває атмосферу. Нерозсіяна і непоглинута в атмосфері пряма сонячна радіація досягає земної поверхні, частково відбивається нею, а більша частина поглинається і нагріває її. У результаті поглинання і розсіювання випромінювання в атмосфері сонячна радіація зменшується, зменшується її спектральний склад, тому що промені різних довжин хвиль поглинаються і розсіюються в атмосфері по-різному. *Короткохвильова частина випромінювання Сонця* (від 0 до 300 нм {в 1 мм – 1 000 000 нанометрів}) розсіюється або поглинається в верхніх шарах атмосфери, а радіохвилі довжиною понад 20-30 м екрануються іоносферою. Тому для ДМ практичний інтерес являє область 300 нм- 20 м. У цій області сонячна радіація розподіляється нерівномірно: майже 95% усієї енергії, що випромінюється Сонцем, зосереджено у діапазоні 300-2400 нм. Близько 99% сонячної радіації знаходиться в діапазоні 150-4000 нм. Максимум сонячної енергії зосереджено поблизу довжини хвилі 500 нм.

Для ультрафіолетового випромінювання атмосфера непрозора. З переходом до довгохвильової частини зустрічаються ділянки спектра - вікна прозорості, де коефіцієнт прозорості достатньо великий, хоча й не завжди дорівнює одиниці. Найбільш практичне значення в оптичній ділянці спектра мають вікна прозорості, що охоплюють увесь видимий діапазон та окремі ділянки у ІЧ діапазоні (3-5 мкм та 8-12 мкм). *Міліметрові радіохвилі*, як і більш короткі хвилі, підлягають молекулярному поглинанню в газах. В міліметровому діапазоні існує декілька вікон прозорості. Найбільше значення мають вікна прозорості на довжині хвилі 8,6 мм. Молекулярне поглинання перестає бути помітним за довжин хвиль більше 1-2 см. Міліметрові хвилі, так як і світлові, поглинаються туманом, дощем, градом та снігом. Лише сантиметрові хвилі довжиною більше 3-5 см починають вільно проходити крізь них. Хвилі дециметрового діапазону вже безперешкодно проходять всю товщу атмосфери незалежно від хмарності. Зі збільшенням довжин радіохвиль посилюється їх відбивна здатність від іонізованих товщ атмосфери і декаметрові

хвилі більше 10 м вже не можуть пройти крізь іоносферу. Для хвиль цих довжин атмосфера непрозора. Спектральне пропускання атмосфери може змінюватись за величиною залежно від стану атмосфери та ширини вікон прозорості<sup>3</sup>.

Для сонячного світла розрізняють два види димки, в основу яких покладений принцип походження розсіяних часток, що розсіюють «*блакитний*» шлейф. Він утворюється в результаті розсіювання сонячного світла молекулами газів, що складають атмосферу. Короткохвильові промені (синьо-фіолетові) видимого спектра розсіюються інтенсивніше довгохвильових, і серпанок при молекулярному розсіюванні має блакитний відтінок. Інший вид серпанку - «*сірий*» серпанок утворюється в результаті аерозольного розсіювання сонячних променів частками води, пилу, диму, що знаходяться в атмосфері<sup>4</sup>.

### 5. Спектральні відбивальні властивості лісової рослинності.

Лісова рослинність складається з різних видів рослин та їхніх угруповань (фітоценозів), які разом з ґрунтами складають рослинний покрив. *Рослинний покрив* — це комплексне поняття, що включає в себе ґрунт у сукупності з рослинним угрупованням та приповерхневим шаром атмосфери.

Є кілька гіпотез щодо механізмів відбивання оптичного випромінювання від окремого листка: одна з них пояснює процес відбивання на основі повного внутрішнього відбиття від межі клітини з повітряним проміжком тканини мезофіла; інша ґрунтується на припущенні дифузного розсіювання світла на клітинних мікро-фібрилах. Сучасні уявлення про механізми відбивання оптичного випромінювання від листка базуються на твердженні, що і дифузне, й дзеркальне відбиття мають місце; характер відбивання залежить від довжини світлової хвилі, кута падіння, структури поверхні листка, наявності листяних волосків, поверхневого воску, режиму живлення та впливу зовнішніх факторів.

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

На відбивальні характеристики поодинокого листка впливають такі фактори як рівень пігментації (високим концентраціям хлорофілу, наприклад, відповідають низькі значення коефіцієнта відбивання), положення листка на певному ярусі рослини (старіші за віком листки демонструють більше відбивання), бік листка (верхня частина листка містить більше хлорофілу, ніж нижня). Крім того, на відбивання листка впливають різноманітні стресові ситуації, зокрема:

*Дегідратація (нестача води).* Максимуми відбивання листка при 1,65 і 2,20 мкм, пов'язані зі смугами поглинання води і обмежені мінімумами при 1,45 і 1,95 мкм, можуть бути використані для оцінки впливу вмісту води.

*Температура.* Вплив температури можна оцінити за максимумами, що мають відношення до поглинання води в області від 1,35 до 2,50 мкм; крім того, смуги при 1,65 або 2,20 мкм можна використати для аналізу впливу низьких температур: замерзання листка призводить до порушення напівпровідності клітинних мембран, заповнення міжклітинного простору рідиною, збільшення кількості розсіювання світла і зменшення відбивання.

*Сольовий режим.* В умовах сольового стресу відбувається пригнічення клітинного поділу, вповільнення швидкості росту клітин; саме через це листки демонструють більш компактну клітинну упаковку і відповідно — менше відбивання.

*Дефіцит поживних речовин.* Нестача азоту впливає на концентрацію пігментів та колір листка і, отже, на відбивання листка. Дефіцит заліза також впливає на відбивальні властивості листка; на рис.3 наведено спектри відбивання нормального і вирощеного в умовах дефіциту заліза листків.

*Озон.* Під впливом озону на листку виникають некротичні ділянки, позбавлені води. Інтенсифікація дії озону призводить до відповідного збільшення відбивання.

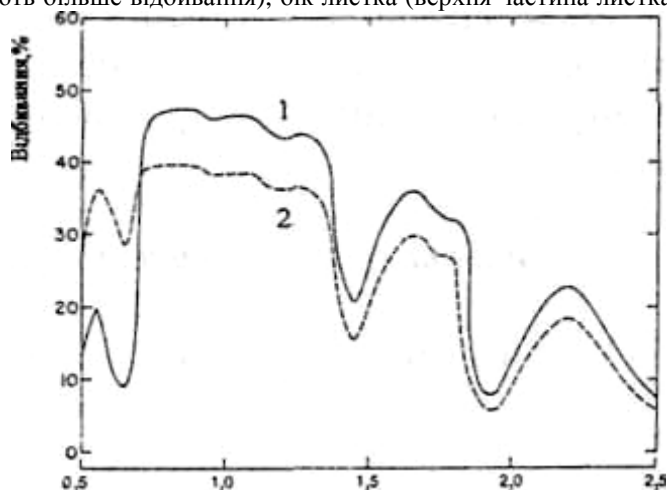


Рис. 3. Характер спектра відбивання зеленого листка в умовах: 1 — нормального постачання поживних речовин; 2 — дефіциту заліза

<sup>3</sup> Якби атмосфера складалася з одних газів, то вона була б дуже прозорою і дальність видимості світлого часу доби була за розміром постійною і досить великою - 250-300 км. Але в атмосфері крім основних газів міститься водяна пара, а також велика кількість пилу, димових часток, мікроорганізмів і т.д., з якими і зіштовхуються сонячні промені і розсіюються в усіх напрямках, втрачаючи біля 20 % своєї енергії. Особливо сильне розсіювання відбувається в приповерхневому шарі Землі, де спостерігається найбільша концентрація водяної пари і часток. Розсіяне в атмосфері світло при значній її товщині створює враження світіння повітря, що одержало назву *атмосферного або повітряного шлейфу*.

<sup>4</sup> Зі збільшенням розмірів розсіяних часток, закон молекулярного розсіювання порушується, починають розсіюватися й інші промені видимої ділянки спектра. Зазвичай його називають «сірим» шлейфом, тому що він розсіює усі видимі промені однаковою мірою. Зі збільшенням висоти в атмосфері переважає молекулярне розсіювання, що відрізняється значною сталістю, у приземному ж шарі відбувається аерозольне розсіювання, що схильне змінюватись в часі і просторі.

*Відбивальні властивості рослинного покриву.* Рослинний покрив можна представити як багатошарову систему (рис.4.). Кожний листок відбиває приблизно 50% і пропускає приблизно 50% оптичного випромінювання. Далі взаємодія випромінювання, що пройшло крізь перший шар, з другим шаром також призводить до поділу оптичного випромінювання на дві частини; процес триває в кожному шарі. Отже, ефективне відбивання оптичного випромінювання від рослинного покриву принципово відрізняється від ситуації, властивій одному листку.

*Вплив різних факторів на відбивання рослинного покриву.* Відбивальні властивості рослинного покриву залежать від геометрії покриву (площі та орієнтації листя, кількості листяних шарів), типу рослин, що утворюють покрив. Крім того, значно впливають метеорологічні та кліматичні умови, висота стояння Сонця, наявність хмар, пилу, аерозолей та забруднень в атмосфері, тип і спектральні властивості ґрунту, агрохімічна обробка полів. Тому ефективне відбивання рослинного покриву характеризується більш контрастною смугою відбивання в області 750-<sup>^</sup>-1350 нм порівняно з спектром відбивання поодинокого листка.

### **6. Особливості аеро- та космофотознімання лісів.**

Сучасний етап розвитку моніторингу лісів для формування стратегії раціонального лісокористування й захисту навколишнього середовища передбачає обов'язкове використання методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та геоінформаційних систем (ГІС). Технології ДЗЗ відкривають можливість оцінки стану лісів, включаючи визначення структури насаджень, виявлення великомасштабних змін в лісах через вплив пожеж, вирубок й інших чинників, оцінку стану лісової рослинності. Оцінка стану лісів за даними ДЗЗ здійснюється методами вирішення зворотних задач: за даними багатоспектральних космічних знімків оцінюються параметри стану природних об'єктів – об'єм зеленої фітомаси, вологість та ін. Теоретичною основою інтерпретації космічних знімків є функціональний опис взаємодії полів випромінювань з природними системами у вибраних спектральних каналах.

Оцінка стану лісів з використанням даних дистанційного зондування Землі із космосу складається із таких загальних етапів:

- отримання, накопичення і попередня обробка видової космічної інформації;
- отримання і накопичення наземної завіркової інформації, яка містить лісотехнічні параметри;
- сумісна обробка космічної та наземної інформації із застосуванням ГІС-технологій та програмних продуктів.

Сучасні концепції супутникового моніторингу виділяють глобальний, континентальний, регіональний та локальний рівні спостереження (дистанційної оцінки стану досліджуваної поверхні), що різняться функціональними задачами, територіальним охопленням, а також вимогами до просторової й тематичної детальності інформації. В Україні ліси займають біля 90 тис. км<sup>2</sup>, що становить близько 15% всієї території держави, але великих територій (тисячі квадратних кілометрів) із суцільною однорідною лісистістю нема. Тому для моніторингу лісів України доцільно використовувати регіональний та локальний рівні спостереження з просторовими даними середнього й високого розрізнення 5–50 м. Особливістю регіонального моніторингу є необхідність комбінованого використання багатоспектральних супутникових даних неоднакового просторового розрізнення.

Розвиток геоінформаційних технологій та техніки космічної зйомки дає значно ширші можливості цільового застосування супутникових даних ДЗЗ щодо інформаційного забезпечення управління лісокористуванням. В основі існуючих методів використання супутникових зображень для виявлення змін у лісах, у тому числі у наслідок вирубок, лежать знання особливостей спектрального відбивання різними компонентами лісових екосистем, а також зв'язків між змінами їх спектрально-відбивальних властивостей. При цьому слід враховувати, що до відмінностей цих властивостей можуть приводити й інші, не зв'язані із змінами лісів фактори, такі як фенологічний стан рослинності, атмосферні умови, геометричні умови, освітлення й спостереження, рельєф місцевості та деякі інші особливості.

У видимому й ближньому інфрачервоному діапазоні зосереджено 95 % енергії сонячної радіації, яка здійснює опромінення («під світку») наземних природних й антропогенних компонентів ландшафту, а потужність відбитого від них сонячного випромінювання вдень значно перевищує їх власне теплове випромінювання. Вдень наземні компоненти геосфери опромінюються прямим сонячним випромінюванням, яке ослаблюється атмосферою та об'ємно-розсіяним випромінюванням атмосфери. Сумарне відбите від елементарної ділянки наземної поверхні випромінювання та об'ємно-розсіяне випромінювання атмосфери, яке діє і в напрямку оптичного приладу, реєструється на борту космічного апарата й утворює результуючу яскравість пікселя цифрового зображення. Друга складова разом із тепловим випромінюванням є завадою, яка погіршує відношення сигнал / шум в елементарному інформаційному каналі знімальної апаратури й спотворює зображення. Якщо атмосфера непрозора, то проводити космічну зйомку в оптичному діапазоні нема сенсу. Якщо атмосфера досить прозора, то друга (завадова) складова яскравості пікселя невелика і її можна не враховувати. Природні й антропогенні об'єкти відбивають сонячну радіацію певним, характерним тільки для них, чином, тому вимірювання кількісних характеристик багатоспектрального електромагнітного поля випромінювання є основою їх дистанційного дослідження.

Оцінка абсолютного значення коефіцієнта відбивання підстильної поверхні за даними ДЗЗ проблематично, тому для дешифрування матеріалів космічної зйомки частіше застосовують відносні похідні ознаки на основі багатоспектральних даних. Найбільш інформативні для характеристики рослинності дані червоної та ближньої інфрачервоної зони спектра оптичного випромінювання. У червоній області спектра (довжина хвилі  $\lambda = 0,62-0,76$  мкм) лежить максимум поглинання сонячної радіації хлорофілом, а в ближній інфрачервоній області ( $\lambda = 0,76-1,3$  мкм) знаходиться область максимального відбивання кліткових структур листя. Висока фотосинтезуюча активність рослин приводить до збільшення їх фітомаси. Кількість фітомаси на одиницю площі, що попадає у межі елемента розрізнення (пікселя), залежить від щільності рослин та фенологічної фази їх розвитку. Із ростом фітомаси й

щільності рослинності значення її яскравості зростають у ближній інфрачервоній зоні й зменшуються у червоній. Двовірний простір спектральних ознак яскравості пікселів рослинності у вказаних зонах утворює характерну область, яка за формою нагадує трикутник. Нині дослідження стану рослинності найчастіше здійснюють за допомогою так званих карт нормалізованого диференційного вегетаційного індексу *NDVI* [англ. Normalized Difference Vegetation Index – нормалізований диференційний вегетаційний індекс]:  $NDVI = (B_{БІЧ} - B_{ЧВ}) / (B_{БІЧ} + B_{ЧВ})$ , де:  $B_{БІЧ}$  – значення яскравості піксела у ближній інфрачервоній зоні спектру ( $\lambda = 0,76 \dots 1,3$  мкм);

Значення нормалізованого диференційного вегетаційного індексу *NDVI* для цифрових знімків поверхні Землі змінюється у межах від  $-1$  до  $+1$ , що зручніше для зберігання в комп'ютері та аналізу. Для зеленої рослинності  $NDVI > 0$  й чим більше зелена фітомаса, тим ближче до  $+1$  значення *NDVI*. На значення вегетаційних індексів впливає не тільки рівень фітомаси, а й вид рослинності, кут візування, колір ґрунтів та ін. Тому для знімків різних регіонів й умов зйомки необхідно розраховувати окремий нормалізований диференційний вегетаційний індекс *NDVI*.

Іншою відносною опосередкованою ознакою стану рослинності є нормалізований диференційний індекс вологовмісту *NDWI* [англ. Normalized Difference Water Index], який розраховується за формулою  $NDWI = (B_{БІЧ} - B_{СІЧ}) / (B_{БІЧ} + B_{СІЧ})$ , де:  $B_{СІЧ}$  – значення яскравості піксела у середній інфрачервоній зоні спектру ( $\lambda = 1,3 \dots 3,0$  мкм).

Найбільший в Україні архів знімків з космічних апаратів ДЗЗ «Landsat-7», «Spot-5» та деяких інших має Державний науково-виробничий центр «Природа» ([www.pryroda.gov.ua](http://www.pryroda.gov.ua)). Ціни на космічні знімки та замовлення космічної зйомки в центрі «Природа» одні із найнижчих в Україні.

Завдання розпізнавання типів підстильної поверхні та видового складу лісової рослинності на багатоспектральних цифрових космічних знімках середнього просторового розрізнення здійснюють автоматично з використанням сучасних комерційних програмних засобів (наприклад ERDAS Imagine) за методом класифікації з навчанням. На *рис.8* наведена структурно-логічна схема операцій сумісної обробки різномасштабних багатоспектральних супутникових й наземних даних для оцінки стану лісів з використанням ГІС-технологій.

Таблиця 4.

#### Характеристики знімальної апаратури космічних апаратів ДЗЗ

Космічний апарат (рік запуску) / знімальна камера	Висота польоту КА, км	Спектральний діапазон, мкм	Просторове розрізнення, м	Ширина смуги зйомки, км	Ширина смуги захоплення, км
Landsat-7 (1999 р.) / ETM+	703/701	0,51 ...0,89	панхр. 15	185	-
		0,45 ...0,51	30	185	-
		0,51 ...0,6	30	185	-
		0,63 ...0,69	30	185	-
		0,77 ...0,89	30	185	-
		1,55 ...1,75	30	185	-
		2,06 ...2,35	30	185	-
Spot-5 (2002 р.) /HRG	826/824	0,49 ...0,69	панхр. 5,0	60	475
		0,5 ...0,59	10	60	475
		0,61 ...0,68	10	60	475
		0,78 ...0,89	10	60	475
		1,58 ...1,75	20	60	475
Січ-2 (2009 р.) /МСУ ССИК	~668	0,58 ...0,88	панхр. 7,8	46,6	500
		0,5 ...0,59	7,8	46,6	500
		0,6 ...0,68	7,8	46,6	500
		0,78 ...0,88	7,8	46,6	500
		1,55 ...1,7	39,5	55,3	500

Часто після вирубок й пожеж виникають вторинні дикоростучі ліси переважно листвяних й змішаних порід, тобто частка чистих хвойних насаджень зменшується. Слід зазначити, що значення спектральних індексів хвойної рослинності може виступати як чутливий індикатор їх стану. Це пояснюється тим, що хвойні насадження не піддаються сезонній дефоліації. Тому в умовах підвищення рівня забруднення навколишнього середовища хвойні насадження акумулюють у вегетативних органах значно вищий рівень шкідливих речовин, що проявляється у зниженні рівня хлорофілу та вологовмісту, і, як наслідок, у вищому рівні пригнічення.

Видові супутникові дані високого просторового розрізнення 0,6–1,0 м (космічні апарати ДЗЗ «Ikonos-2», «Quick Bird-2», «Orbview-3», «Ресурс-ДК», «Ikonos-2», «EROS-B» та ін.) можна використовувати для створення детальних лісових карт та детальної класифікації порід лісових насаджень, у тому числі й за основними геометричними ознаками: формою й контурами крони, тіні, структурою й текстурою зображень.

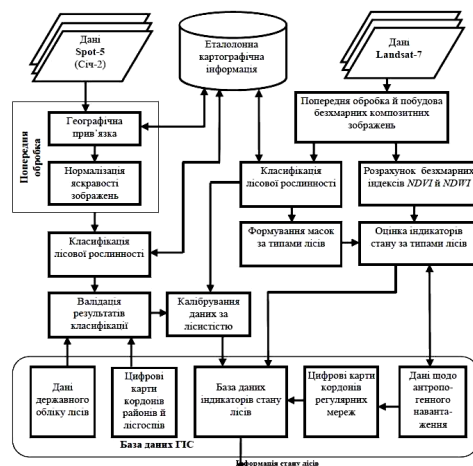


Рис. 8. Структурно-логічна схема операцій оцінки стану лісів з використанням супутникових даних і ГІС

### 7. Інформаційні властивості аерокосмічних знімків.

Накопичений десятиліттями досвід аерокосмічних методів для вивчення Землі привів до висновку, що найбільш змістовною є інформація, отримана у формі полів яскравості, тому за основу всіх матеріалів дистанційного зондування приймемо *знімок*: двовимірне зображення реальних об'єктів, яке отримане по відомих геометричних і фотометричних законах шляхом дистанційної реєстрації варіацій яскравості об'єктів і призначене для виявлення, визначення просторового розташування і дослідження видимих і прихованих об'єктів, явищ і процесів навколишнього світу за допомогою дешифрування і вимірів. Ефективне використання матеріалів зйомки як інформації у лісовому господарстві пов'язано з наступними перевагами аерофото- (АФЗ) і космічних (КЗ) знімків:

- оглядовістю, що важливо для регіональних лісоінвентаризаційних оцінок поширення структури лісових екосистем і взаємин з іншими системами;
- різномасштабністю знімків з дозволом від 1-2 до 1-2 км., що дозволяє аналізувати і картографувати древостани різних таксономічних рівнів;
- різночасністю знімків, необхідною для вивчення добової і сезонної ритміки, а також динаміки древостанів, що сприяє надійності прогнозування;
- різноманітністю знімків по типах і спектральних діапазонах, яке дозволяє отримувати багатопланову інформацію про параметри і характеристики лісів.

### 8. Морфологічна структура древостанів.

Лісове співтовариство — це високоорганізована система зі своєю морфологічною структурою. Морфологічними показниками, специфічними для лісових древостанів, служать:

- 1) чисельність особин на одиницю, тобто їх густина;
- 2) тип взаємного розміщення індивідів;
- 3) видовий склад і вікова структура;
- 4) зв'язаність або ступінь сегрегації особин різних видів або віків;

5) вертикальна структура співтовариства або вертикально-фракційний розподіл фітомаси.

Вивчення форм крон деревостанів дозволяє глибше пізнати природу лісу, особливо в просторі і в часі. Так, дерева однієї породи при одному і тому ж віці, що мають одні і ті ж форми крон і ліси, що виростають в одних і тих же типах, і лісорослинних умовах, зростають швидше, ніж дерева з іншими формами крон. Отже, форми крон чинять значний вплив на зростання і розвиток дерев. Для характеристики крони дерева використовуються такі основні морфометричні показники, як діаметр крони, площа горизонтальної проекції крони, висота прикріплення та довжина крони, об'єм та зімкнутість крони. Дослідження крон дозволяє точніше визначити всі таксаційні показники по АФЗ методом автоматизованого дешифрування. На рис.1 ся виміри таксаційних і дешифрувальних ознак древостанів методом автоматизованого дешифрування їх по АФС.

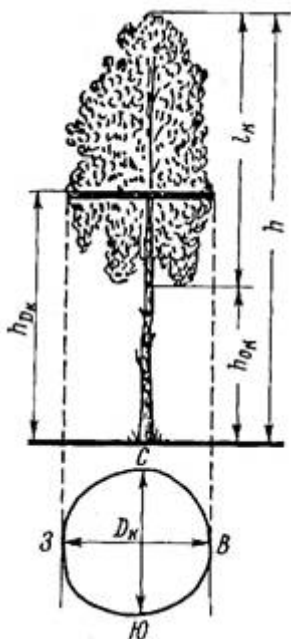


Рис.1. Показники форми і розмірів крони ( $h$  - висота дерева;  $L_k$  - довжина крони;  $h_{Ok}$  - висота до початку крони;  $D_k$  - діаметр крони;  $h_{Dk}$  - висота до найбільшої ширини крони)

Розміри крон дерев визначають їх довжина і ширина (рис.1). Під *довжиною крони* розуміють її протяжність від перших гілок до вершини. Окремі гілки, розташовані нижче і такі, що не беруть участь в кроні, не беруть до уваги. Довжину крони визначають як різницю між висотою дерева  $h$  і основою крони, вимірюваними в натурі за допомогою висотомірів. Ширину крони складає її поперечник по найбільшому діаметру, який обчислюють проекції крони в напрямках Півн-Півд, Півн-Сх – Півд-Зах, Сх-Зах, ПівдСх-ПівнЗах.



Залежно від мети і масштабу досліджень виділяються різні просторові структури деревного ценозу: лісова біогрупа, ценокомірка, ценоелемент, синузія і біогенетична парцела. Аналіз структурних утворень корінних і похідних насаджень дає важливу інформацію про природу лісу, що вивчається, і її справжню різноманітність, чим метод сумарного опису ти з інтерпретацією відомостей про його рослинність у вигляді різних усереднених індексів (середньої висоти і діаметру, складу і повноти деревостану).

Характер розміщення деревних рослин на вирубці залежить від етапів розвитку похідного ценозу: у фазі заселення – нерівномірне (мозаїчне) розміщення; у фазі зімкнення крон – роздільно-групове; у фазі диференціації дерев по класах зростання з подальшим саморозріджуванням – зімкнуто-групове (куртина) і у фазі стиглості і розпаду деревостану – рівномірне (дифузне) розміщення. Але якщо у фазі заселення лісосіки основний вплив на розміщення деревних рослин надає просторова гетерогенність екологічних умов свіжої вирубки, то після зімкнення крон дерев переважаючим стає фітоценотичний чинник, який виявляється у взаємообмеженні і конкуренції деревних рослин в біогрупах за світло, воду і поживні речовини, в результаті якої відбувається відпад ослаблених екземплярів. Тільки у стадії стиглого деревостану відбувається стабілізація його ценотичної структури, що характеризується стійкістю і консервативністю форм і внутрішнього с.

### **9. Особливості дешифрування аерокосмічних знімків у лісовому господарстві.**

При таксації лісу аерофотознімки (М 1:10000 при I—II і 1:15000—1:20000 при III розрядах лісовпорядкування), переважно кольорові спектрозональні, використовують для складання фотоабрису на кожний квартал, встановлення меж таксаційних виділів і уточнення їх таксаційних характеристик, які визначаються наземними методами в процесі таксації по ходових лініях.

Інвентаризація лісів на основі сполучення наземної таксації з камеральним дешифруванням аерофотознімків передбачає часткову заміну наземної таксації камеральним дешифруванням кольорових спектрозональних аерофотознімків. Його застосовують при первинному і вторинному лісовпорядкуванні в районах з відносно простими за складом і структурою насадженнями.

Камеральне лісотаксаційне дешифрування аерофотознімків на сучасному етапі сполучає в собі елементи фотограмметричних вимірів з окомірною-стереоскопічним визначенням ряду характеристик і параметрів дешифрованих насаджень.

Таксаційне дешифрування починають з встановлення меж таксаційних виділів при детальному аналізі аерофотознімків під стереоскопом. Грунтуючись на відмінностях у складі, висоті, формі і розмірах крон, зімкнутості намету, умовах місцезростання і на інших особливостях дешифрованих насаджень, площі розмежовують на однорідні в таксаційному відношенні ділянки. Визначення таксаційних характеристик дешифрованих насаджень починають з встановлення формули складу. Деревні породи розпізнають окомірною або порівнянням зображення на аерофотознімках зі стереограмою аналогічним або близьким за складом виділом, підібраним з фототеки стереопар типових насаджень.

Середню висоту деревостану визначають за різницею повздовжніх паралаксів, яку вимірюють за допомогою стереоприладів; виміри повторюють двічі. Якщо різниця між відліками не перевищують  $\pm 0,05$  мм, з двох відрхунків вираховують середнє значення і по ньому визначають середню висоту деревостану. При різниці понад  $\pm 0,05$  мм виміри повторюють і з'ясовують причини неприпустимих відхилень у розрахунках.

В окремих випадках (для малопредставлених в складі порід і при слабій «проглядності» земної поверхні) висоту визначають окомірною-стереоскопічно або з використанням модальних співвідношень висот складаючих порід. Висота супутних порід може бути встановлена і шляхом визначення (вимірювання) різниці між їх вишиною і вишиною переважаючої породи. Аналогічно визначають і висоту переважаючої породи в насадженнях, що мають високий ступінь зімкнутості намету, якщо відома або може бути виміряна вишина дерев в суміжних виділах. Але це припустимо лише на рівнинній місцевості.

Середній діаметр деревостанів елементів лісу на висоті 1,3 м встановлюють за графіками, номограмами, таблицями і рівняннями на основі залежностей його від середньої висоти, середнього діаметра крон і від інших таксаційних і дешифрувальних показників.

При визначенні віку в об'єктах, що впорядковуються вперше, знаходять середню висоту, тип лісу (тип умов місцезростання) і відповідний йому клас бонітету, а за бонітетною шкалою — вік деревостану. Найважливіші умови правильного визначення віку—знання особливостей того масиву, що дешифрується, якісне таксаційно-дешифрувальне тренування виконавців.

Крім того, на значних територіях поширені одновікові насадження або зміну їх віку викликано якими-небудь природними явищами; знання це полегшує дешифрування і підвищує точність. Для точнішого визначення віку використовують множинну кореляційну залежність і враховують середню висоту, клас бонітету, середні діаметри крон і стовбурів дерев на висоті 1,3 м. У повторно впорядковуваних об'єктах, якщо досить точні таксаційні матеріали минулого лісовпорядкування, вік при дешифруванні визначають за минулим таксаційним описом, додаючи період між двома лісовпорядкуваннями.

Черговість дешифрування типів лісу, класів бонітету і віку як взаємозв'язаних показників залежить від конкретних умов. У першу чергу визначають показник, який в даних умовах дешифрується найупевненіше.

Повноту насадження при лісотаксаційному дешифруванні встановлюють переважно окомірною на основі стереоскопічного аналізу зображення намету насадження на аерофотознімках з врахуванням в процесі таксаційно-дешифрувальних тренувань і знань про будову насадження або з використанням взаємозв'язку між зімкнутим наметом і таксаційною повнотою. При аналізі звертають увагу на співвідношення видимих і невидимих на аерофотознімках дерев, проглядність намету в глибину, склад і вік насадження; для співставлення використовують стереограми з фототеки типових виділів. Від точності визначення повноти (як і складу, і висоти) залежить точність

визначення запасу насадження. У зв'язку з цим дешифрування повноти потрібно виконувати особливо ретельно, в сумнівних випадках дублювати іншим дешифрувальником.

Запас на 1 га встановлюють розрахунковим шляхом по підібраних для об'єкту стандартних таблицях запасів або по місцевих таблицях ходу зростання з обліком складу, висоти і відносної повноти насадження на виділі і після остаточної ув'язки всіх таксаційних показників. Товарність деревостану визначають за матеріалами вивченої товарної структури залежно від складу, віку, умов місцезростання, класу бонітету, середніх висоти і діаметру. За комплексом прямих і непрямих ознак при дешифруванні визначають також всі основні характеристики не покритих лісом і незалісених.

Суцільні вирубки на аерофотознімках без особливого за геометричними контурами, наявності семенників, трельовальних волоків і іншим ознакам, характерним для лісозаготівельного процесу. Тон зображення вирубок на панхроматичних аерофотознімках світло-сірий, на спектрзональних—світлий синьо-зелений.

Про склад відновлення вирубок на кольорових спектрзональних аерофотознімках можна судити за кольором:

хвойні породи—зелений, листяні—помаранчево-червоний. Але навіть і ці аерофотознімки не забезпечують достовірність дешифрування стану відновлення вирубок, в початковий період при невеликій його висоті і малій зімкнутості травостою можна прийняти за відновлення хвойними породами, і навпаки.

Гар на кольорових спектрзональних аерофотознімках я різним кольором — від синюватого до оранжевого, залежно від характеру деревостану, що залишився, і трав'яного покриву. М гару нерівні різкорвані. Сухостій на спектрзональних аерофотознімках має переважно яскраво-синій або зеленувато-синій колір (надійно дешифрується і в насажденні). На панхроматичних аерофотознімках гар має світлий тон, на инфрахроматичних—темнуватосурій. Без особливого вони дешифруються за будь-яким типом аерофотознімків, але ступінь відновлення і його якісний склад по спектрзональним аерофотознімкам дешифруються з більшою достовірністю. Проте, як і на вирубках, хід природного відновлення в початковий період на гарі камеральним дешифруванням може бути визначений з грубими помилками.

Прогалини на кольорових спектрзональних аерофотознімках можуть мати різний колір, залежно від характеру і потужності трав'яного покриву. Вони мають неправильну форму і по своєму зображенню схожі з сінокосами особливо суходільними, розташованими далеко від берегів річок і струмків, якщо на останніх немає стогів сіна.

Болота на чорно-білих і спектрзональних аерофотознімках визначають без особливого у по характеру зображення. Низовинні болота при відсутності деревної рослинності на чорно-білих аерофотознімках одноманітним темно-сірим кольором без вираженого малюнка, на спектрзональних—світло-оранжевим. Деревна рослинність має вигляд розкиданих по спільному фону плям, колір яких залежить від породи. Верхові болота створюють на аерофотознімках своєрідний малюнок, що складається з чергування звивистих смужок світло-сірого і сірого тонів на панхроматичних аерофотознімках, світло-оранжевого і ясно-зеленого — на спектрзональних. Перехідні болота можуть бути безлісими або покритими деревною рослинністю. Надгрунтовий покрив представлений переважно осоками і сфагнумом. Зображення сильно зволжених перехідних боліт схожі із зображеннями низовинних боліт; на них зазвичай помітні темні плями мочажини. Колір зображення перехідних боліт обумовлений кольором зображення деревної рослинності і надгрунтового покриву. Як правило, колір зображення перехідного болота інтенсивніший, ніж верхового. При дешифруванні типів боліт враховують характер деревної рослинності і рельєф.

Сінокоси по аерофотознімках визначають формою і тоном. На спектрзональних аерофотознімках сінокоси при скошеній траві світло-зелені, за наявності трави — світло-оранжеві або салатові.

Інші категорії нелісових г (населені пункти, дороги, канали води) дешифрують без по чорно-білих і спектрзональних аерофотознімках.

При повторному лісовпорядкуванні обов'язково використовують планово-картографічні матеріали і таксаційні описи колишнього лісовпорядкування в цілях контролю правильності встановлення контурів виділів і визначення таксаційних характеристик насадження. Такі показники, як вік, клас бонітету, тип лісу, товарність, дані про характеристику підростання, підліска і надгрунтового покриву, можна брати безпосередньо із старих таксаційних описів з внесенням поправок на давність лісовпорядкування за умови, якщо точність матеріалів відповідає пред'явленим до роботи вимогам. При первинному лісовпорядкуванні, як правило, характеристики підростання, підліска і покриву не в таксаційних описах, а в таблицях що характеризують лісу в ув'язці складом, віком і повнотою насажень.

Неоднорідні таксаційні виділи при дешифруванні розбивають на однорідні підвиділи і для кожного дають окремо повну таксаційно-дешифрувальну характеристику; по цих матеріалах складають синтетичний таксаційний опис виділу. При даному методі інвентаризації лісів порівняно з наземним методом кілометраж натурної таксації по ходових лініях скорочується в 2—2,5 рази, об'єм лісоінвентаризаційних робіт, що виконуються одним виконавцем, зростає в 1,5—2 рази, вартість робіт знижується на 15—20 %.

### **10. Особливості використання аерокосмічних знімків в інвентаризації лісів.**

Дані вивченості лісового фонду (планово-картографічні та лісоінвентаризаційні матеріали) складають інформаційну основу лісового господарства. Ці дані повинні мати певну вірогідність і бути узгодженими з рівнем ведення лісогосподарської діяльності. Усі методи інвентаризації лісів поділяються на дві групи:

- детальні, які забезпечують отримання з заданою точністю, комплексу кількісних і якісних характеристик по кожному лісотаксаційному виділу і дозволяють проектувати в ньому усі необхідні лісогосподарські і інші заходи;
- узагальнені, що забезпечують отримання у більшому або меншому ступені усереднених таксаційних характеристик, для укрупнених генералізованих виділів.

Перша група методів застосовується при інвентаризації лісів при лісовпорядкуванні, друга – при фотостатистичних інвентаризаціях і дрібномасштабному (1:200000 і дрібніше) тематичному картографуванні лісів.

*Лісоінвентаризаційні* роботи при лісовпорядкуванні здійснюються методом наземної таксації в сполученні з дешифруванням крупно- і середньомасштабних аерофотознімків, переважно кольорових спектрзональних М 1:10000 і 1:15000. При лісовпорядкуванні здійснюється організація території в натурі (розробка меж, кварталних просік, встановлення стовпів) і таксація на основі польового або камерального дешифрування кожного виділа, забезпечуючи наступну точність (при вірогідності 0,68):

- максимальна похибка запасу по об'єкту +5%;
- середньоквадратична похибка визначення запасу в таксаційному виділі +15-25%
- середня висота +7-10 %
- середній діаметр +10%
- повнота +0.1%
- вік +5-20 шт.
- коефіцієнт складу переважаючих порід +1-1.5 од. складу.

В лісах, охоплених лісовпорядкуванням, регулярно (через 10-15 років) проводяться повторні лісовпорядкувальні роботи з метою оновлення всього комплексу планово-картографічних і облікових матеріалів.

При цьому використовується метод інвентаризації лісів на основі дешифрування матеріалів космічних зйомок і даних колишнього лісовпорядкування. У випадку відсутності космічних знімків можна використовувати понаддрібномасштабні (М 1:50.000 – 1:100.000) кольорові спектрзональні аерофотознімки. Повний цикл інвентаризації ділиться на три етапи: підготовчі, польові і камеральні роботи.

Підготовчі роботи проводять за рік до польових. При цьому здійснюють:

- збір інформації про зміни в лісовому фонді (зміна меж, місця и об'єми рубок головного і проміжного користування, лісових пожежах, вітровалах і т.і.)
- вибірково-вимірвальна таксація виділів для вивчення ознак дешифрування тренування і оцінки якості попереднього лісовпорядкування.
- дешифрування знімків (підготовка знімків, аналіз ознак дешифрування, контурне і таксаційне дешифрування)
- оцінка якості таксації ліса в межах таксаційних ділянок попереднього лісовпорядкування за даними вибірково-перерахувальної і окомірної таксації і дешифрування аерофотознімків.
- камеральне коригування таксаційних показників, що змінились в результаті природного росту деревостанів;
- складання проекту натурних зйомочно-геодезичних і таксаційних робіт.

### **11. Особливості використання аерокосмічних знімків при таксації лісів.**

В процесі дешифрування космічних або аерознімків з використанням плану лісонасаджень, планшетів, таксаційних описань наносять на знімки контури виділів з молодняками I класу віку, незімкнутими лісовими культурами, рідинами, гарями, вирубками (усе на момент попереднього лісовпорядкування). Потім дешифрують вирубки, вітровали гарі і інші категорії, що з'явилися протягом ревізійного періоду лісогосподарської діяльності і стихійних лих. На знімки наносять також культури ревізійного періоду, ділянки, що рубками. Остаточні виділів і таксаційні характеристики перерахованих категорій виділів, уточнюють при натурній таксації. Таксаційні характеристики решти виділів встановлюють за даними попереднього лісовпорядкування з внесенням в них поправок. Для виявлення змін проводять стереоскопічний поквартальний аналіз всіх виділів. При дешифруванні визначають категорію, а для покритих лісом – переважаючу породу або групу порід(хвойні або листяні), групу віку, групу типів лісорослинних умов і відносну повноту. Всі «сумнівні» виділи, укрупнені характеристики яких не збігаються, намічають до повторної таксації.

Після виконання перерахованих вище робіт складають проект натурних таксаційних робіт. Всі перераховані вище категорії виділів (молодняки, вирубки, пошкоджені пожежами і антропогенною дією, вітровал, «сумнівні» ділянки (оконтурюються на знімках і використовуються при натурній таксації як фотоабрис).

На завершуючому етапі підготовчих робіт на знімках створюються всі маршрути і виділи, в яких намічена натурна таксація. Визначаються види і робіт, намічаються місця базування і схема переміщення таксатора і його помічників.

В процесі польових робіт відповідно до затвердженого проекту загальноприйнятими в лісовпорядкуванні методами проводять:

- зйомочно-геодезичні роботи;
- окомірну таксацію;
- вибірково- таксацію шляхом пробних майданчиків;
- обстеження ходу природного відновлення на вирубках і стану лісових культур на вирубках ревізійного періоду;
- огляд матеріалів для розробки проекту організації і розвитку лісового господарства на наступний ревізійний період.

У камеральний період обробляють польові таксаційні матеріали, оцінюють точність камерального коректування таксаційних показників, складають таксаційні описи і підсумкові таблиці що характеризують лісовий фонд, виготовляють планово-картографічні матеріали і складають проект організації і розвитку лісового господарства.

В даний час при інвентаризації лісів при лісовпорядженні застосовуються три методи:

1. *Наземної таксації* з польовим дешифруванням аерофотознімків;

2. *Наземної таксації* у поєднанні з аналітико-вимірювальним дешифруванням кольорових спектрозональних аерофотознімків;

3. *Повторної інвентаризації лісів* впорядкованих по III розряду на основі дешифрування матеріалів космічних або кольорових спектрозональних знімків (М:1500 – 1:100.000) і максимального використання матеріалів попереднього лісовпорядкування.

Перші два методи застосовуються для інвентаризації лісів під час первинного і повторного лісовпорядкування при I-III розрядах. Останній метод призначений для інвентаризації лісів при їх по III розряду тільки при повторному лісовпорядкуванні.

## 12. Загальні вимоги дешифрування.

Під *дешифруванням* розуміється виявлення, розпізнавання і визначення характеристик об'єктів місцевості, що зображені на фотознімках. Внаслідок різностороннього (комплексного) змісту аерофотознімків зазвичай застосовується спеціалізоване дешифрування, тобто виявлення лише тих об'єктів, які необхідні для вирішення окремого завдання. Дешифрування проводиться або шляхом простого розгляду окремих контактних відбитків через лупу, або шляхом широкого огляду *накидних монтажів*

В залежності від призначення і вирішуваних в ході дешифрування задач, розрізняють два його види: *топографічне і спеціальне*. *Топографічне* дешифрування виконують з метою виявлення, розпізнавання і визначення характеристик об'єктів місцевості, які повинні наноситись на план або карту у відповідності з вимогами діючих умовних знаків<sup>5</sup>. *Спеціальне*, відповідно, має за мету отримання спеціальної (геологічної, лісознавчої, гідрологічної та ін.) інформації.

*Ефективність дешифрування*, тобто розкриття інформації, що міститься в аерознімках, визначається особливостями досліджуваних об'єктів і характером їх передачі при аерозйомці (дешифрувальними ознаками), досконалістю методики роботи, забезпеченням приладами і кваліфікацією виконавців дешифрування. В переліку дешифрувальних (демаскувальних) ознак розрізняють *прямі і опосередковані*<sup>6</sup>. При дешифруванні аерознімків об'єкти пізнаються в першу чергу за тими їх властивостями, які мають назву *прямих дешифрувальних ознак*. До них належить форма, розмір, тон (колір) і тінь зображення об'єктів. Прямих дешифрувальних ознак часто не вистачає для дешифрування з двох причин. Перша – об'єкти або їх характеристики не відобразились на аерознімках (наприклад, підземні споруди, або призначення споруди). Друга – об'єкти не мають певних стійких дешифрувальних ознак: одна і та сама ознака відповідає різним об'єктам (наприклад прямокутну форму можуть мати житловий будинок, сарай, офіс), один і той самий об'єкт має різні дешифрувальні ознаки (наприклад водна поверхня залежно від освітлення і мутності зображується різним тоном).

В зв'язку з цим вдаються до *опосередкованих дешифрувальних ознак*, які вказують на наявність або характеристику об'єкта не зображеного на знімку або не визначеного за прямими ознаками (наприклад, тунель розпізнається по розриву фотозображення залізниці, вихід ґрунтових вод в пустельних районах підкреслюється плямами густішої рослинності, елементи прихованої геологічної структури дешифруються методом аналізу плану річкової мережі, та ін.), або позбувається багатозначності і невизначеності прямих ознак. Опосередковані ознаки ґрунтуються на існуючих у природі закономірних взаємозв'язках просторового розміщення окремих об'єктів або комплексів об'єктів (компонентів ландшафту) або між природними об'єктами і результатами господарської діяльності людини.

Ті об'єкти (комплекси), наявність і властивості яких вказують на наявність і властивості інших об'єктів називають *індикаторами*, а метод дешифрування за опосередкованими ознаками – *індикаційним*.

Часто виділяють ще *комплексні дешифрувальні ознаки*, до яких відносять сполучення у певній закономірності прямих ознак об'єктів, що утворюють природно-територіальні комплекси (ландшафти). До них належать: співвідношення площ зайнятих різними об'єктами; співвідношення числа різних об'єктів; просторова орієнтація і характер розподілу різних об'єктів; сполучення і видозміна форм окремих об'єктів, сполучення і зміна за певним законом тонів різних об'єктів. Комплексні ознаки пов'язані зі структурою об'єктів або рисунком аерофотозображення, що відображує характер ландшафту.

## 13. Дешифрування аерокосмознімків як сучасна технологія.

*Дешифрування аерознімків*, один з методів вивчення місцевості по її зображенню, отриманому за допомогою *аерозйомки*. Полягає у виявленні і розпізнаванні знятих об'єктів, встановленні їх якісних і кількісних характеристик, а також *реєстрації* результатів в графічній (умовними знаками), цифровій і текстовій формах. Дешифрування

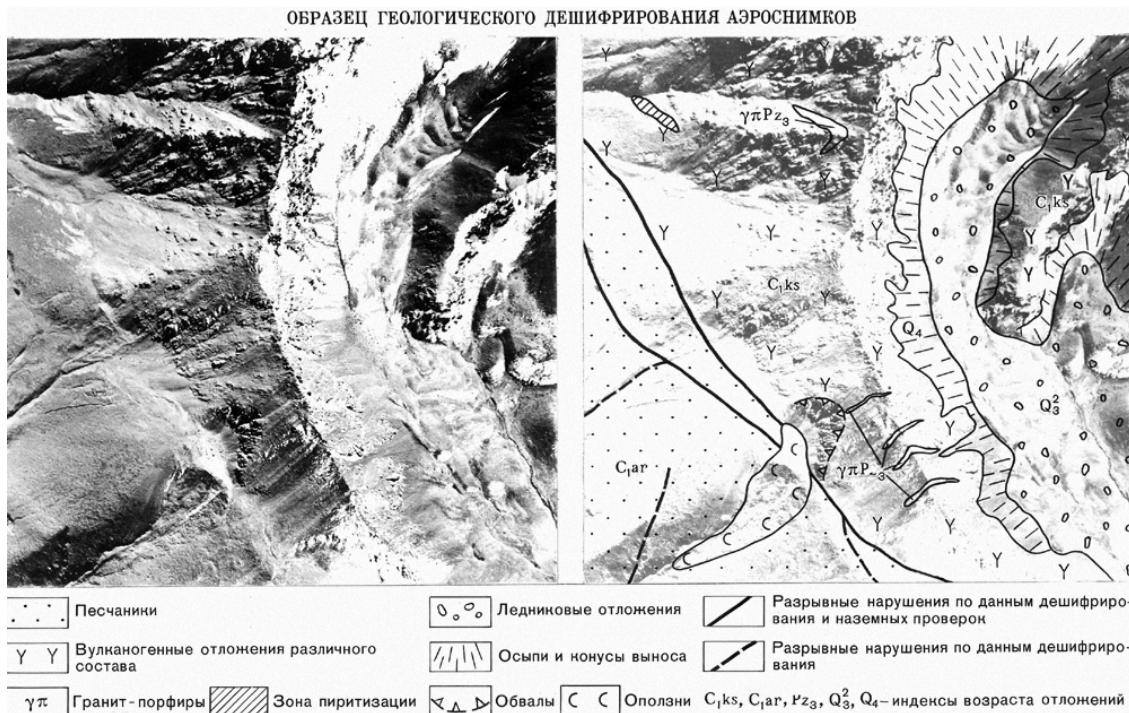
<sup>5</sup> Дешифрування знімків в процесі обстеження місцевості в натурі називається *польовим*. Розпізнавання на фотозображеннях об'єктів і контурів без обстеження їх в натурі називається *камеральним* дешифруванням. В залежності від топографічної дослідженості картографованого району і прийнятої технології робіт польове дешифрування проводиться до камерального або після нього.

<sup>6</sup> *Дешифрувальні визначальники* у вигляді табличних зведень прямих, опосередкованих і комплексних дешифрувальних ознак, виявлених за індикаторами внутрішньої будови ландшафту стосовно до конкретних географічних районів, постійно публікуються в монографіях та окремих статтях, присвячених галузевому дешифруванню. Найбільш детальним вважається дешифрувальний визначальник, складений для топозйомки і поновлення карт масштабів 1:10000 і 1:25000, в якому даються також класифікація і перелік топографічних об'єктів, особливості їх зображення на картах і дешифрувальні ознаки. До цього визначальника додано альбом, що показує вигляд топографічного об'єкта на звичайній фотографії, на аерознімку, та зображення його умовним знаком на фоні на півтонового фотографічного зображення. Дешифрувальний визначальник повинен складатися з наступних складових частин: 1) аерознімків – еталонів географічного ландшафту; 2) зведеної таблиці характеристик дешифрувальних ознак ділянки еталону; 3) характеристик загальних географічних особливостей ландшафту. В останні роки такі визначальники стали доповнюватися оптичними характеристиками аерофотозображення (СКЯ, спектральна щільність, та ін.).

(аерознімків) має спільні риси, властиві методу в цілому і відомі розбіжності, обумовлені особливостями галузей науки і практики у яких воно застосовується поряд з іншими методами досліджень.

**Аерознімок гірського району:** — з нормальним фотозображенням місцевості, **праворуч** — з ослабленим, по фоні якого в умовних знаках показані: вулканогенних порід (розчленований малюнок схилів хребта), (гладкий малюнок плато), льодовикових відкладень і конуси по долині, місця обвалів і зсувів, лінії розривів і ін.

Для отримання аерознімків з якнайкращими для даного виду дешифрування (аерознімків) інформаційними можливостями велике значення має облік при аерофотографуванні природних умов (зовнішності ландшафтів).



Ефективність дешифрування (аерознімків), тобто розкриття інформації, що міститься в аерознімках, визначається особливостями об'єктів, що вивчаються, і характером їх передачі при аерозйомці (дешифрувальними ознаками) досконалістю методики роботи, оснащеністю приладами і властивостями виконавців дешифрування. У ряді дешифрувальних демаскуючих ознак крім зазначених вище прямих і непрямих розрізняють і таку складну ознаку як рисунок або структуру зображення.

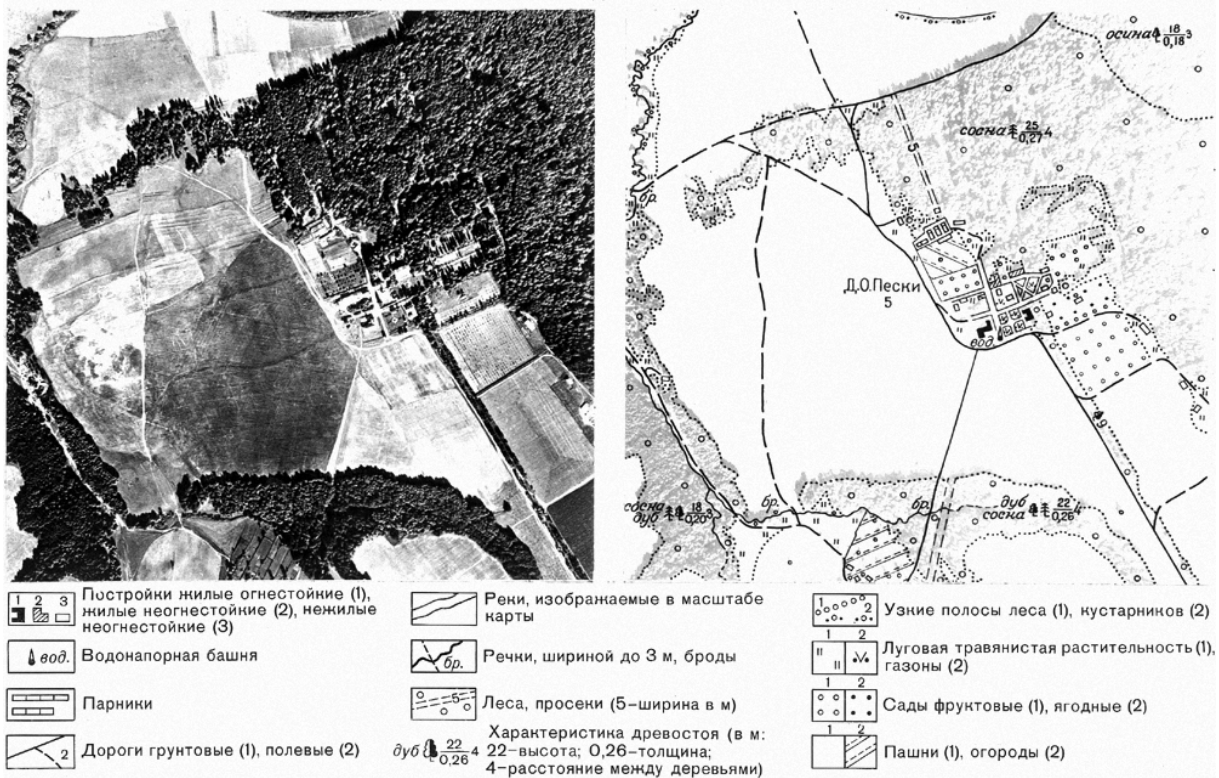
У методичному відношенні для дешифрування характерне сполучення польових і камеральних робіт, об'єм і послідовність яких залежать від їх призначення і досліджуваної місцевості. Польове дешифрування полягає в суцільному або вибірковому обстеженні території зі встановленням необхідних відомостей при безпосередньому вивченні об'єктів, що дешифруються. На труднодоступних територіях польове дешифрування здійснюють з використанням аеровізуальних спостережень. Камеральне дешифрування полягає у визначенні об'єктів за їх дешифрувальними ознаками на основі аналізу аерознімків з використанням різних приладів, довідково-картографічних матеріалів, еталонів (отриманих шляхом польового дешифрування (аерознімків) «ключових» ділянок) і встановлених по даному району географічних взаємозалежностей об'єктів («ландшафтний метод»). Хоча камеральне дешифрування значно економічніше польового, але його повністю не замінює, оскільки деякі дані можуть бути отримані тільки в натурі.

Сьогодні ведуться розробки по автоматизації дешифрування в напрямках:

а) відбору аерознімків, що володіють потрібною інформацією, і перетворення їх з метою поліпшення зображення досліджуваних об'єктів, для чого використовуються методи оптичної, фотографічної і електронної фільтрації, голографії, лазерного сканування та ін.

б) розпізнавання об'єктів зіставленням за допомогою ЕОМ закодованих форми, розмірів даного зображення і щільності фототону даного зображення і еталонного, що може бути ефективним тільки за стандартизованих умов аерозйомки і обробки знімків. У зв'язку з цим найближчі перспективи автоматизації дешифрування зв'язують із застосуванням так званої багатоканальної аерозйомки, що дозволяє отримувати синхронні зображення місцевості в різних зонах спектру.

ОБРАЗЕЦ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ АЭРОСНИМКОВ



**Аерознімок рівнинного району:** — з нормальним фотозображенням місцевості, **праворуч** — з ослабленим, по фоні якого в умовних знаках показані: ліси (зернистий малюнок), рілля на різній стадії обробки (гладкий і смужчатий малюнок), будинок відпочинку і садами точковий малюнок) і ін.

Для дешифрування використовуються прилади: збільшувальні — лупи і оптичні проектори, вимірювальні — паралактичні лінійки і мікрофотометри і стереоскопічні — польові переносні і кишенькові стереоскопи, стереоскопічні окуляри і камеральні настільні стереоскопи, частково з біноклярними пристроями і вимірниками (наприклад стереометр СТД). Стационарним приладом, розробленим спеціально для цілей дешифрування, є інтерпретоскоп. Дешифрування проводять і на універсальних стереофотограмметричних приладах у комплексі робіт по складанню оригіналу карти. Залежно від завдання дешифрування може виконуватися по негативах аерознімків або їх копіях (на фотопапері, склі або позитивній плівці) на змонтованих по маршруту або по площах фотосхемах і на точних фотопланах. Дешифрування здійснюють в наскрізному або відбитому світлі з викреслюванням (або гравіюванням) його результатів в одному або декількох кольорах на самих матеріалах аерозйомки або накладених на них листах прозорого пластика.

До виконавців дешифрування висуваються особливі професійні вимоги у відношенні сприйняття яскравості і кольорних контрастів, стереоскопічності зору, а також здатностей до ефективного розпізнання і визначення об'єктів за їх специфічним зображенням на аерознімках. Поряд з цим виконавці дешифрування повинні знати особливості природи і господарства даної території і мати відомості про умови її аерозйомки.

#### 14. Загальногеографічне і галузеве дешифрування та їх особливості.

Розрізняють загальногеографічне і галузеве дешифрування. До першого відносять топографічне і ландшафтне дешифрування, до другого — решту його видів. Топографічне дешифрування, що характеризується найбільшим вживанням і універсальністю, має своїми об'єктами мережу гідрографії рослинність, ґрунти, угіддя, форми рельєфу, льодовикові утворення, населені пункти, будови і споруди, дороги, місцеві предмети, геодезичні пункти, кордони. Ландшафтне дешифрування завершується регіональним або типологічним районуванням місцевості. Основні з галузевих видів дешифрування застосовуються при виконанні наступних робіт: геологічне — при площинному геологічному картуванні і пошуках корисних копалини, гідрогеологічних і інженерно-геологічних роботах; болотне — при розвідці торф'яних родовищ; лісове — при інвентаризації і впорядкуванні лісів, лісогосподарських і лісокультурних дослідженнях; сільськогосподарське — при створенні землевпорядкувальних планів, обліку земель і стану посівів; грунтове — при картуванні і вивченні ерозії ґрунтів; геоботанічне — при вивченні розподілу рослинних співтовариств (переважно в степах і пустелях), а також для індикаційних цілей; гідрографічне — при дослідженні вод суші і площ водозбору, при дослідженні морів щодо характеру течій, морської криги і дна мілинних ділянок; геокріологічне — при вивченні мерзлотних форм і явищ, а гляціологічне — льодовикових і супутніх ним утворень. Дешифрування застосовується також в метеорологічних цілях (спостереження за хмарами, сніговим покривом і ін.), при пошуку промислових тварин (особливо тюленів і риби), у археології, при соціально-економічних дослідженнях (наприклад, контролі руху транспорту) і у військовій справі при обробці матеріалів аерофоторозвідки. При вирішенні багатьох завдань дешифрування носить комплексний характер (наприклад, для цілей меліорації).

У ряді галузей науки і практики поряд з дешифруванням аерофотознімків ведуться роботи по дешифруванню космічних фотознімків, що виконуються з пілотованих космічних кораблів і орбітальних станцій, а також з штучних супутників Землі. У останньому випадку отримання фотознімків повністю автоматизоване; доставка їх на Землю здійснюється за допомогою контейнерів або передачею зображення телевізійним шляхом. Завдяки знімкам з космосу забезпечується можливість безпосереднього дешифрування об'єктів глобального і регіонального характеру і дешифрування динаміки природних процесів і проявів господарської діяльності відразу на значних просторах за короткий проміжок часу. Дешифрування здійснюється не лише знімків, як результату фотографічної зйомки із звичайних висот і з космосу, але і при різних видах фотоелектронної зйомки.

### **15. Головні прийоми і засоби дешифрування аерофотознімків.**

*Накидний монтаж* — велика кількість *контактних відбитків* (аерофотознімків), розкладених по рядах льотно-знімальних маршрутів, поєднаних з врахуванням подовжнього і поперечного перекриттів, що дає фотографічне зображення обширної території. Контактні відбитки вмонтовуються на великих щитах або столах. Вони підкладаються по кожному маршруту в тій же послідовності, в якій їх отримували під час аерофотознімання, так, щоб збігалися контури ситуації на суміжних знімках в області подовжнього перекриття. Необхідно, щоб біля знімків сусідніх льотно-знімальних маршрутів також збігалися ситуації в області поперечного перекриття. По накидному монтажу визначають, чи всю площу аерофотознімання рівномірно покрито знімками, чи ту, де немає розривів між маршрутами і де збережений заданий відсоток подовжнього (60%) і поперечного (40%) перекриттів, а також знайомляться із спільним орієнтуванням аерофотознімання обширної території. По накидному монтажу отримують схему розташування окремих аерофотознімків і їх порядковий номер. Зменшена фотографія з накидного монтажу називається репродукцією накидного монтажу. В разі відсутності репродукції накидного монтажу часто роблять кальку зі всього накидного монтажу на яких обводять контури і номери аерофотознімків. Такі номерні схеми необхідні для стереоскопічної обробки аерофотознімків і впорядкованого зберігання великої кількості контактних відбитків.

*Фотосхема* — в аерофотозніманні, сукупність змонтованих *контактних відбитків*, не трансформованих і не приведені до одного масштабу. Частки знімків, що перекриваються, вирізуються з таким розрахунком, щоб від кожного знімка залишилася середня частка (робоча площа), що має мінімум спотворень. Відбитки наклеюються на картон. Фотосхема, що складається з вирізаних центральних часток аерофотознімків, носить назву *мозаїчної*. Щоб отримати уявлення про всю зняту територію з декількох фотосхем змонтовують фотокарту, яку потім зазвичай зменшують. Ця карта має ті ж 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. п., а також назви річок, озер, селищ і ін., 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.

### **16. Аналітико-вимірвальне дешифрування матеріалів аерофотозйомки лісових угідь.**

Аналітико-вимірвальне дешифрування матеріалів аерофотознімання виконується шляхом виявлення і розпізнавання на знімках об'єктів місцевості, визначення їх якісних і кількісних характеристик.

При аналітико-вимірвальному дешифруванні використовуються підготовлені лісгоспами матеріали, аерофотознімки (у вигляді контактної роздруковки і негативів), схема польоту над лісосіками (ділянками) з прив'язкою до надійно пізнаваних орієнтирів, бортовий журнал з поєднанням записів реєстрації кадрів. При використанні цифрової аерофотокамери замість контактної роздруковки і негативів передаються аерофотознімки на магнітних носіях в узгоджених форматах запису.

Для проведення робіт по аналітико-вимірвальному дешифруванню матеріалів великомасштабного аерофотознімання лісгосп на основі переліку лісосік (ділянок), що підлягають огляду готує наступні матеріали:

- схематичні креслення лісосік, на яких повинно бути вказане найменування лісгоспу і лісництва, масштаб, номери кварталів і ділянок, прив'язка до квартальної і гідрографічної мережі, лінії і румби контурів ділянок, і номери таксаційних виділів, що входять в ділянку, рік суміжних ділянок, розташування намічених до збереження насінних смуг, куртин або дерев, контури, на яких має бути збережений підз, і інша необхідна інформація;

- проекти організації рубок головного користування і ведення лісового господарства на переданих в оренду ділянках лісового фонду (далі - проект рубок) або плани рубок;

- плани відведення лісосік на ділянках лісового фонду наданих в короткострокове користування;

- відомості лісоруб квитків на лісосіки що підлягають аерофотозніманню, в яких указуються: лісозаготівельний номер і дата виписки квитка, і експлуатаційна, кількість відпущеної в рубку деревини, і кількість лісу, що підлягає збереженню, підростанню, спосіб очищення місць рубок, об'єми наданого відстрочення по вивезенню деревини або ксерокопію квитка;

- таксаційну характеристику виділів по лісосіках, що включає номер виділу, склад, повноту по складових породах: вік, група віку, висота, діаметр, клас товарності запас на 1 га сирого лісу, сухостою;

- технологічні карти.

При дешифруванні знімків аналітико-вимірвальним методом встановлюється:

- 1) стан лісосіки і 50-метровий смуги, суміжної з ними;

- 2) збереження:

- підросту, молодняка господарсько порід;

- насінних смуг, куртин, семенників;

3) п і об'єм залишених недорубів у вигляді компактних ділянок лісу, у вигляді куртин і окремих дерев або задіяних вибірковою рубкою ділянок на призначених в суцільну рубку;

- вирубаній деревини за межами відведення, включаючи рубку на не експлуатаційних і заборонених до рубки дерев;

4) об'єм невивезеної деревини, кинуті біля пеньків, залишеної в штабелях і стесах;

5) п незадовільного очищення лісосік від порубкових залишків.

Дешифрування великомасштабних аерофотознімків виконується на стереоскопічних приладах з використанням вимірювальних луп палеток і інших інструментів і пристосувань або автоматизованими методами в інтерактивному режимі із застосуванням засобів комп'ютерної техніки і спеціалізованих комп'ютерних програм, у тому числі тих, що забезпечують роботу із стереозображеннями.

На аерофотознімки з дозволом близько 1 м і краще (масштаб 1:7000 - 1:10000), змонтовані в маршрути, за даними відведення (лісовпорядкування) наносяться квартальні просіки, лісосік з точною прив'язкою згідно схеми відведення і складається фотоабрис.

Контури місць рубок з порушеннями лісогосподарських вимог з фотоабриса переносяться на схематичне креслення лісосіки і визначаються їх .

По аерофотознімках масштабу 1:1500 - 1:2000 при стереоскопічному розгляді визначається із знищеним підростом або кількістю підрост менш вказаного до збереження в квітку. При цьому використовуються видимі ознаки проїзду лісозаготівельної техніки, здирання надгрунтового покриву пошкодження підросту.

Запаси деревини, вирубані за межами лісосік, в насінних куртинах або смугах, визначається виходячи з , на якій проведена вказана рубка, і таксаційної характеристики знищеного деревостану, даної при лісовпорядженні (з м поправки на приріст деревини за період, що минув після лісовпорядкування) або відведенні лісосік.

Запаси деревини в компактних (не рубкою) недорубах розраховуються виходячи з п недоруба і таксаційної характеристики виділу, в якому він розташований, або усередненої таксаційної характеристики, даної при відведенні лісосіки<sup>7</sup>.

Недоруби, задіяна вибірковою рубкою, визначаються по видимим місцям повалу, залишеним хлистам, гіллям, пенькам, слідам проходу трактора. Склад і запас на 1 га в порушеному недорубі визначається при аналітичному дешифруванні аерофотознімків.

До порушеного недорубу відносяться також залишені окремо дерева, що стоять, і куртини, підлягають . Їх запас визначається по породах, виходячи з числа залишених дерев і об'єма середнього дерева. Число залишених дерев підраховується по породах безпосередньо на всій лісосіці (при незначному числі залишених дерев) або на облікових майданчиках з подальшим перекладом на всю . Біля залишених дерев вимірюється середня висота по різниці подовжніх паралаксів що є основою для визначення середнього діаметру і об'єму.

Для обліку об'єму зрубаної і невивезеної (залишеної біля пеньків) деревини, а також для обліку залишених п дерев що підлягають рубці, і зрубаних семенників на аерофотознімках масштабу 1:1500 - 1:2000 відмежовуються смуги шириною 15 м або облікові розміром 30 x 30 м для переліку, якого повинна складати 8 - 10% від рубки, що минула. Кількість смуг приймається залежно від ширини лісосіки таким чином: при ширині лісосіки 100 м - 2 смуги, 250 м - 500 м - 3 смуги. Смуги наносяться довгої сторони вирубки за допомогою шаблону.

Облікові майданчики наносяться також за допомогою шаблону і розташовуються рівномірно за площею, рубкою, що минула, і покритою аерозійомкою масштабу 1:1500 - 1:2000. В межах облікових смуг під стереоскопом з 3-кратним збільшенням робиться підрахунок залишеної деревини по породах з на хлисті і колоди. Вважаються тими, що знаходяться на смузі колоди, що лежать половиною і більше за довжину, і хлисті, біля яких на обліковій п знаходиться комель. Дерев, що повалили з корінням в процесі рубки і що зависли, враховуються як хлисті. Біля хлестів вимірюються довжина і діаметр на відстані 1 м від комеля, біля колод - довжина і діаметр посередині. На підставі підрахунків і вимірів з допомогою масових таблиць визначають запас невивезеної деревини на переліку, потім за допомогою перевідного коефіцієнта - на всій вирубки.

Збереження семенників визначається шляхом звірення числа семенників, що залишилися, з даними їх переліку при відведенні лісосік і нанесених на схему лісосіки. Об'єм вирубаних сіменників визначається як різниця від об'ємів семенників, врахованих при відведенні і що збереглися після рубки.

Облік залишеної деревини в штабелях і стесах проводиться шляхом підрахунку числа колод або хлестів в торцевій під стереоскопом з 3,5-кратним збільшенням. Потім вимірюються довжина і діаметр біля 10 - 15 видимих екземплярів, визначається середній об'єм хлиста або колоди і підраховується об'єм деревини в штабелі<sup>8</sup>.

Очищення місць рубок оцінюється візуально при стереоскопічному розгляді аерофотознімків масштабу 1:7000 - 1:10000. Оцінюється відповідність використаного способу вказаному в квітку.

Неочищені або очищені незадовільно ділянки визначаються по кількості порубкових залишків і характеру їх розташування, їх обчислюють за допомогою палетки або планіметра.

Для підтвердження аналітичного дешифрування на облікових майданчиках, закладених на аерофотознімках масштабу 1:1500 - 1:2000 оцінюється ступінь очищення по кількості порубкових залишків, яка при незадовільному

<sup>7</sup> Якщо при стереоскопічному розгляді контура недоруба виявлено, що його таксаційна характеристика відрізняється від характеристики в таксаційному описі або усередненою по складу на 2 одиниці і більше для головної породи і по запасу на 20% і більш, склад і запас в компактному недорубі коригуються на основі аналітичного дешифрування і (або) закладки фотопроб на фотознімках масштабу 1:1500 - 1:2000.

<sup>8</sup> Якщо торцева штабелю або стесу є видимою не повністю і підрахунок числа хлестів (колод) утруднений, то вимірюється довжина, висота і ширина штабелю (стесу) і обчислюється об'єм залишеної деревини з коефіцієнта повнодеревності. З розкиданості штабелю коефіцієнт повнодеревності приймається рівним 0,2 - 0,4, для стесів - 0,6 - 0,8.



очищенні складає більше 0,5 щільних м<sup>3</sup> на обліковій площі. П незадовільного очищення на вирубці в цьому випадку пропорційна числу неочищених майданчиків.

За результатами дешифрування подаються наступні матеріали:

- відомості оцінки стану місць рубок, в яких вказується дотримання лісгосподарських вимог, види і об'єми допущених порушень;
- фотоабриси лісосік з виконаними роботами за оцінкою стану місць рубок головного користування методом аналітико-вимірального дешифрування;
- схематичні креслення лісосік з виконаними роботами за оцінкою стану місць рубок головного користування методом аналітико-вимірального дешифрування.

## Література:

1. Корнилов Ю.Н. Фотограмметрия (конспект лекцій 6 семестр).- Санкт-Петербург. Санкт-Петербургский государственный горный институт им. Г.В. Плеханова.- 2006.- 169 с.
2. Лялько В.І. Аерокосмічні методи одержання оперативної екологічної інформації в районах інтенсивного техногенного впливу на довкілля./ [www.ecoleague.colocall.com/](http://www.ecoleague.colocall.com/)
3. Некос А.Н., Щукін Г.І., Некос В.Ю. Дистанційні методи досліджень в екології: Навчальний посібник. - Х.: ХНУ імені В. Н Каразіна, 2007. - 372 с.
4. Поліщук Б.В. Сучасні досягнення і проблеми в дослідженнях розвитку та стану лісів./ Геодезія, картографія і аерофотознімання. Вип. 70. 2008.- С.38-45.
5. Тимчук Я.Я., Вередюк В.Ю. Використання ГІС-технологій та засобів супутникової навігації для моніторингу лісових екосистем Карпатського національного природного парку./<http://www.pryroda.gov.ua>.
6. Часковський О.Г. Інвентаризація лісових насаджень Розточчя з використанням дистанційних методів./Автореф. дис... канд. с.-г. наук: 06.03.02 /. Нац. аграр. ун-т. — К., 2001. — 18 с.
7. Омельчук В.В., Фомін М.П. Методика оцінки стану лісів України за даними дистанційного зондування землі із космосу./ Вісник ЖНАЕУ № 1, 2009 – С.348-358
8. Посудін Ю.І. Фізика і біофізика навколишнього середовища.- Київ: Світ, 2000.- 304 с.
9. Шпарик Ю., Млчушек М., Гаск Ф., Кохан С. Сахацький О., Жолобак Г. Перспективи дистанційного зондування Землі для вирішення лісівничих завдань. /<http://www.ekoinform.com.ua>
10. Шумова О.В. Эколого-географическое картографирование на основе аэрокосмической информации/ Методическое пособие. Санкт-Петербург, СПб госуниверситет, 1998. – 43 с.
11. <http://vseslova.com.ua/word/>