

Тема1. ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ТА ЗАСТОСУВАННЯ АЕРОКОСМІЧНИХ МЕТОДІВ У ЛІСОВОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Предмет та задачі курсу. Роль і місце аерокосмічних методів у інформаційному забезпеченні лісового господарства. Історія розвитку та застосування аерокосмічних методів. Внесок українських вчених у розвиток авіації та космічних технологій. Історія застосування авіації та аерофотознімання в лісовому господарстві. Сучасний рівень застосування аеро- та космічних методів в лісовому господарстві України. Роль дистанційних методів в охороні довкілля.

План: 1.Предмет та задачі курсу. 2.Історія розвитку та застосування аерокосмічних методів. 3.Історія розвитку аерокосмічної галузі та застосування аерокосмічних методів в Україні. 4. Сучасний рівень застосування аерокосмічних методів в лісовому господарстві України. 5. Роль дистанційних методів в охороні довкілля.

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 контактом¹. 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 засобами².

¹ 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.

² 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.

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 для безпосередньої таксаційної характеристики насаджень. Для організації і ведення лісгосподарського і ліспромислового 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. Історія розвитку та застосування аерокосмічних методів. – Аерокосмічні методи стали застосовуватись власне з винайденням фотоапарата - у 1858 році. Згодом почали фотографувати поверхню Землі з літаків. А вже під час Першої світової війни та й, власне, після неї аерознімання стало звичною справою. Саме тоді виникла *фотограмметрія*, яка забезпечувала здійснення точних вимірювань на основі знімків, було створено відповідні технічні засоби. Почалось використання аерознімків для топографічного картографування, дослідження ґрунтів, у лісовому та сільському господарстві, під час геологічних досліджень.

Термін «дистанційне зондування» з'явився на початку 1960-х років, коли з'ясувалося, що термін «повітряне фотографування», яким тоді послуговувалися, є вже недостатнім для опису нових видів зображень, створених з використанням випромінювання з-поза меж видимого спектру. Згодом почалася ера супутників. Першим таким супутником, створеним спеціально для одержання даних про поверхню Землі і ресурси, став у 1972 році ERTS-1, якого пізніше перейменували на Landsat-1. У 1984 році при ООН створили Комітет із супутників спостереження Землі (CEOS), а потім ООН затвердила «Принципи космічного дистанційного зондування Землі», якими встановлено основні положення та засади регулювання міжнародних відносин у сфері дистанційного зондування Землі. Членами CEOS є різні державні космічні агенції, центри космічних досліджень країн Європи, Сполучених Штатів, Канади, Індії, Японії, Китаю, у тому числі – й Національне космічне агентство України.

Перші спроби використання дистанційних методів для вивчення рослинності на теренах СРСР були зроблені у 1925 р. Першими об'єктами аерофотознімання були: Саблінське лісництво поблизу Ленінграду (9141га), Железинське і Федяйківське лісництва в колишній Тверській губернії (65000 га). Аерофотознімання було проведене організованим при Акціонерному товаристві «Доброліт» аерознімальним відділом під керівництвом М.Д.Бонч-Бруєвича. У 1926 році це ж товариство (за договором з лісовими організаціями) виконало аерофотознімання на площі 524 тис. га в Марійській АРСР. Це була перша велика робота по аерофотозніманню для потреб народного господарства.

Повітряне фотографування для фахівців лісового господарства і лісової промисловості являло в той час особливий інтерес, бо лісовий фонд (один із основних багатств країни), здебільшого не був вивчений. Крім того, для забезпечення розвитку промисловості необхідним було інтенсивне використання лісових масивів у нових районах, а для цього потрібно було терміново здійснити інвентаризацію лісів з метою виявлення їхньої цінності і значущості для потреб народного господарства.

Першою спеціальною організацією для проведення лісового аерофотознімання був трест лісової авіації, створений у 1936 році, на основі реорганізації інституту лісової авіації Всесоюзної академії сільськогосподарських наук. З 1936 р. до 1953 р. цей трест провів аерофотознімання лісового фонду двічі. За допомогою матеріалів аерофотознімання до 1956 року вдалося повністю завершити облік лісового фонду колишнього СРСР.

Впровадження в кінці 50-х років у практику лісовпорядкування кольорових спектральних аерофотознімків масштабів 1:10000 - 1:15000 дозволило значною мірою підвищити точність встановлення контурів ділянок і в інтенсивній зоні майже повністю відмовитися від прорубки візирів.

3. Історія розвитку аерокосмічної галузі та застосування аерокосмічних методів в Україні.

Україна була і залишається країною з розвиненою ракетно-космічною індустрією, вона міцно закріпила за собою у світовому співтоваристві місце у першій трійці космічних держав. Але через секретність у минулому, сьогодні у світі України, як космічну державу, мало хто знає. Навіть не всі жителі України знають історію розвитку космічної промисловості своєї країни.

Дуже цікавою і важливою для розвитку космонавтики є історія життя і наукових досліджень *Юрія Кондратюка (Олександра Гнатовича Шаргея)*, механіка-самоука, котрий ще п'ятдесят років тому вважав, що найліпшим способом дістатися на Місяць є спосіб ЛОР - відокремлення посадочного апарата від корабля-матки. Однак радянський уряд ігнорував його. Натомість, скориставшись розробками Кондратюка США у 1969 році здійснила славнозвісну місію на Місяць.

У середині 50-х років на Україні проводиться розробка і запускаються в серійний випуск ракети Р-12, Р-14, Р-16. Одноступінчасті ракети Р-12, Р-14, двоступінчаста та міжконтинентальна ракети Р-16 стали основою для організації ракетних військ стратегічного призначення. Перший (і відразу успішний) пуск ракети Р-12 відбувся 22 червня 1957 року. А у березні 1959 р. комплекс із цією ракетою, що мала дальність польоту 2000 кілометрів, уже був узятий на озброєння. У 1961 р. була взята на озброєння нова ракета Р-14 із дальністю польоту 4500 кілометрів, а через якийсь час і перша балістична ракета Р-16, як і попередні, на компонентах висококиплячого палива, але вже з міжконтинентальною дальністю польоту 13 тисяч кілометрів.

У 1952 р. на основі реконверсованого Дніпропетровського автозаводу почалося виготовлення ракет, розроблених С.П.Корольовим. *Корольов Сергій Павлович (1907 - 1966 рр.)* видатний український учений, генеральний конструктор ракетно-космічних систем колишнього СРСР³. 10 квітня 1954 р. постановою Ради Міністрів СРСР було прийнято рішення про створення Спеціального конструкторського бюро (КБ) № 586 для проектування і розробки ракет стратегічного призначення. Створене на базі серійного КБ Дніпропетровського ракетного заводу (колишнього автозаводу), воно за короткий час стає головним у галузі бойової, а потім і космічної техніки колишнього Радянського Союзу, перетворивши ракетно-космічну галузь України в головну не тільки в СРСР, але й у світі. Пізніше КБ одержало власне ім'я — «Південне».

На початку 60-х рр. на основі бойової ракети Р-12 створюється носій 63С1. З його допомогою 16 березня 1962 р. був виведений на орбіту перший Дніпропетровський супутник ДС-1 (виготовлений на заводі «Південмаш» - перейменований Дніпровський ракетний завод), що поклав початок серії супутників «Космос». Він був запущений із космодрому Капустін Яр. А сама ракета (носії), що також набула назви «Космос» стала другою в історії космонавтики колишнього СРСР, що забезпечувала виведення космічних апаратів на орбіти штучних супутників Землі. З цього етапу фактично почалося і міжнародне співробітництво КБ (Південне) у галузі космічних досліджень - за програмами «Космос», «Інтеркосмос» та ін. Створюються космічні носії 11К65 («Інтеркосмос»), 11К68 («Циклон-3»), 11К69 («Циклон-2»), носії 11К77 (його модифікації використовувалися як чотирибічні прискорювальні системи «Енергія - Буран»). Після цього на орбіті вже побувало близько 400 супутників Землі, виготовлених на «Південмаші», приблизно 50 різних типів, у тому числі 23 із серії «Інтеркосмос» успішно виконували своє завдання на орбіті⁴.

Одним із найважливіших досягнень космічної галузі України є її участь у міжнародному проєкті «Морський старт». У міжнародний консорціум «Морський старт» входять російська РК «Енергія» (25 %), українські КБ «Південне» і ПО «Південмаш» (разом 15 %), а також норвезька Kvaerner (20 %). Уперше в історії космонавтики в межах цього проєкту ракетно-космічним носієм був виведений на геоцентричну орбіту макет космічного вантажу масою 4450 кг. Другий запуск ракети з космічним апаратом прямого телемовлення «Direct TV-IR» здійснено 10 жовтня 1999 р.

Україна завжди була гідним і серйозним партнером у тій системі кооперації, що функціонувала в колишньому Радянському Союзі. За оцінками незалежних експертів, 28 % космічного потенціалу країни належало Україні. Сучасний стан розвитку аерокосмічної галузі дозволяє у повному обсязі розвивати методи ДЗЗ.

Розвиток ДЗЗ в Україні передбачає досягнення наступних цілей:

- надасть можливість створити системи постійного та безперервного забезпечення даними ДЗЗ суб'єктів виробничо-господарської, наукової та управлінської діяльності державного, регіонального та місцевого рівнів,

³ Починаючи з 30-х років ХХ століття очолював розробку і запуск балістичних геофізичних ракет-носіїв, космічних кораблів та автоматичних міжпланетних станцій різних модифікацій (у т.ч. Восток, Восход, Космос, Зонд). Його звуть «батьком вітчизняної космонавтики». Так, справді вітчизняної бо в утворення того, що називали радянською наукою, культурою, технічним прогресом, неоціненний внесок зробили українці за походженням, за народженням — такі, як Олександр Шаргей (Юрій Кондратюк), Ігор Сікорський, Сергій Корольов, Павло Попович...

⁴ Була спроба заявити про себе й у галузі створення надважких ракетноносіїв із кінцевою метою організації експедиції на Місяць. У першій половині 60-х розробляється досить перспективна ракета-носіє Р-56. Пізніше розробляється ракета Н-1, за допомогою якої передбачалося висадити космонавта на Місяць. Був спроектований, виготовлений і цілком відпрацьований найвідповідальніший у проєкті блок Е, що являв собою посадковий щабель із двигунами місячного корабля. Однак 3 запуски ракетноносія Н-1 з аварійними наслідками вирішили долю проєкту.

пов'язаних із захистом та контролем навколишнього природного середовища, раціональним використанням природних ресурсів та техногенними процесами, включаючи ті, що мають транскордонний характер;

- розвивати аерокосмічну галузь, вдосконалювати космічну систему спостереження Землі «Січ» шляхом оснащення її комплексами апаратури, які використовували увесь освоєний спектральний діапазон електромагнітних хвиль, включали до свого складу прилади; побудовані з використанням тонких фізичних механізмів (поляризації, флюоресценції, інтерферометри, тощо);

- створювати постійно діючі ефективні системи підготовки та удосконалення фахівців з ДЗЗ;

- зміцнювати міжнародний статус України як космічної держави та створювати підвалини для діяльності на світовому ринку космічних послуг, шляхом інтегрування космічної системи спостереження Землі «Січ» в європейську (GMES) та міжнародну (IGOS) системи спостереження Землі;

Першочерговими задачами розвитку ДЗЗ є:

- розроблення та створення державної системи ДЗЗ і відпрацювання її взаємодії з державними та міжнародними системами моніторингу навколишнього природного середовища;

- експлуатація та розвиток космічної системи для спостереження Землі «Січ» та дослідна експлуатація космічної системи для спостереження Землі («Січ-1 М»); проведення науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт щодо перспективних космічних систем для спостереження Землі («Січ-2,-3»); модернізація і відпрацювання наземного комплексу для приймання, оброблення, зберігання та розповсюдження даних з іноземних КА для спостереження Землі (НОАА, Метеосат, ТЕРРА, аква, СПОТ та ін.); виконання науково-прикладних програм з оброблення і використання аерокосмічних даних в інтересах вирішення природно - ресурсних та природоохоронних задач;

- проведення наземних та підсупутникових (авіаційних) калібрувальних-завіркових робіт на українських наземних та морських полігонах, результати яких можуть становити інтерес також для калібрування матеріалів зйомок з зарубіжних та міжнародних КА;

- створення оперативної системи діагнозу і прогнозу циркуляції екосистеми Чорного моря на основі асиміляції супутникових дистанційних буїв;

- активне використання і подальша модернізація українського радіолокатора бокового огляду для спостережень морів і океанів у рутинному режимі. Комплексування такого радіолокатора з іншими бортовими пристроями спостереження дозволять Україні внести істотний вклад у розвиток світової системи спостережень навколишнього середовища.

4. 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.

4. Роль дистанційних методів в охороні довкілля.

У зв'язку з загостренням регіональних і глобальних екологічних проблем виникла необхідність інформаційного забезпечення вивчення антропогенного впливу на природне середовище за допомогою аерокосмічних знімків⁵.

Дані про об'єкт зондування отримують з використанням властивостей електромагнітних хвиль, які випромінюються, відбиваються, поглинаються чи розсіюються об'єктами зондування. Застосування дистанційних методів дає можливість спостереження за змінами природних умов великих регіонів, екологічних лих і катастроф. Деякі наслідки антропогенного впливу, що мають глобальний характер, наприклад, скорочення площі тропічних лісів, опустелювання багатьох регіонів потребують особливої уваги.

Завдяки чіткій фіксації особливостей екологічного стану довкілля аерокосмічні знімки можуть виконувати ревізійну роль. Для такого використання знімків істотне значення має створення системи еталонів зображення різних видів антропогенного впливу на довкілля. Так були зроблені космічні знімки на території радіаційного забруднення у районі Чорнобильської АЕС, а потім складено карти радіаційного забруднення регіону.

У системі комплексного картографування природних ресурсів передбачається картографічне вивчення їх антропогенної динаміки, для чого використовуються карти, що складаються за знімками, карти ландшафтів, сучасного використання ґрунтів і, створені в результаті їх аналізу, карти антропогенно змінених ландшафтів чи оцінки антропогенного впливу на ландшафт. За знімками виявляються природні або антропогенні процеси, що визначають напрям чи характер змін природних ресурсів, реєструються також зміни за певний проміжок часу, виявляються тенденції їх подальшого розвитку при існуючому характері впливу.

Особливості антропогенного впливу і природних умов у різних регіонах проявляються в специфіці малюнка зображення на аерокосмічних знімках. Це є добрим підґрунтям для класифікації ландшафтів, змінених людиною. За знімками вдається дослідити низку катастрофічних явищ, викликаних антропогенним впливом. До них належать, наприклад, піщані бурі. При оцінюванні значення аерокосмічних знімків для охорони лісів від пожеж слід знати, що лісові пожежі надійно дешифруються за димовими шлейфами.

Поряд із вагомими практичними дистанційними дослідженнями антропогенного впливу на природне середовище розвивається і теоретична база - вчення про антропосферу як середовище існування людини, що може бути об'єктом аерокосмічного екологічного моніторингу. Аерокосмічні знімки забезпечують можливість стеження, наприклад, за динамікою атмосфери і прогнозування негативних явищ.

Вочевидь, різноманітні форми антропогенного впливу на довкілля займають значну частину площі Земної кулі. З кожним роком площі антропогенних ландшафтів зростають швидше, а антропогенний вплив на довкілля підсилюється. У зв'язку з цим можна припускати, що в найближчому майбутньому аерокосмічний екологічний моніторинг довкілля стане найбільш розвиненою частиною прикладних дистанційних досліджень, навіть більш важливою і актуальною, ніж вивчення природних ресурсів.

Особливістю дистанційних методів досліджень, які підвищують екологічну інформативність космічних знімків, є можливість отримання повторних знімків на одну і ту ж територію через задані проміжки часу, що дозволяє об'єктивно відстежити зміни в екологічній ситуації, їх динаміку та встановити головні її тенденції. У подальшому це надасть можливість прогнозувати майбутні зміни у навколишньому середовищі. Екологічна інформативність космічних знімків та покриття ними усієї поверхні Землі дозволять створити серії екологічних карт на усі райони світу. Такі карти можуть забезпечити вирішення низки глобальних задач, наприклад: управління використанням та охороною природних ресурсів; прийняття прогнозних рішень щодо можливого антропогенного або стихійного лиха, вивчення антропогенних змін і динаміки у природних системах і т.ін. Така карта у подальшому може використовуватися як базова щодо здійснення космічного картографічного моніторингу біосфери в цілому.

Оскільки екологічний стан різних регіонів України та інших територій постійно змінюється, національне космічне агентство й АН України у рамках Національної Космічної програми створили 5 центрів наземних станцій прийому й переробки інформації, кожний із яких несе відповідне функціональне навантаження: у Севастополі на базі Морського гідрофізичного інституту, у Дніпропетровську - НПО «Орбіта», у Харкові - інститут радіофізики й електроніки АН України, у Києві - центр аерокосмічних досліджень Землі АНУ і у Львові - відділення інституту кібернетики АНУ.

⁵ Як найбільш яскраві приклади, можна виділити чітке відображення на аерокосмічних знімках видів еродованих ґрунтів, форм водної та вітрової ерозії, стан пасовищ, порушення лісової рослинності - вирубок, згарищ, лісових пожеж; розораність ґрунтів, наслідки розробки кар'єрів і гірських виробіток, забудованість території. З'являються на аерокосмічних знімках і форми сприятливого впливу людини на природне середовище, її діяльність, спрямована на відновлення втрачених природних багатств або покращення несприятливих умов. Добре видно лісосмуги, зрошувальні системи, застосування таких засобів антропогенного впливу, як протиерозійні заходи, насаджування деревинно-чагарникової рослинності на схилах ярів, наслідки сівозмін тощо.

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/
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.

Тема 2. ФІЗИЧНІ ОСНОВИ ДИСТАНЦІЙНИХ МЕТОДІВ

План: 1. Електромагнітний спектр і зони, які використовуються для аерокосмічних зйомок. 2. Освітленість місцевості. Оптичні властивості природних об'єктів. 3. Спектральні відбивальні властивості лісової рослинності. 4. Метеорологічні умови зйомки та оптимальні строки знімання.

1. 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	Область спектру / Зона його кольору	Ширина області спектру / довжина хвиль
1			2
Видима область (мкм) зони кольорів:		Область ІЧ випромінювання: мм	
Фіолетова	0,39-0,45	ближня	0,80-1,5
Синя	0,45-0,48	середня	1,5-3,0
Блакитна	0,48-0,51	дальня	>3,0
Зелена	0,51-0,55	Радіохвильова область (см)	
Жовто-зелена	0,55-0,575	Х	2,4-3,8
Жовта	0,575-0,585	С	3,8-7,6
Помаранчева	0,585-0,62	Л	15-30
Червона	0,62-0,80	Р	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).

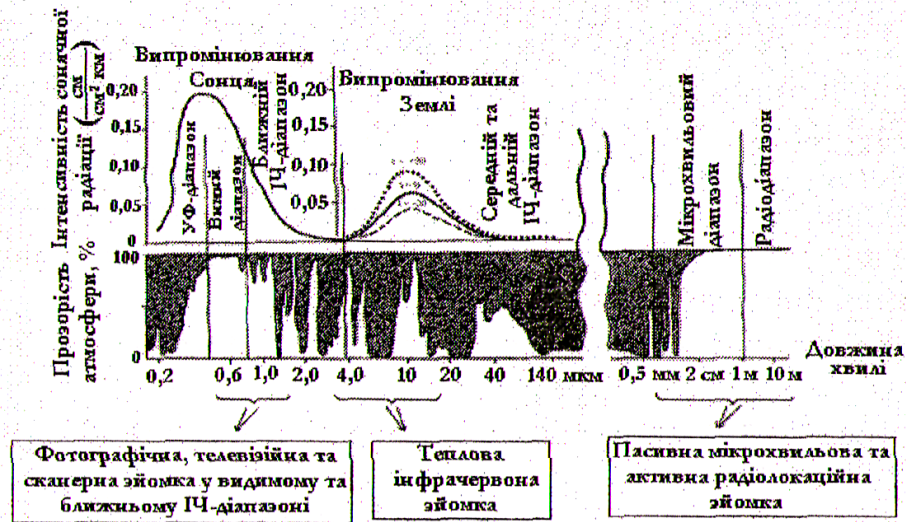


Рисунок 1 - «Вікна прозорості» атмосфери та діапазони зйомки

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.

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

2. 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.

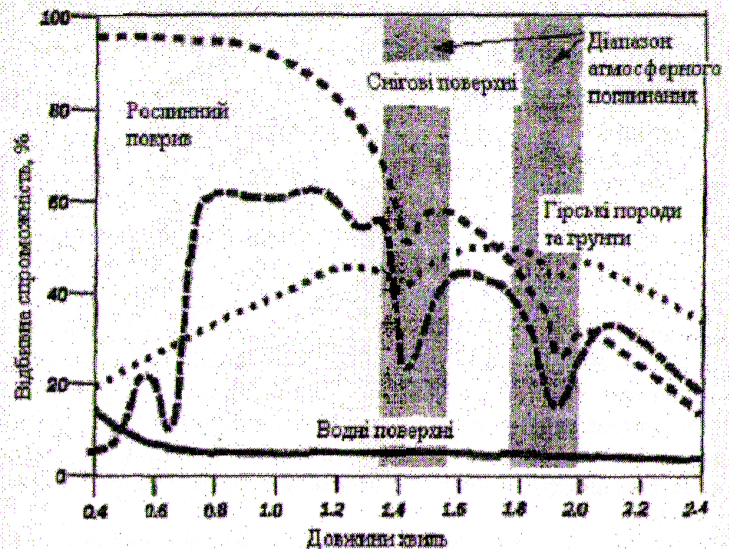


Рисунок 2 - Спектральна відбивна здатність основних класів природних об'єктів (сірим кольором вказані зони атмосферного поглинання)

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 прозорості⁶.

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 атмосфері⁷.

3. 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.

⁶ Якби атмосфера складалася з одних газів, то вона була б дуже прозорою і дальність видимості світлого часу доби була б 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*.

⁷ Зі збільшенням розмірів розсіюваних 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 змінюватися в часі і просторі.

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.

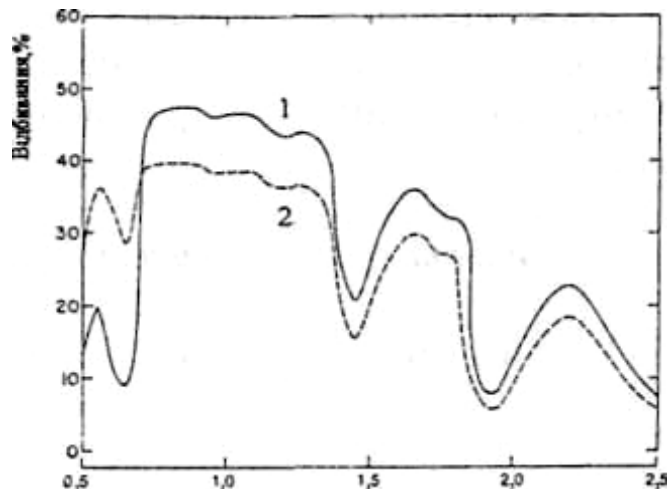


Рис. 3. Характер спектра відбивання зеленого листка в умовах: 1 — нормального постачання поживних речовин; 2 — дефіциту заліза

Відбивальні властивості рослинного покриву. Рослинний покрив можна представити як багат шарову 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 750-1350 нм порівняно з спектром відбивання поодинокого листка.

4. Метеорологічні умови зйомки та оптимальні строки знімання.

Навіть при безхмарному небі зйомку доводиться вести через усю товщу атмосфери, що поглинає частину променів. Це поглинання вибіркоче і залежить від довжини хвилі випромінювання. Тому зйомку виконують, використовуючи ті ділянки спектра, де ЕМ випромінювання не поглинається, тобто у «вікнах прозорості» атмосфери (табл.2).

Для зйомки в оптичному діапазоні найбільшу перешкоду являє хмарність. У кожний момент часу вона закриває більше 50 % поверхні земної кулі. Деякі райони залишаються закритими більшу частину року. Тому при плануванні зйомок важливо мати у своєму розпорядженні дані про умови вологості у різних районах земної кулі. Для цього проведені спеціальні дослідження з класифікації умов хмарності на основі статистики її розподілу, встановленої за даними метеосупутників.

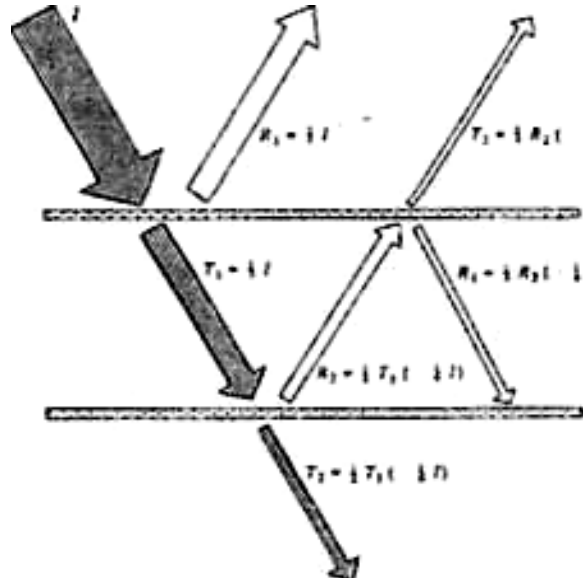


Рис. 4. Модель багат шарової структури рослинного покриву у процесі взаємодії його з оптичним випромінюванням

Вікна прозорості атмосфери - це ті частини спектру сонячного випромінювання, де електромагнітні хвилі не поглинаються в атмосфері.

Таблиця 2

Вікна прозорості атмосфери			
Спектральний інтервал	Прозорість	Спектральний інтервал	Прозорість
300-900 нм	0,45	10,0-13,0 мкм	0,30-0,55 (максимум за довжини хвилі 10,6 мкм)
1,0-1,1 мкм	0,50	1,05-1,15 мм	0,15
1,2-1,3 мкм	0,55	1,2-1,3 мм	0,50
1,5-1,8 мкм	0,60	1,9-2,1 мм	0,60
2,0-2,4 мкм	0,65	3,0-3,8 мм	0,75
3,5-4,0 мкм	0,6-0,7 (збільшується зі збільшенням довжини хвилі)	9,0-11,0 мм	0,95
4,6-4,9 мкм	0,45	2-10 см	1,0
8,0-9,5 мкм	0,20-0,55 (збільшується зі збільшенням довжини хвилі)		

Складено карти, що характеризують глобальний розподіл зон стійкої хмарності і дають оцінку умовам зйомки. Найбільш перспективними для космічної зйомки за умов хмарності, є субтропічні райони, найбільші ускладнення спостерігаються в Антарктиді й екваторіальних тропічних районах, у середніх широтах вплив екранованої хмарності також ускладнює зйомку земної поверхні.

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/
3. Некос А.Н., Щукін Г.Г., Некос В.Ю. Дистанційні методи досліджень в екології: Навчальний посібник. - Х.: ХНУ імені В. Н Каразіна, 2007. - 372 с.
4. 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
5. Поліщук Б.В. Сучасні досягнення і проблеми в дослідженнях розвитку та стану лісів./ Геодезія, картографія і аерофотознімання. - Вип. 70.- 2008.- С.39-45.

6. *Посудін Ю.І.* Фізика і біофізика навколишнього середовища.- Київ: Світ, 2000.- 304 с.
7. *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>.
8. *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.
9. *Шпарик Ю., Млчоушек М., Гаск Ф., Кохан С. Сахацький О., Жолобак Г.* Перспективи дистанційного зондування Землі для вирішення лісівничих завдань. /<http://www.ekoinform.com.ua>

Модуль 1. Тема 3. ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ АЕРОКОСМІЧНОГО ЗНІМАННЯ

План: 1.Види дистанційних зйомок, поняття про аерофотознімання. 2.Будова атмосфери та види літальних апаратів. 3.Аеро- та космофотознімання. 4.Особливості аеро- та космофотознімання лісів.

1.Види дистанційних зйомок, поняття про аерофотознімання.

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. Фізична сутність сучасних дистанційних видів зйомки полягає у *цифровій, фотографічній або графічній реєстрації ультрафіолетового, видимого, інфрачервоного і гамма-випромінювань, радіохвиль, радіоактивних процесів, а також геомагнітного, штучного електричного і гравітаційних полів*. Структура космічної системи вивчення природних ресурсів наведено на рисунку 1.



Рисунок 1 - Структура космічної системи вивчення природних ресурсів

Реєстрація сигналів може здійснюватися за допомогою цифрових фотографічних систем, оптико-електронних систем і геофізичних приймачів. Сучасні види дистанційних зйомок залежно від типу приймача і способу реєстрації об'єктів і явищ поділяються на 4 види (табл.1): *візуальні, фотографічні, фотоелектронні, геофізичні*.

Візуальні спостереження природних об'єктів з літаків, гелікоптерів або космічних кораблів дозволяють збільшити ефективність виконання низки задач щодо дослідження природних ресурсів Землі за рахунок скорочення обсягу інформації, що фіксується, її попереднього опрацювання і

добору перед передачею на Землю.

Фотографічна аерокосмічна зйомка дуже поширена через наочні знімки, які отримують за допомогою цієї зйомки. Такі зображення є найбільш змістовними та детальними, тому фотографічна зйомка з літальних апаратів найбільш розповсюджена.

Фотоелектронна зйомка дає можливість систематичного одержання зображення всієї поверхні Землі протягом тривалого часу.

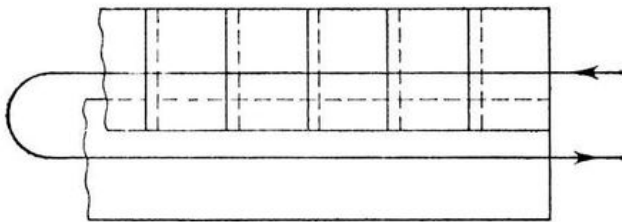
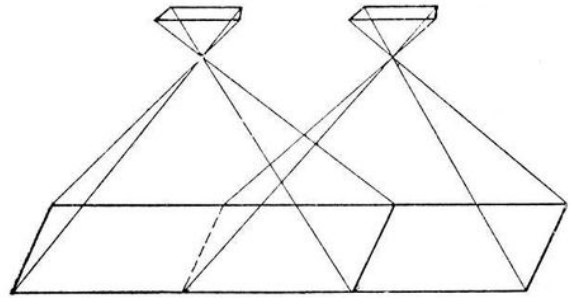
Геофізична зйомка використовується для геологічних досліджень, де основним чинником, що забезпечує формування сигналу, є гірські породи, у той час як вплив інших компонентів ландшафту близькій до нуля.

Таблиця 1

Види космічних зйомок

Аерокосмічні методи	Види зйомок	Область спектру
Візуальні дослідження	Візуальні остереження, окомірна зйомка, дешифрування знімків у польоті	Видима
Фотографічна зйомка	Чорно-біла, спектрзональна, кольорова, кольорова спектрзональна, інфрачервона, голографія	Видима, інфрачервона (ближній діапазон)
Фотоелектронна зйомка	Телевізійна, тепла (ІЧ), радіотеплова, радіолокаційна, ультрафіолетова спектрометрична	Видима, інфрачервона (теплова) радіодіапазон
Геофізична зйомка	Магнітна, радіометрична, електророзвідка, гравіметрична	Радіодіапазоні

Аерофотознімання, фотографування місцевості з повітря спеціальним **аерофотоапаратом**, встановленим на літаку, вертольоті, дирижаблі, штучному супутнику Землі або ракеті. Площина аерофотоапарата може займати задане горизонтальне (планове аерофотознімання найбільш поширене) або похиле (перспективне аерофотознімання) положення. В окремих випадках фотографування здійснюється на циліндрову поверхню або об'єктивом, що обертається (панорамне аерофотознімання). Зазвичай аерофотознімання виконують однооб'єктивним аерофотоапаратом, але інколи для збільшення площі, що фотографується на одному знімку, — багатооб'єктивним аерофотоапаратом, фотографування здійснюють одиночними аерознімками, певним напрямом (маршрутне аерофотознімання) або за площею (площинне аерофотознімання). При прокладенні маршруту частина ділянки місцевості, сфотографованої на одному знімку повинна фотографуватися і на іншому (рис.2). Відношення площі, сфотографованої на двох суміжних знімках, до площі, змалюваної на кожному окремому знімку, виражене у відсотках, називається *подовжнім перекриттям*; його задають відповідно до вимог подальшої фотограмметричної обробки (звичайне подовжнє перекриття 60%). При аерофотозніманні значної по ширині ділянки фотографування площі здійснюють серією паралельних маршрутів (рис.3), що мають між собою поперечне перекриття (зазвичай 30%).



При аерофотозніманні задають висоту польоту відносно місцевості, фокусну відстань камери аерофотоапарата, сезон і час, порядок прокладення маршрутів. В кожний момент фотографування центр проектування і площина аерознімка займають довільне положення, з причини рухливості носія

фотоапаратури. Величини, що визначають просторове положення знімка відносно прийнятої системи координат, називаються елементами зовнішнього орієнтування знімка — три лінійні координати центру проектування X_s , Y_s , Z_s (рис. 4) і три кути, що визначають поворот знімка довкола трьох осей координат (на вони відмічені).

Для визначення по аерознімках просторових координат сфотографованих точок потрібно спочатку знайти елементи зовнішнього орієнтування знімків, що пов'язане із знаходженням координат визначених геодезично деяких крапок що добре зобразилися на знімках. Для встановлення у польоті елементів зовнішнього орієнтування аерофотознімання застосовують *статоскоп*⁸, що фіксує по зміні тиску повітря зміну висоти польоту, *радіовисотомір*⁹, що визначає висоту фотографування відносно місцевості (див.

⁸ *Статоскоп* (від греч.(грецький) states — що стоїть і skopeo — дивлюся), прилад для реєстрації змін висоти польоту літального апарату по вимірюваній різниці атмосферного тиску і тиску усередині приладу. Призначений головним чином для аерофотознімання при створенні карт. Найбільше вживання має С. у вигляді рідинного диференціального барометра, що складається з 2 однакових манометричних систем, що автоматично перемикаються. По відмінності, що фіксується, в рівнях спирту в манометричних трубках, тиску і температурі повітря на висоті польоту обчислюють барометричні висоти точок фотографування і їх зміни з точністю порядку 0,5—1,0 м.

⁹ *Радіовисотомір*, прилад для визначення висоти польоту літального апарату (літака, супутника і т.д.) шляхом виміру часу проходження радіохвиль між моментами випромінювання і прийому їх приладом після віддзеркалення від підстилаючої поверхні, від якої відлічують висоту польоту, вважаючи швидкість поширення радіохвиль відомою. Розрізняють радіовисотоміри з частотною і імпульсною модуляцією випромінюваних радіохвиль. Перший тип радіовисотоміра використовують в авіації переважно при малих висотах польоту (при заході літака на посадку і т.д.). В цьому випадку радіовисотомір випромінює безперервні радіосигнали, частота яких періодично змінюється по заданому закону. Висоту літального апарату визначають по тій, що показується індикатором приладу різниці частот випромінюваних і відбитих радіосигналів.

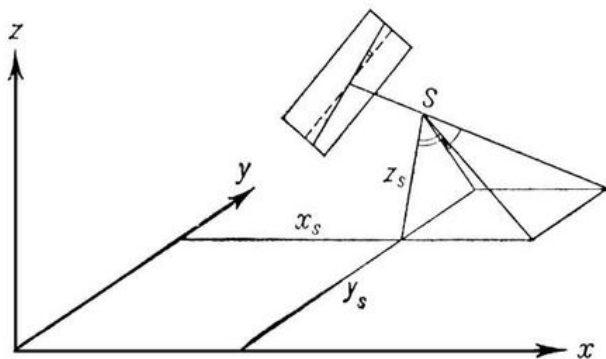
Другого типа радіовисотоміри застосовують в авіації (наприклад, при аерофотозніманні з великих висот) і в космічних польотах (наприклад, для подачі команди на включення гальмівного двигуна літального апарату на заданій його висоті від поверхні планети). В цьому випадку радіовисотомір випромінює короткі імпульси радіосигналів. Висоту літального апарату визначають шляхом виміру часу запізнювання відбитих радіоімпульсів відносно радіоімпульсів, що безпосередньо поступають в приймач радіовисотоміра з передавача радіовисотоміра.

Аерорадіонівелювання¹⁰), радіогеодезичні станції, що дають можливість знаходити відстані від літака до станцій, розташованих на земній поверхні в точках, що мають геодезичні координати; ці дані дозволяють обчислити планові координати центру проектування. Показання гіровертикалі дають можливість знайти кути нахилу знімка; їх також можна визначити обробкою знімків, на яких сфотографовано зоряне небо, положення Сонця або лінію горизонту.

Для підвищення якості і точності аерознімків при аерофотозніманні застосовують аерофотооб'єктиви з високою роздільною здатністю і малою дісторсією і аероплівку з дуже малою чутливістю. Аерофотоапарат має бути строго вирівняним за площиною, падіння освітленості по полю зору має бути найменшим, затвор повинен забезпечити дуже короткі (до 1:1000 сек) витримки, щоб зменшити нерізкість аероплівки у момент фотографування.

Фотоматеріали класифікують: за призначенням (аерофотоплівки, фототехнічні плівки та ін.); за кольором отриманого фотографічного зображення (чорно-білі, спектрзональні і кольорові); за будовою (фотоплівки, фотопластинки, фотопапір). Усі фотоматеріали мають підложку (основу) та світлочуттєвий або емульсійний шар. В аерофотографії застосовуються підложки з прозорих (триацетатних або лавсанових) плівок. При фототеодолітичних зйомках підложкою використовуваних фотоматеріалів зазвичай слугують тонкі скляні пластинки. В аерофотознімальних роботах застосовуються фотоплівки: чорно-біла панхроматична, ізопанхроматична і інфрахроматична; кольорові спектрзональні для умовної кольоропередачі (спектрзональні); кольорові для натурального відтворення об'єктів місцевості.

Багатозональна зйомка - це зйомка у вузьких спектральних діапазонах, коли одночасно використовується декілька (до 6 і більше) каналів. Діапазони багатозональної зйомки зазвичай розташовуються у різних ділянках спектра. Багатозональну зйомку можна віднести



до фотографічної, якщо зображення отримують безпосередньо на світлочуттєвих матеріалах, і до нефотографічної, якщо зображення отримують безпосередньо у вигляді електричних сигналів, які потім передають по каналах зв'язку і (або) записують на магнітну стрічку. Багатозональну фотокартку отримують у результаті фотографування однією багатооб'єктивною або комплексом синхронізованих фотокамер з різними

комбінаціями фотоплівок і світлофільтрів, що дають зональні зображення в різних спектральних інтервалах. При багатозональній зйомці отримують серію знімків, неідентичних за розподілом оптичних щільностей, що пов'язано з розходженнями в відбивній спроможності об'єктів зйомки в різних зонах спектра¹¹.

Характеризовані вище види ДЗЗ належать до *пасивних*, або тих, які різними засобами фіксують природне випромінювання об'єктів знімання. До *активних* систем належать ті, які дозволяють отримати більшу інформацію або завдяки більшому куту захоплення зображення, або завдяки застосуванню штучного променевого або хвильового випромінювання.

¹⁰ *Аерорадіонівелювання*, спосіб визначення при *аерофотозніманні* висот точок місцевості, заснований на вимірі часу проходження радіохвиль від літака до земної поверхні і назад. Розроблений в СРСР в 1945. Виконується шляхом визначення висоти польоту H_R за допомогою радіовисотоміра і перевищення $D H_C$ літака над вихідною ізобаричною поверхнею, вимірюваного *статоскопом*.

¹¹ Природні об'єкти навколо нас мають різні спектри відбиття. Якщо усю видиму область електромагнітного випромінювання розбити на декілька зон і через світлофільтри, що пропускають тільки визначену частину усього видимого спектру, приймати випромінювання від якогось об'єкта, то інтенсивність і форма прийнятих сигналів виявляться різними. Маючи зображення земної поверхні в цьому діапазоні, можна за вимірами інтенсивності випромінювання від різних об'єктів визначити їхній тип. Якщо використовувати ще один діапазон хвиль і в ньому виміряти інтенсивність випромінювання від тих же об'єктів, тоді випромінювальні і відбивні характеристики об'єктів, різних за своїми фізичними і біологічними властивостями, проявляться сильніше, і дозволять виявити наявні в них відмінності. Наприклад, рілля і посіви різних культур, сфотографовані в декількох зонах спектра, відобразяться по-різному, опинившись на знімку зовсім різного кольору, відтінку і щільності. Так, у діапазонах 0,4 - 0,44 мкм, 0,62 - 0,66 мкм виявилось можливим розрізнити такі категорії посівів, як жито, кукурудза, соя, люцерна й інші, і не засаджені ґрунти.

Так, в аерофотоапаратах встановлюються *високоякісні об'єктиви* з різною фокусною відстанню від 35 до 1000 мм, що дозволяє збільшувати територіальне охоплення зйомки.

За допомогою *сканерів-радіометрів* формуються «мозаїчні» знімки, що складаються з багатьох окремих, послідовно отриманих елементів зображення. При сканерній зйомці зображення місцевості отримують у вигляді неперервної смуги, що складається зі смуг (сканів), що в свою чергу складаються з окремих елементів (пікселів)¹².

Телевізійна апаратура поділяється за засобом запису та передачі відеоінформації на *оптичну, оптико-механічну і фото-телевізійну*. За спектральним діапазоном фотографічні і телевізійні системи охоплюють довгохвильову частину УФ-діапазону (0,3-0,4 мкм), видиму і ближню ІЧ-область (0,4-0,9 мкм) спектру. На виході таких камер формується видиме зображення об'єкту. Одним з ефективних приладів відеознімання є *телевізійні камери*.

Можлива також активна зйомка за допомогою *лазерних локаторів (лідарів - скорочення від Light Distance And Ranging)*, що використовують монохроматичне випромінювання УФ та видимого діапазонів. Принцип дії лідара у вимірюванні інтенсивності розсіювання лазерного випромінювання аерозолем атмосфери. Лідар посилає в атмосферу короткий імпульс світла і приймає назад сигнал зворотного розсіювання.

Локатори бічного огляду є прикладами знімальних систем, що дозволяють отримати «строчні» знімки. Бічний огляд - один з видів активної зйомки з рухомого носія здійснюється в радіо або акустичному діапазонах хвиль за допомогою знімальних систем *-радіолокатора бічного огляду та гідролокатора бічного огляду*.

Радіолокаційні системи - це радіометри активного типу, що сприймають відбиту від об'єкта енергію при його опроміненні у визначеній ділянці радіочастотного або видимого діапазонів спектру.

Для вимірів спектральних характеристик відбитка різних природних утворень використовуються *спектрометри* - прилади, що сприймають відбиту об'єктом енергію або енергію, що випромінюється об'єктом, одночасно в декількох, значно більш вузьких, ніж у радіометрах, смугах УФ, ІЧ- або радіочастотного діапазонів спектру.

2.Будова атмосфери та види літальних апаратів.

Будову (структуру) атмосфери та основні характеристики її складових частин схематично можна представити у вигляді таблиці 2 та проілюструвати рис.5. Атмосфера поділяється на тропосферу, стратосферу та іоносферу. Безпосередньо до земної поверхні прилягає тропосфера, далі розташовується стратосфера, а іоносфера зливається з космічним простором. Під дією сонячного вітру біля Землі утворилися радіаційні пояси. Загальна маса атмосфери становить близько $5,27 \cdot 10^{15}$ тон. Це приблизно 0,00009 % від усієї маси Землі. Із цієї маси 80 % припадає на тропосферу. Атмосферне повітря складається із механічної суміші таких газів : азоту 78,03 %, кисню 20,99 %, невеликих домішок аргону 0,94 % та вуглекислого газу СО₂ 0,03 %.

Відповідно до будови атмосфери розподіляються сфери застосування літальних апаратів. Космічний ярус. Для зйомок із космосу, тобто з висот більше 100 км, використовують як автоматичні, так і пілотовані космічні апарати (рис.6). Штучні супутники Землі (ШСЗ) - це відносно невеликі космічні апарати, призначені для зйомок. Значно більші можливості для розміщення й енергозабезпечення знімальної апаратури є на орбітальних станціях і комплексах.

Космічна зйомка виконується з носія, що переміщається за визначеною орбітою. Супутники для зйомки Землі запускаються на орбіти з різними висотами. Найбільш поширені висоти - 300, 600, 900, 36000 км. У міру збільшення висоти зростає час існування супутників, охоплення зйомкою, але зменшується розрішувальна спроможність знімка. Супутник рухається по орбіті зі швидкістю, що перевищує швидкість літака в сотні разів.

¹² Сканування - це послідовний рядковий перегляд смуги місцевості з КЛА або літака. Зображення формується по мірі переміщення КЛА по трасі польоту за рахунок додавання окремих рядків. Рядки сканування зазвичай розташовуються перпендикулярно до напрямку польоту. Радіометри, що сканують, за спектральним діапазоном можуть бути поділені на сканери видимого діапазону ($\lambda_v = 0,4-0,7$ мкм), ІЧ радіометри ($\lambda_{\text{ІЧ}} = 0,9-1,3; 1,5-1,8; 2-2,5; 3-4; 8-12$ мкм), мікрохвильові радіометри, що сканують ($\lambda_{\text{МХ}} = 1,55$ см) і багатоспектральні системи, що сканують, які обладнані приймачами.

Для навколоземних орбіт період обертання супутника в середньому складає біля 1,5 години. Космічна зйомка може виконуватися при різних положеннях оптичної вісі знімального апарату стосовно напрямку місцевої вертикалі. Залежно від цього розрізняють: *планову, перспективну, планово-перспективну і панорамну зйомки*. Панорамна зйомка дозволяє схопити більшу площу, ніж при плановій зйомці, а також виключити перекручування зображення через особливості самої зйомки. При плановій зйомці утворюється найкраща якість зображення і досягається найбільша спроможність.

Таблиця 2



Рис.5. Будова атмосфери

Будова атмосфери

Назва шару атмосфери	Висота, км	Температура °C	Тиск, х 133 Па (мілібар, 1мб =0,75 мм рт.ст.)
Воднева геокорона	Вище 2000 (3000) км і до 20000 км		
Екзосфера	3000-800	Газо кінетична, 1000 - 2000	
Термосфера (іоносфера)	800 - 100	Газо кінетична, 1000 (на вис.100 км переходить через 0, а на вис.150 км +200 ... 200 км - 500, 600 км - 1500)	1,9 - 8,0
Мезопауза	~ 90	- 75 ... 0	4 - 5
Мезосфера		0 ... -75	0,01
Стратопауза	~50	0 - ...+10	0,2 -0,8
Стратосфера			
На висоті 30-35 (22-27) км озоновий шар товщиною, 0,23-0,52 км	до 50	верх: +10...+20 низ: -75...-80	9,5 - 42
Тропопауза	~10-15		42
Тропосфера (90% маси)	8-на полюсах 18- екватор	верх -80 низ + 30 0,6 на 0,1 км	760 (на рівні моря -1013 на вис 16 км -100)

Авіаційний ярус. Для аерознімань використовують або спеціально пристосовані літаки, або гелікоптери. Залежно від напрямку оптичної осі знімального апарату розрізняють планове і перспективне аерознімання. При *плановому* (вертикальному) аерозніманні вісь знімального апарата приводять у стрімке положення, при якому знімок горизонтальний. Але через коливання літака в процесі польоту апарат нахилиється. У порівнянні з плановим, перспективний знімок охоплює велику площу, а зображення утворюється в більш звичному для людини ракурсі. Крім того використовують в залежності від характеру покриття місцевості знімками, аерофотозйомку одномаршрутну, багатомаршрутну (або площадку) та вибірккову.

Планова зйомка - відбувається коли космічний апарат знаходиться над об'єктом і оптична вісь апарата збігатися з напрямом місцевої вертикалі або відхилитись від неї більше ніж на 3°-5°.

Масштаб зображення на плановому знімку постійний в усіх напрямках, тому планова зйомка використовується в тих випадках, якщо необхідно одержати точні геометричні характеристики об'єктів, що знімаються.

Перспективна зйомка - оптична вісь апарата відхиляється щодо місцевої вертикалі більш ніж на 5° . Найкраща перспективність знімків спостерігається при куті відхилення оптичної вісі від напрямку місцевої вертикалі, рівному 45° .

У цьому випадку масштаб фотознімка для переднього і заднього планів буде різним. Але незважаючи на значну дрібномасштабність зображення на перспективних знімках, вони успішно використовуються для дешифрування, особливо в тих випадках, коли необхідний самий факт встановлення об'єктів зйомки.

Планово-перспективна космічна зйомка здійснюється, якщо на борту космічного корабля знаходиться не менше 3-х знімальних камер, дві з них виконують перспективну зйомку, а центральна камера - планову.

Цей вид зйомки дозволяє одночасно одержувати планові знімки для цілей картографування і перспективні - для дешифрування і виконання різних досліджень.

Панорамна зйомка здійснюється знімальним апаратом, у якому об'єкти знаходяться в напрямі, перпендикулярному до руху носія. **Вибіркова аерофотозйомка** відбувається в тому випадку, коли об'єкт зйомки невеликий і розміщується на одному чи декількох знімках.

Одномаршрутна аерофотозйомка використовується при дослідженнях річкових долин, прибережної полоси та ін.

Багатомаршрутне (або **площадне**) **планове аерознімання**, при якому ділянка, яка знімається, суцільно вкривається серією рівнобіжних прямолінійних маршрутів. У маршруті на кожному наступному знімку зображується частина місцевості, сфотографована на попередньому знімку, тобто аерофотознімки завжди одержують із подовженим перекриттям,

яке зазвичай виражають у відсотковому відношенні. Аерознімальні маршрути прокладають так, щоб знімки сусідніх маршрутів мали поперечне перекриття. Зазвичай перекриття складають: *продольне* - 65 %, а *поперечне* - 35 %.

Прокладає курс літака *штурман*. Він також задає і висоту польоту для дотримання масштабу зйомки. **Бортоператор** одночасно зі спостереженнями та роботою з фотоапаратом записує результати зйомки в спеціальний журнал. В ньому також записуються: кількість знімків, що було зроблено на даному відрізку маршруту, відмічаються збої в роботі фотоапарата, зміна умов зйомки. Отже, за рахунок багаторушності зйомок виконуються дослідження, що охоплюють всю планету Земля та окремі її регіони.

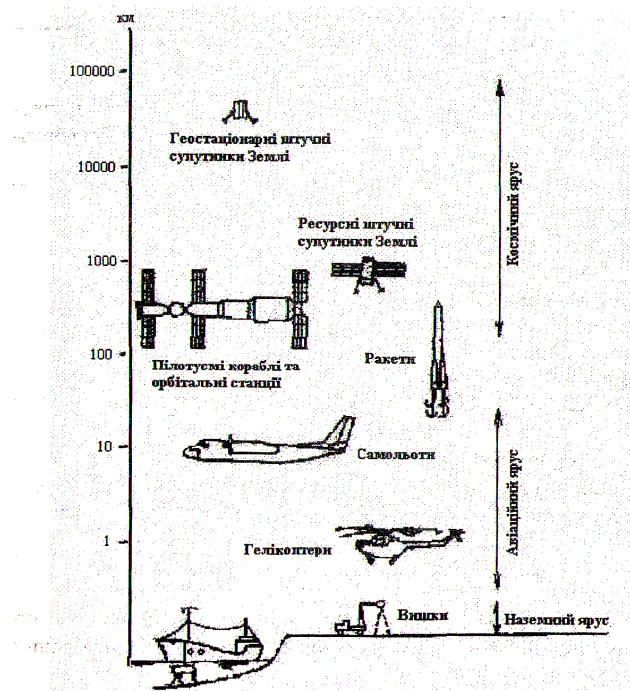


Рисунок 13 – Багаторушні дослідження [37]

на носіях, що піднімають апаратуру на необхідну висоту для виконання повітряної або космічної зйомок, чи на наземних стаціонарних або пересувних лабораторіях і дослідницьких судах, що виконують всебічні дослідження. Крім цього, зйомки виконуються і з різного виду ракет, аеростатів, повітряних куль тощо.

Найбільш широко для аерокосмічної зйомки використовуються авіаційні і космічні літальні апарати, що включають літаки і космічні кораблі різного призначення (табл.3).

Авіаційні носії. Аерофотознімання виконують із літаків різних типів: АН-2, ІЛ-14, АН-30, а також гелікоптерів КА-18.

Літак АН-2 використовується зазвичай для аерофотознімання великих масштабів (від 1:25000 до 1:10000), при зйомці невеликих ділянок і трас.

Літак ІЛ-14 використовується для проведення аерознімання в середніх і великих масштабах. Устаткування дозволяє робити польоти в складних метеоумовах удень і вночі.

Літак АН-30 використовується для аерофотознімання в масштабах від 1:5000 до 1:200000.

Гелікоптери (МІ-1, МІ-4, КА-18, КА-26) використовуються для аерофотознімання невеликих територій, промислових майданчиків.

Космічні носії. Класифікація КА є завданням досить трудомістким, оскільки кожен апарат унікальний, а коло завдань, що розв'язують КА, постійно розширюється. Найбільш необхідними на сьогоднішній день є супутники зв'язку, навігаційні, дистанційного зондування Землі й наукові. Супутники військового призначення й супутники-розвідники становлять окремий клас, але по суті своїй вони вирішують ті ж завдання, що і їх «мирні» побратими.

Таблиця 3

Характеристика літаків та гелікоптерів, які застосовуються для виконання польотнознімальних робіт

Характеристики	Літаки		Гелікоптери	
	АН-	ІЛ- 14	АН-2	К
Польотна вага, т	23	18	5	1,5 по
Крейсерська швидкість, км/год	350	320	180	3,0
Практичний поштовк, км	7,0	6,5	4,5	
Максимальна дальність польоту при найвигіднішому режимі, км	2500	2100	1300	750

Інформацію з космосу одержують за допомогою знімальної апаратури, яка встановлюється на *космічних літальних* апаратах, що поділяються на: штучні супутники Землі (ШСЗ); пілотовані космічні кораблі (ПКК); пілотовані орбітальні станції (ПОС); автоматичні міжпланетні станції (АМС). ШСЗ залежно від призначення, устаткування знімальними системами і приладами реєстрації підрозділяються на: дослідницькі, технічні і природні. *Дослідницькі ШСЗ* призначені для вивчення верхніх шарів атмосфери й іоносфери, фізичних явищ у навколосемному і міжпланетному просторі, вивчення Сонця, планет, уточнення фігури і розмірів Землі і планет.

3. Аеро- та космофотознімання.

Найбільш розповсюдженою є аерофотозйомка. Накопичено досить великий досвід аналізу аерофотографічних зображень. Для зйомки використовують фотографічні камери, сьогодні здебільшого - цифрові. Вони є найбільш поширеною, найбільш універсальною знімальною апаратурою. Цифрові камери працюють приблизно так само, як звичайні, тільки в ролі плівки виступає *матриця* - панель, на якій зафіксовані світлочутливі елементи. Вони здатні вловлювати світло й перетворювати його в електричний сигнал. Сучасні технології дозволяють робити матриці, на яких розміщено більше шести мільйонів таких елементів. Цифрові знімки являють собою дискретне зображення, що складається з великої кількості окремих елементів - *пікселів*. Їх отримують за допомогою скануючих систем на борту супутника чи при ручному цифруванні аналогових знімків у растровому форматі. Растрові дані організовані у сітку та стовпчики і представляють деяку географічну область; *піксель* - це комірка сітки та найменша частина цифрового зображення області. Значення кожної растрової комірки - кодована спектральна яскравість. Ці цифрові представлення при відображенні їх на екрані чи при роздрукуванні формують зображення. Цифрові знімки зберігаються в файлах даних, що ще називаються файлами зображень, на магнітних стрічках, комп'ютерних дисках чи в інших середовищах. Одному пікселю зображення може відповідати декілька значень файлів даних, число яких визначається набором спектральних зон знімка, який використовується¹³.

¹³ Термін «піксель» використовується для визначення елемента, як файлу зображення, так і зображення на екрані дисплея. Зазвичай один піксель у файлі відповідає одному дисплейному пікселю чи елементу зображення на роздрукуванні. Стандартний числовий тип записів цифрових знімків - бінарний байт, що відповідає правилам кодування спектральної яскравості. Для відображення файлів зображень на екрані монітору чи в печатному вигляді створюють набори файлів - палітр, або спеціальні таблиці перекодування. Призначення таких файлів та таблиць — задати відповідність між числовим значенням файлу даних та кольором його відображення.

Електричні сигнали, які продукують елементи матриці, розрізняються за силою: чим більше світла вловив елемент, тим сильніше буде сигнал. Він передається на аналого-цифровий перетворювач, що оцінює силу сигналу й записує його як число. Процесор приймає від перетворювача потоки чисел і записує їх. З послідовності цих чисел і формується цифровий знімок, що потім записується на пам'ять камери/комп'ютера. Кожен знімок, зроблений цифровою камерою, - це файл, який можна переписати на жорсткий диск комп'ютера, видалити, відредагувати за допомогою програми обробки зображень, відіслати другові по електронній пошті або роздрукувати.

Знімальна апаратура космічних апаратів має наступні характеристики (Табл.4).

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

4. Особливості аеро- та космознімання 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 ввізуальної космічної інформації;
- отримання і накопичення наземної 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. км², 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 спектру (довжина хвилі $\lambda = 0,62\text{--}0,76$ мкм) лежить максимум поглинання сонячної радіації хлорофілом, а в ближній інфрачервоній області ($\lambda = 0,76\text{--}1,3$ 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]: $NDVI = (B_{\text{БЧ}} - B_{\text{ЧВ}}) / (B_{\text{БЧ}} + B_{\text{ЧВ}})$, де: $B_{\text{БЧ}}$ – значення яскравості пікселя 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 $NDWI = (B_{\text{БІЧ}} - B_{\text{СІЧ}}) / (B_{\text{БІЧ}} + B_{\text{СІЧ}})$, де: $B_{\text{СІЧ}}$ – значення яскравості пікселя 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). Ціни на космічні знімки та замовлення космічної зйомки в центрі «Природа» одні із найнижчих в Україні.

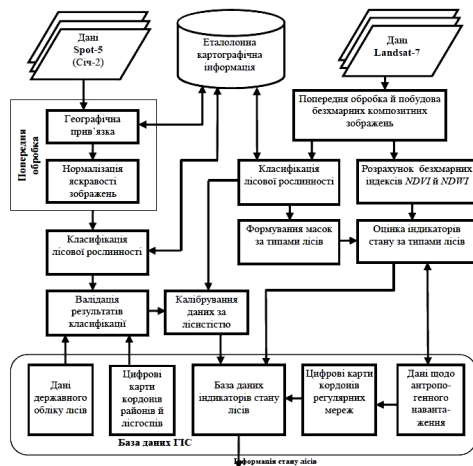


Рис. 8. Структурно-логічна схема операцій оцінки стану лісів з використанням супутникових даних і ГІС

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.

Часто після вирубок й пожеж виникають вторинні дикоростучі ліси переважно листяних 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.

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/
3. Некос А.Н., Щукін Г.Г., Некос В.Ю. Дистанційні методи досліджень в екології: Навчальний посібник. - Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2007. - 372 с.
4. 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
5. Поліщук Б.В. Сучасні досягнення і проблеми в дослідженнях розвитку та стану лісів./ Геодезія, картографія і аерофотознімання. - Вип. 70.- 2008.- С.39-45.
6. Посудін Ю.І. Фізика і біофізика навколишнього середовища.- Київ: Світ, 2000.- 304 с.
7. 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>.
8. 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.
9. Шпарик Ю., Млчушек М., Гаск Ф., Кохан С. Сахацький О., Жолобак Г. Перспективи дистанційного зондування Землі для вирішення лісвничих завдань. /<http://www.ekoinform.com.ua>
10. <http://vseslova.com.ua/word/>

Модуль 1. Тема 4. ГЕОМЕТРИЧНІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ АЕРОКОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ

План: 1. Геометричні властивості аерокосмічних знімків. 2. Масштаб знімка, його визначення. 3. Отримання стереоефекту, стереопара. 4. Інформаційні властивості аерокосмічних знімків.

1. Геометричні властивості аерокосмічних знімків.

Розуміння геометричних властивостей аерокосмічних знімків потребує уявлення про центральну проекцію. Уявлення про елементи центральної проекції дає рис.1, на якому зображені:

- Площина T , в якій розміщуються проєктовані точки місцевості, називається *площиною основи (площиною предмета)*.
- Площина P , куди проєкуються ці точки, називається *площиною зображення (картини) або площиною знімка*. Припускається, що площини T і P нескінченні і обмеження їх лініями є умовним.
- Двогранний кут ε між площинами знімка і основи – це *кут нахилу знімка*. Він довільний, але якщо дорівнює нулю, то знімок вважається горизонтальним.
- S – *центр проєкції*.
- Проектований промінь So , перпендикулярний до площини знімка, називається *головним променем*. Він повинен збігатись з головною оптичною віссю фотокамери, але це не завжди виконується.
- Точка o перетину головного променя з площиною знімка називається *головною точкою*, а відстань So – його фокусною відстанню f . Вона має дорівнювати фокусній відстані фотокамери.
- Точка n перетину відвісного проєктованого променя, з площиною знімка називається *точкою надира*. Вона є зображенням точки N місцевості, яка в момент фотографування знаходилась на одній відвісній лінії (на лінії перпендикулярній основі) з передньою вузловою точкою об'єктива фотокамери.
- Вертикальна площина W , що проходить через точки S , o , n називається *площиною головного вертикала*.
- Слід vv площини W на знімку це його *головна вертикаль*, а слід VV площини W на основі називається *лінією напрямку зйомки*.
- Горизонтальний проєктований промінь SI , що лежить в площині головного вертикала W , перетинає площину знімка в *головній точці сходження* I .
- Точка c перетину бісектриси кута $So n$ (ε) з площиною знімка називається *точкою нульових спотворень*. Вона володіє важливими властивостями, які розглядаються при вивченні геометричної характеристики нахилоного знімка. Точки I , o , c і n знімка розміщуються на його головній вертикалі.
- Лінії hh , що лежать в площині P та перпендикулярні до головної вертикалі, є *горизонталями знімка*. Причому, $h_i h_i$ – *лінія основи*. Ця лінія перетину площини знімка с площиною основи; $h_c h_c$ – *лінія неспотвореного масштабу* – горизонталь, що проходить через точку нульових спотворень c ; $h_o h_o$ – *головна горизонталь*, вона проходить через головну точку знімка o ; $h_t h_t$ – *лінія дійсного (істинного) горизонту* – лінія перетину знімка і горизонтальної площини (площини дійсного горизонту), що проходить через центр проєкції S .

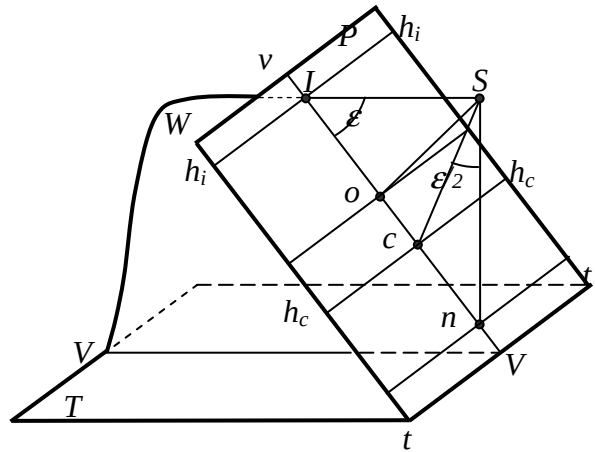


Рис. 1. Елементи центральної проєкції

Властивості центральної проекції

1. Перспективним зображенням будь-якої точки місцевості, наприклад, A , є точка a і причому єдина (рис.2). Будь-якій точці знімка, наприклад, a відповідає незчисленна множина точок місцевості A, A_1 і т.д.
2. Перспективним зображенням будь-якої прямої простору, наприклад BC , що не проходить через центр проекції, є пряма bc , причому єдина. Але вона зображувалась би точкою, якби розміщувалась на проєктованому промені, наприклад пряма DK і точка d (або k). Будь-якому відрізку на знімку, наприклад bc , відповідає нескінченне число відрізків місцевості BC, B_1C_1 і т.д.
3. Зображення будь-якої системи взаємно паралельних прямих простору, наприклад AB

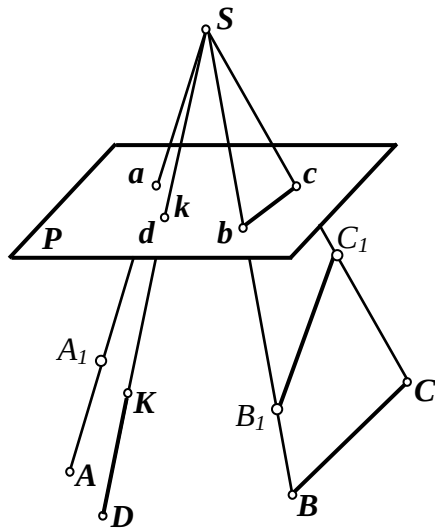


Рис.2

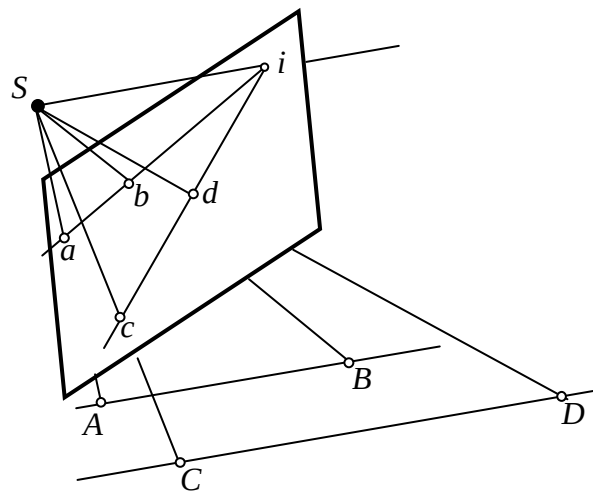


Рис.3

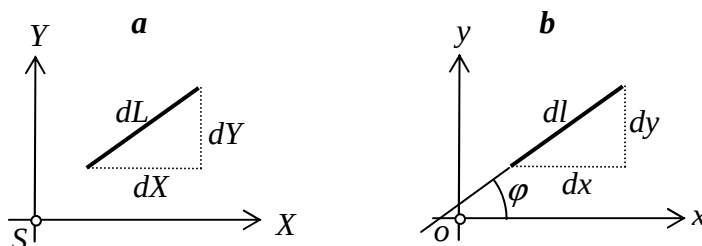
CD і т.д., сходяться на знімку в одній точці i , яка називається *точкою сходження*. Для того, щоб її отримати необхідно з центру проєкцій провести проєктований промінь паралельно системі прямих простору. Там, де він перетне площину знімка і знаходиться точка сходження (рис.3). Будь-яка система прямих ліній, паралельних площині знімка, має точку сходження в нескінченності. Якщо паралельні прямі знаходяться на місцевості (в площині основи), то точка сходження їх зображень розміщена на лінії $h_i h_i$ дійсного горизонту.

2. Масштаб знімка, його визначення.

Масштабом знімка $1/m$ в даній точці по даному напрямку називається відношення нескінченно малого відрізка dl на знімку до відповідного відрізка dL на місцевості. Тобто:

$$\frac{1}{m} = \frac{dl}{dL}. \quad (1)$$

Нехай місцевість рівнинна, а початки координат в просторі і на знімку розміщені відповідно в точках S і o , (рис.4).

Рис.4. a – горизонтальний відрізок на місцевості, b - його зображення

Позначивши проекції відрізків dl і dL на відповідні координатні вісі через dx , dy и dX , dY , з урахуванням даного визначення масштабу і рис. 4 напишемо:

$$\frac{1}{m} = \frac{dx}{\cos \varphi \sqrt{dX^2 + dY^2}}, \quad (2)$$

де φ – кут між віссю x знімка і заданим напрямком відрізка dl .

При вказаному виборі систем координат, і при умові, що вісі ординат розміщені в площині головного вертикала, справедливі рівняння¹⁴ залежності між координатами точок місцевості і знімка. Продиференціюємо їх по перемінним x і y , в результаті отримаємо:

$$dY = \frac{H dy}{f \left(\cos \varepsilon - \frac{y}{f} \sin \varepsilon \right)^2}; \quad dX = H \frac{\left(\cos \varepsilon - \frac{y}{f} \sin \varepsilon \right) dx + \frac{x}{f} \sin \varepsilon dy}{f \left(\cos \varepsilon - \frac{y}{f} \sin \varepsilon \right)^2}.$$

Введемо позначення:

$$k = \cos \varepsilon - \frac{y}{f} \sin \varepsilon, \quad p = \frac{x}{f} \sin \varepsilon, .$$

і врахуємо, що $dy = dx \operatorname{tg} \varphi$, тоді

$$dY = \frac{H dx}{f k^2}, \quad dX = -\frac{H (k + p \operatorname{tg} \varphi) dx}{f k^2}, \quad (3)$$

Підставивши вираз dX и dY з співвідношень (3) в формулу (2), будемо мати:

$$\frac{1}{m} = \frac{f k^2}{H \sqrt{\sin^2 \varphi + (k \cos \varphi + p \sin \varphi)^2}}. \quad (4)$$

Отримана рівність показує, що масштаб знімка залежить від фокусної відстані АФА, висоти фотографування, кута нахилу знімка, положення точки на знімку (координат x та y), в якій взятий елемент dl і від напрямку φ цього елемента відносно лінії головного вертикала vv .

Визначимо значення масштабу $1/m$ для приватних випадків.

1. Масштаб горизонтального знімка ($\varepsilon = 0$). Підставивши це значення в формулу (4), з урахуванням прийнятих позначень k та p отримаємо:

$$\frac{1}{m} = \frac{f}{H},$$

Тобто, масштаб горизонтального знімка плоскої місцевості у всіх точках постійний.

2. Масштаб нахиленого знімка у напрямку головної вертикалі ($x = 0$, $\varphi = 90^\circ$):

$$\frac{1}{m} = \frac{f}{H} \left(\cos \varepsilon - \frac{y}{f} \sin \varepsilon \right)^2. \quad (5)$$

На підставі рівняння (5) запишемо значення масштабу $1/m$ в характерних точках, що лежать на лінії головного вертикала:

В головній точці знімка o ($y = 0$)

$$\frac{1}{m} = \frac{f}{H} \cos^2 \varepsilon;$$

¹⁴ $X = H \frac{x}{f \cos \varepsilon - y \sin \varepsilon}$ і $Y = H \frac{y \cos \varepsilon + f \sin \varepsilon}{f \cos \varepsilon - y \sin \varepsilon}$

В точці нульових спотворень $c \left(y = -f \operatorname{tg} \frac{\varepsilon}{2} \right)$, тому:

$$\frac{1}{m} = \frac{f}{H};$$

В точці надира $n \left(y = -f \operatorname{tg} \varepsilon \right)$, після підстановки отримуємо:

$$\frac{1}{m} = \frac{f}{H \cos^2 \varepsilon};$$

В головній точці схода $I \left(y = f \operatorname{ctg} \varepsilon \right)$

$$\frac{1}{m} = 0.$$

Таким чином, **масштаб в точці нульових спотворень рівний, в головній точці дрібніший, а в точці надира крупніший масштабу горизонтального знімка. Масштаб в точці нульових спотворень називається головним масштабом знімка.**

3. Масштаб нахиленого знімка за напрямом горизонталі ($\varphi = 0^\circ$)

$$\frac{1}{m} = \frac{f}{H} \left(\cos \varepsilon - \frac{y}{f} \sin \varepsilon \right) \quad (6)$$

Оскільки в рівнянні абсциса точки відсутня, то вздовж горизонталі, якщо місцевість рівнинна, масштаб є величиною постійною.

Запишемо вирази $1/m$ для горизонталей, що проходять через характерні точки знімка:

По лінії дійсного горизонту $h_i \ h_i \left(y = f \operatorname{ctg} \varepsilon \right)$, тому:

$$\frac{1}{m} = 0;$$

Вздовж головної горизонталі $h_0 \ h_0 \left(y = 0 \right)$, після підстановки маємо:

$$\frac{1}{m} = \frac{f}{H} \cos \varepsilon;$$

На лінії неспотвореного масштабу $h_c \ h_c \left(y = -f \operatorname{tg} \frac{\varepsilon}{2} \right)$, значить

$$\frac{1}{m} = \frac{f}{H};$$

По горизонталі $h_n \ h_n$, що проходить через точку надира $n \left(y = -f \operatorname{tg} \varepsilon \right)$, і:

$$\frac{1}{m} = \frac{f}{H \cos \varepsilon}.$$

Виконаний аналіз показав, що масштаб знімка в точці c по любому напрямку рівний масштабу горизонтального знімка.

3.Отримання стереоефекту, стереопара.

Стереоскопічний зір це просторове сприйняття, що виникає при розгляданні об'єкта двома очима. Таке розглядання називається *бінокулярним зором*. В цьому випадку спостерігач встановлює очі таким чином, щоб зображення об'єкта опинилося в центральних ямках f_1 і f_2 сітчаток обох очей (рис.5). Тому зорові вісі очей перетинаються в тому місці об'єкта, яке спостерігач бажає чіткіше розглянути. Точка перетину зорових вісей називається *точкою фіксації F* бінокулярного зору. Відстань b між центрами хрусталиків лівого і правого ока це очний базис. Він у людей різний і коливається в межах від 55 до 72 мм.

Просторове сприйняття можна отримати не лише при безпосередньому розгляданні

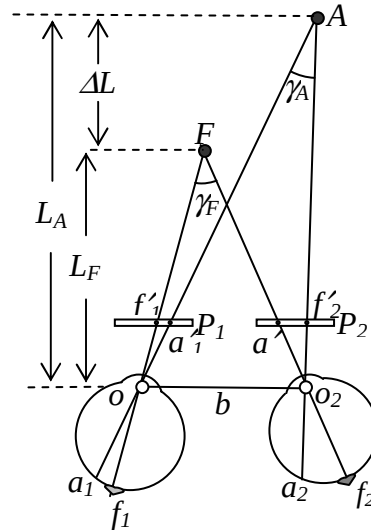


Рис.5 Бінокулярний зір

об'єкта в натурі, а й при розгляданні стереопари знімків цього об'єкта.

Уявимо собі, що з точок S_1 і S_2 зроблені два знімки P_1 і P_2 розглядуваного об'єкта (точки F і A , рис.6). Поставимо ці знімки перед очима спостерігача так, щоб проєкуючі промені проходили через зображення відповідних точок на знімках (точки a'_1, a'_2 і f'_1, f'_2). При розгляданні кожного знімка (лівого P_1 – лівим оком, а правого P_2 – правим) зображення точок об'єкту отримуються в тих саих точках сітчаток, що й при розгляданні самого об'єкта, і внаслідок різностей фізіологічних паралаксів виникає враження об'ємного зображення.

Просторове сприйняття об'єкта при бінокулярному розгляданні пари знімків, отриманих з різних точок простору, називається стереоскопічним ефектом, а сприйнята при цьому уявна картина – *стереоскопічною моделлю*.

Для отримання стереоефекта, крім названих вище умов необхідно, щоб:

1. Різниця масштабів знімків стереопари не перевищувала 16%.
2. Кожним оком спостерігався лише один із знімків.
3. Кут, під яким пересікаються відповідні промені, не перевищував 16° .
4. Положення знімків було узгоджене з очним базисом. В першому наближенні це

здійснюється росташуванням знімків на лінії, паралельній очному базису.

Два знімки з зображеннями однієї й тієї ж самої ділянки місцевості, отримані з двох точок простору, називаються *стереоскопічною парою знімків* (стереопарою). Знімок, отриманий з точки фотографування S_1 , називається лівим, а з S_2 – правим.

На рис.6 зображена пара знімків в положенні, яке вона займала в момент фотографування. A – точка місцевості, зображена на знімках в точках a_1 і a_2 . Вони називаються відповідними або однойменними точками. Проековані промені S_1A і S_2A , що проходять через ці точки називаються *відповідними або однойменними проєкованими променями*.

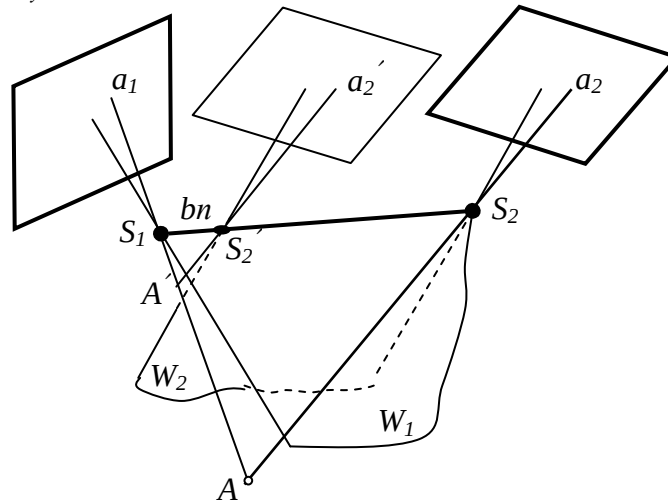


Рис.6.

Відстань B між точками фотографування S_1 і S_2 – базис фотографування.

Площина W_A , що проходить через базис і точку A місцевості є базисною площиною.

Площини, що проходять через базис фотографування і головні промені є головними базисними площинами (W_1 - лівого W_2 - правого знімків).

Будь-яка пара відповідних променів пересікається, якщо знімки займають положення, яке було в момент фотографування. Сукупність їх точок перетину утворює поверхню. Її називають *стереомоделлю або просто моделлю місцевості*. При вище вказаних умовах вона збігається з земною поверхнею, значить масштаб такої моделі 1:1.

Уявимо тепер, що одна із зв'язок (наприклад, права) поступово переміщується вздовж базису з положення S_2 в S_2' . Модель при цьому не зруйнується, але зміниться її масштаб. Відстань b_n між центрами проєкцій двох зв'язок, за якими побудована модель, називається базисом проєктування, і її масштаб розраховується за формулою:

$$\frac{1}{t} = \frac{b_n}{B}. \quad (62)$$

Існує поняття елементів орієнтування стереопари. До них відносять розглянуті раніше елементи орієнтування (внутрішнього x_0, y_0, f і зовнішнього $X_S, Y_S, Z_S, \alpha, \omega$, и κ) кожного з утворюючих її знімків, таким чином, загальне їх число 18. Якщо фотографування місцевості з точок S_1 і S_2 виконане одним і тем же АФА, то стереопара має 15 елементів орієнтування. В системах координат знімків положення точок a_1 і a_2 (зображень точки A місцевості) визначається координатами x_1, y_1 и x_2, y_2 відповідно.

4. Інформаційні властивості аерокосмічних знімків.

Носієм інформації при аерокосмічних зйомках є багатоспектральне відбите випромінювання, що характеризує оптичні властивості природних об'єктів. По цих властивостях можна судити про стан і будову останніх. Оптичні властивості об'єктів міняються протягом року, сезону і доби. На них чинить вплив ціла низка природних чинників і явищ.

При аерокосмічних дослідженнях земна поверхня вивчається у видимій і ближній інфрачервоній області спектру (візуальні спостереження, телевізійна зйомка, фотографування), а також в інших частках спектру (інфрачервона, радіолокація, спектрометрична зйомка), крім того, виконується низка спеціальних зйомок. Характеристики основних видів аерокосмічних зйомок наведені в таблиці.

В теперішній час основний об'єм інформації, отриманої при дистанційних дослідженнях, представлений матеріалами, знятими у видимій області спектру (довжини хвиль $\lambda = 0,38...0,76\text{мкм}$). Видиме випромінювання з різною довжиною хвилі сприймається оком у вигляді світлового і колірного зображення об'єктів.

Для отримання найбільш повної інформації про об'єкт досліджень по можливості слід одночасно розглядувати матеріали зйомок, виконаних в різних діапазонах спектру.

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 приймається *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.

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/
3. **Некос А.Н., Щукін Г.Г., Некос В.Ю.** Дистанційні методи досліджень в екології: Навчальний посібник. - Х.: ХНУ імені В. Н Каразіна, 2007. - 372 с.
4. **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
5. **Поліщук Б.В.** Сучасні досягнення і проблеми в дослідженнях розвитку та стану лісів./ Геодезія, картографія і аерофотознімання. - Вип. 70.- 2008.- С.39-45.
6. **Посудін Ю.І.** Фізика і біофізика навколишнього середовища.- Київ: Світ, 2000.- 304 с.
7. **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>.
8. **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.
9. **Шпарик Ю., Млчушек М., Гаєк 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/>

Модуль 2. Тема 5. МЕТОДИ ВИВЧЕННЯ ДЕРЕВОСТАНІВ І ЛІСОІНВЕНТАРИЗАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ АЕРОКОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ

План: 1. *Морфологічна структура деревостанів.* 2. *Особливості дешифрування аерокосмічних знімків у лісовому господарстві.* 3. *Особливості використання аерокосмічних знімків в інвентаризації лісів.* 4. *Особливості використання аерокосмічних знімків при таксації лісів.*

1. Морфологічна структура деревостанів

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

- 1) чисельність особин на одиницю площі, 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. Відомо, що форми крон чинять значний вплив на зростання і розвиток дерев. 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. 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 наводяться виміри таксаційних і дешифрувальних ознак деревостанів методом автоматизованого дешифрування їх по АФЗ.

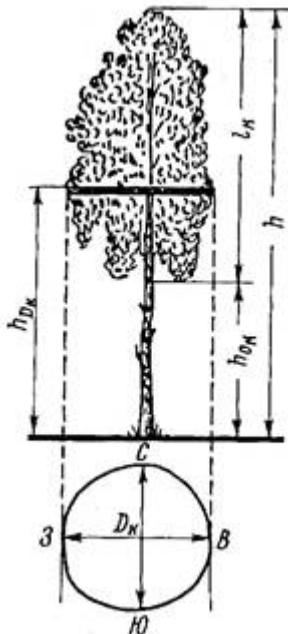


Рис.1. Показники форми і розмірів крони (h - висота дерева; l_k - довжина крони; $h_{ок}$ - висота до початку крони; D_k - діаметр крони; $h_{дк}$ - висота до найбільшої ширини крони)

Розміри крон дерев визначають їх довжина і ширина (рис.1). Під *довжиною крони* розуміють її протяжність від перших живих гілок до вершини. Окремі гілки, розташовані нижче і такі, що не беруть участь в утворенні крони, 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 вимірюванням 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 типу

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 середовища.

2. 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 окомірно-стереоскопічним визначенням ряду характеристик і параметрів дешифрованих насаджень.

Таксаційне дешифрування починають з встановлення меж таксаційних виділів при детальному аналізі аерофотознімків під стереоскопом. Ґрунтуючись на відмінностях у складі, висоті, формі і розмірах крон, зімкнутості намету, умов 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 окомірно 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 відрахунків 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* окомірно-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, часто на значних територіях поширені одновікові насадження або зміни їх віку викликані якими-небудь природними явищами; таке знання 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 окомірно на основі стереоскопічного аналізу зображення намету насадження на аерофотознімках з врахуванням набутих в процесі таксаційно-дешифрувальних тренувань навичок 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 древостану 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 незалисених площ.

Суцільні вирубки розпізнають на аерофотознімках без особливого ускладнення за геометричними контурами площ, наявності насінників, трелювальних 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, тому що в початковий період при невеликій його висоті і малій зімкнутості травостою можна прийняти за відновлення хвойними породами, і навпаки.

Гар на кольорових спектрзональних аерофотознімках зображується різним кольором— від синюватого до оранжевого, залежно від характеру древостану, що залишився, і трав'яного покриву. Межі гару нерівні різкорвані. Сухостій на спектрзональних аерофотознімках має переважно яскраво-синій або зеленувато-синій колір (надійно дешифрується і в насадженні). На панхроматичних аерофотознімках гар має світлий тон, на інфрахроматичних—темнувато-сірий. Без особливого ускладнення 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 істотними помилками.

Проголини 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 ускладнення за характером зображення. Низовинні болота при відсутності деревної рослинності на чорно-білих аерофотознімках зображуються 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. Надґрунтовий 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 надґрунтового 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 салатіві.

Інші категорії об'єктів та нелісових ґрунтів (населені пункти, дороги, канали води) дешифрують без ускладнення по чорно-білих і спектрзональних аерофотознімках.

При повторному лісовпорядкуванні обов'язково використовують планово-картографічні матеріали і таксаційні описи колишнього лісовпорядкування з метою 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 надґрунтового 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 наводять не в таксаційних описах, а в зведених таблицях що характеризують типи лісу в ув'язці із складом, віком і повнотою насаджень.

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 %.

3. 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 (розрубка 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 спектрозональні 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-вимірjuвальна 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 лісу в межах таксаційних ділянок попереднього лісовпорядкування за даними вибірково-перерахувальної і окомірної таксації і дешифрування аерофотознімків.
- камеральне коригування таксаційних показників, що змінилися в результаті природного росту деревостанів;
- складання проекту натурних зйомочно-геодезичних і таксаційних робіт.

4. 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 1 класу віку, незімкнутими лісовими культурами, гарями, вирубками (усе на момент попереднього лісовпорядкування). Потім дешифрують вирубки, вітровали гарі і інші категорії площ, що з'явилися протягом ревізійного періоду внаслідок лісогосподарської діяльності і стихійних лих. На знімки наносять також культури ревізійного періоду, ділянки, що проходили рубками дошляду. Остаточні межі 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 ґрунтів, а для покритих лісом площ – 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 зміст 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-нумераторну таксацію шляхом закладання 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-вимірвальним дешифруванням кольорових спектрзональних аерофотознімків;
3. *Повторної інвентаризації лісів* впорядкованих по III розряду на основі дешифрування матеріалів космічних або кольорових спектрзональних 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 устрої їх по III розряду тільки при повторному лісовпорядкуванні.

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/
3. Некос А.Н., Щукін Г.Г., Некос В.Ю. Дистанційні методи досліджень в екології: Навчальний посібник. - Х.: ХНУ імені В. Н Каразіна, 2007. - 372 с.
4. 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
5. Поліщук Б.В. Сучасні досягнення і проблеми в дослідженнях розвитку та стану лісів./ Геодезія, картографія і аерофотознімання. - Вип. 70.- 2008.- С.39-45.
6. Посудін Ю.І. Фізика і біофізика навколишнього середовища.- Київ: Світ, 2000.- 304 с.
7. 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>.
8. 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.
9. Шпарик Ю., Млчоушек М., Гаєк 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/>

Модуль 2. Тема 6. ДЕШИФРУВАННЯ АЕРОКОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ

План: 1. Загальні вимоги дешифрування. 2. Дешифрування аерокосмознімків як сучасна технологія. 3. Загально географічне і галузеве дешифрування та їх особливості. 4. Головні прийоми і засоби дешифрування аерофотознімків. 5. Аналітико-вимірвальне дешифрування матеріалів аерофотозйомки лісових угідь.

1. 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 знаків¹⁵. *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*¹⁶. 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

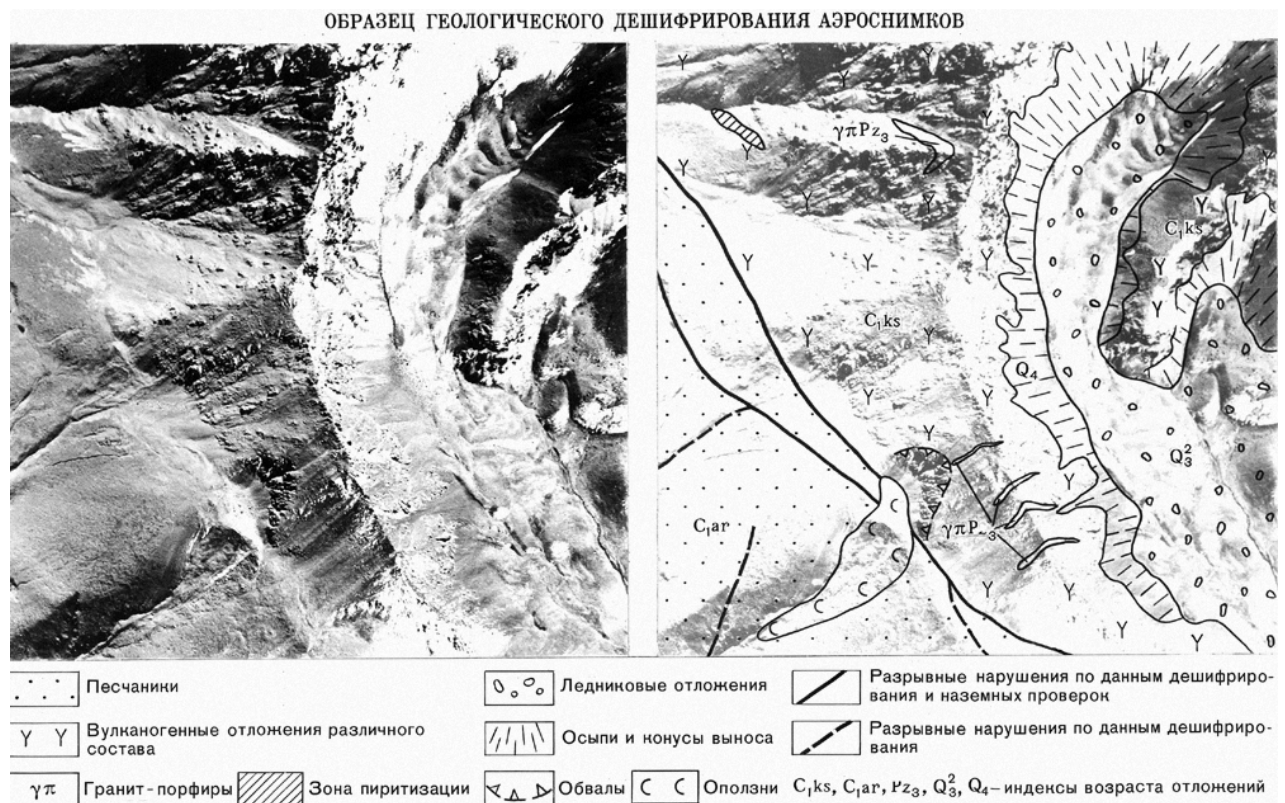
¹⁵ Дешифрування знімків в процесі обстеження місцевості в натурі називається *польовим*. Розпізнавання на фотозображеннях об'єктів і контурів без обстеження їх в натурі називається *камеральним* дешифруванням. В залежності від топографічної дослідженості картографованого району і прийнятої технології робіт польове дешифрування проводиться до камерального або після нього.

¹⁶ *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.

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.

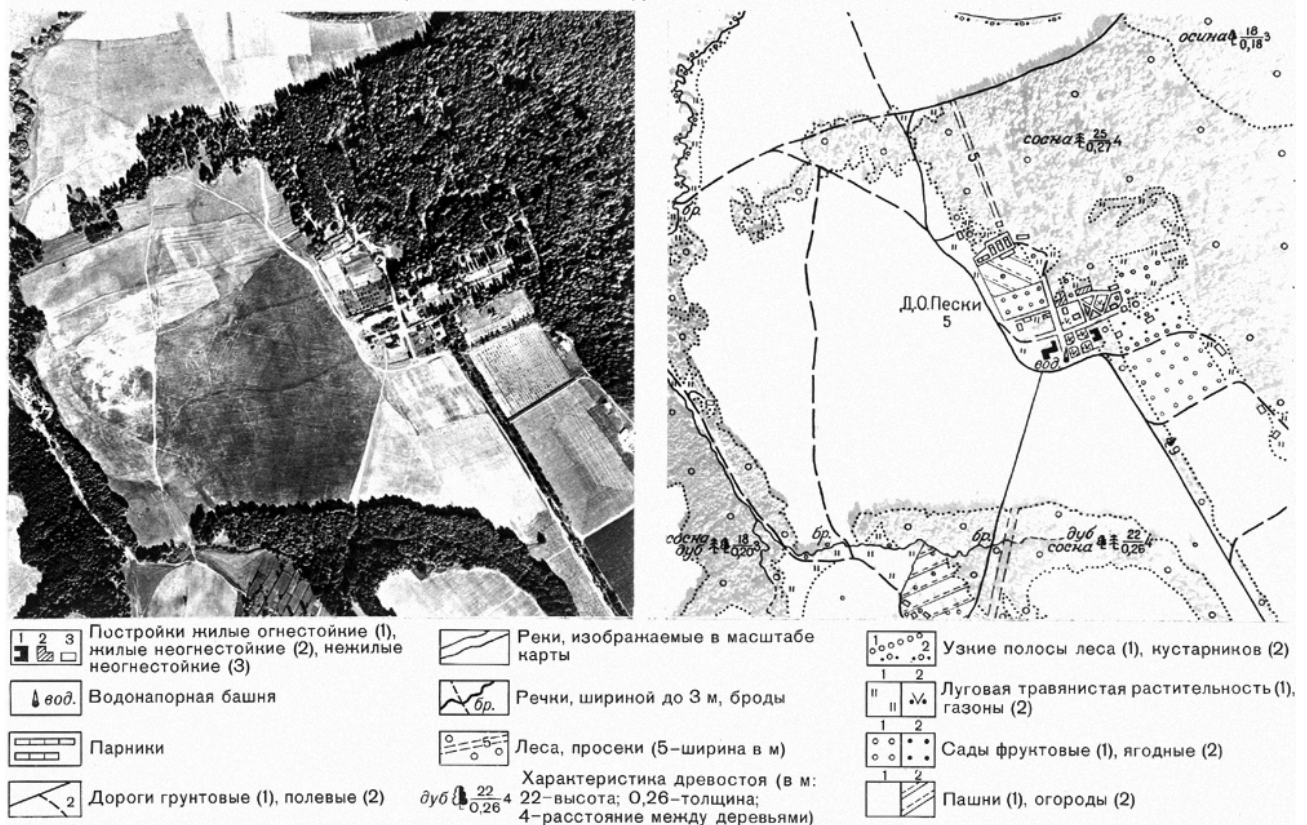
2. Дешифрування аерокосмознімків як сучасна технологія. Дешифрування аерознімків, один з методів вивчення місцевості по її зображенню, отриманому за допомогою [аерозйомки](#). Полягає у виявленні і розпізнаванні знятих об'єктів, встановленні їх якісних і кількісних характеристик, а також [реєстрації](#) результатів в графічній (умовними знаками), цифровій і текстовій формах. Дешифрування (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: *ліворуч* — з нормальним фотозображенням місцевості, *праворуч* — з ослабленим, по фоні якого в умовних знаках показані: площі вулканогенних порід (розчленований малюнок схилів хребта), піщаників (гладкий малюнок плато), площі льодовикових відкладень і конуси виносу по долині, місця обвалів і зсувів, лінії розривів і ін.

Для отримання аерознімків з якнайкращими інформаційними можливостями велике [значення](#) має облік природних умов (зовнішності [ландшафтів](#)). Ефективність дешифрування (аерознімків) визначається особливостями об'єктів і характером їх [передачі](#) при [аерозйомці](#) (дешифрувальними ознаками) досконалістю методики роботи, оснащенням 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.

ОБРАЗЕЦ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ АЭРОСНИМКОВ



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

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.

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). Стаціонарним приладом, розробленим спеціально для цілей дешифрування, є

інтерпретоскоп. Дешифрування проводять і на універсальних стереофотограмметричних приладах у комплексі робіт по складанню оригінала 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 пластика¹⁷.

3.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; *геокріолітологічне* — 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)¹⁸.

4.Головні прийоми і засоби дешифрування аерофотознімків. *Накидний монтаж* — велика кількість *контактних відбитків* (аерофотознімків), розкладених по рядах льотно-знімальних маршрутів, поєднаних з врахуванням подовжного 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 подовжного 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 покрити знімками, чи ту, де немає розривів між маршрутами і де збережений заданий відсоток подовжного (60%) і поперечного (40%) перекриттів, а також знайомляться із спільним орієнтуванням аерофотознімання обширної території. По накидному монтажу

¹⁷ До виконавців дешифрування висуваються особливі професійні вимоги у відношенні сприйняття яскравості і колірних 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.

¹⁸ 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.

отримують схему розташування окремих аерофотознімків і їх порядковий номер. Зменшена фотографія з накладного монтажу називається репродукцією накладного монтажу. В разі відсутності репродукції накладного монтажу часто роблять кальки зі всього накладного 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 приведених 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.

5. Аналітико-вимірвальне дешифрування матеріалів аерофотозйомки лісових угідь. 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 роздруківки 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 роздруківки 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, межі і номери таксаційних виділів, що входять в ділянку, рік вирубування 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: лісозаготівельник номер і дата виписки лісорубного квитка, загальна і експлуатаційна площ, кількість відпущеної в рубку деревини, площа і кількість лісу, що підлягає збереженню, підростанню, спосіб очищення місць рубок, об'єми наданого відстрочення по вивезенню деревини або ксерокопію лісорубного 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, безлистого лісу;

- технологічні карти.

При дешифруванні знімків аналітико-вимірвальним методом встановлюється:

- 1) стан меж лісосіки і 50-метровій смуги, суміжної з ними;
- 2) збереження;

- підросту, молодняка господарсько порід;
- насінних смуг, куртин, насінників;

3) площа 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, кинутої біля пеньків, залишеної в штабелях і стесах;

5) площа 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 розрішенням близько 1 м краще (масштаб 1:7000 - 1:10000), змонтовані в маршрути, за даними відведення (лісовпорядкування) наносяться квартальні просіки, межі лісосік з точною прив'язкою згідно схемі відведення і складається фотоабрис.

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

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

Запаси деревини, вирубані за межами лісосік, в насінних куртинах або смугах, визначається виходячи з площі, 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 займаних рубкою) недорубах розраховуються виходячи з площі недоруба і таксаційної характеристики виділу, в якому він розташований, або усередненої таксаційної характеристики, даної при відведенні лісосіки¹⁹.

Недоруби, задіяні 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, що підлягають вирубуванню. Їх запас визначається по породах, виходячи з числа залишених дерев і об'єма середнього дерева. Число залишених дерев підраховується за породами безпосередньо на всій площі лісосіки (при незначному числі залишених поодиноких дерев) або на облікових майданчиках з подальшим перекладом на всю площу. 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 поодиноких дерев що підлягають рубці, і зрубаних семенників на аерофотознімках масштабу 1:1500 - 1:2000 відмежовуються смуги шириною 15 м або облікові площі розміром 30 x 30 м для переліку, площа якого повинна складати 8 - 10% від площі 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 вздовж довгої сторони вирубки за допомогою шаблону.

Облікові майданчики наносяться також за допомогою шаблону і розташовуються рівномірно за площею, рубкою, що минула, і покритою аерозйомкою масштабу 1:1500 - 1:2000. В межах облікових смуг під стереоскопом з 3-кратним збільшенням робиться

¹⁹ 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.

підрахунок залишеної деревини по породах з поділом на хлисти і колоди. Вважаються тими, що знаходяться на смузі колоди, що лежать половиною і більше за довжину, і хлисти, біля яких на обліковій площі знаходиться комель. Деревина, що повалили з корінням в процесі рубки і що зависли, враховуються як хлисти. 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 площі переліку, потім за допомогою перевідного коефіцієнта - на всій вирубки.

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

Облік залишеної деревини в штабелях і стесах проводиться шляхом підрахунку числа колод або хлестів в торцевій частині 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 штабелі²⁰.

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

Неочищені або очищені незадовільно ділянки визначаються по кількості порубкових залишків і характеру їх розташування, їх площу 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 очищенні складає більше 0,5 щільних м³ на обліковій площі. Площа 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 лісогосподарських вимог, види і об'єми допущених порушень;
- фотоабрис лісосік з виконаними роботами за оцінкою стану місць рубок головного користування методом аналітико-вимірювального дешифрування;
- схематичні креслення лісосік з виконаними роботами за оцінкою стану місць рубок головного користування методом аналітико-вимірювального 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/
3. Некос А.Н., Щукін Г.Г., Некос В.Ю. Дистанційні методи досліджень в екології: Навчальний посібник. - Х.: ХНУ імені В. Н Каразіна, 2007. - 372 с.
4. 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
5. Поліщук Б.В. Сучасні досягнення і проблеми в дослідженнях розвитку та стану лісів./ Геодезія, картографія і аерофотознімання. - Вип. 70.- 2008.- С.39-45.
6. Посудін Ю.І. Фізика і біофізика навколишнього середовища.- Київ: Світ, 2000.- 304 с.
7. 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>.
8. 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.

²⁰ Якщо торцева частина 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 урахуванням коефіцієнта повнодеревності. З урахуванням розкиданості штабелю коефіцієнт повнодеревності приймається рівним 0,2 - 0,4, для стесів - 0,6 - 0,8.

9. Шпарик Ю., Млчоушек 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/>

Модуль 2. Тема 7. СКЛАДАННЯ ЛІСОВИХ ПЛАНІВ І КАРТ З ВИКОРИСТАННЯМ АЕРОКОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ

План: 1.Складання карт на основі космічних знімків. 2.Плани та карти лісових насаджень. 3.Геодезична основа топокарт. 4.Складання регіональних карт лісів на основі космічних знімків. 5.Перспективи застосування аерокосмічних методів у лісовому господарстві.

1.Складання карт на основі космічних знімків.

Використання космічних знімків в картографічних цілях починають з визначення їх масштабу і прив'язки до карти. Цю роботу зазвичай виконують по карті дрібнішого масштабу, ніж масштаб знімка, тому що на неї доводиться наносити межі не одного, а цілої низки знімків.

Звіряючи знімок із картою, можна дізнатися, що і як змальовано на знімку, як це показано на карті і які додаткові відомості про місцевість дає фотозображення земної поверхні із космосу. І навіть в тому випадку, якщо карта буде того ж масштабу, що і фотознімок, все одно по знімку можна отримати обширнішу і головне - свіжу інформацію про місцевість в порівнянні з картою.

Складання карт по космічних знімках виконують так само як і по аерофотознімках. Залежно від точності і призначення карт застосовують різні методи їх складання з використанням відповідних фотограмметричних приладів. Найлегше виготовити карту в масштабі знімка. Саме такі карти і поміщають зазвичай поряд із знімками в альбомах і книгах. Для їх складання досить скопіювати на кальку із знімка зображення місцевих предметів, а потім з кальки перенести їх на папір.

Такі картографічні креслення називають картосхемами. Вони відображують лише контури місцевості (без рельєфу), мають довільний масштаб і не прив'язані до картографічної сітки.

У картографії космічні знімки використовують перш за все для створення дрібномасштабних карт. Перевага космічного фотографування в цих цілях полягає в тому, що масштаби знімків схожі з масштабами створюваних карт, а це виключає низку досить трудомістких процесів складання.

В даний час по космічних знімках створені різноманітні тематичні карти. У ряді випадків характеристики деяких явищ можна визначити лише по космічних знімках, а отримати їх іншими методами неможливо. За результатами космічного фотографування оновлені і деталізовані багато тематичних карт, створені нові типи геологічних ландшафтних і інших карт. При складанні тематичних карт особливо корисними є знімки, отримані в різних зонах спектру, оскільки вони містять багату і різносторонню інформацію.

Космічні знімки знайшли широке вживання при виготовленні проміжних картографічних документів - фотокарт. Їх складають так само, як і фотоплани, шляхом мозаїчного склеювання окремих знімків на спільній основі. Фотокарти можуть бути двох видів: на одних показано тільки фотографічне зображення, а інші доповнені окремими елементами звичайних карт. Фотокарти, як і окремі знімки, служать цінними джерелами вивчення земної поверхні. В той же час вони є додатковим матеріалом до звичайної карти і повною мірою замінити її не можуть.

2.Плани та карти лісових насаджень. (Основні картографічні матеріали лісових об'єктів).

Вимоги до картографічних матеріалів, що складаються при лісовпорядкуванні

Види карт	Найменування показника				Зарамочне оформлення	
	Масштаб карт за таксаційними розрядами		Формат карти		Ширина, мм	Придільне відхилення, мм
	I - II	III	Розміри,	Приділь-		

			мм	не відхилення, мм		
Планшети	1:10000	1:25000	600x420	+/- 1	74	+/- 1
Плани лісонасаджень, розфарбовані за породами	1:25000	1:50000	Аркушами до 840x600	+/- 1	20	+/- 1
Тематичні карти схеми об'єкту лісовпорядкування:	1:25000	1:50000	Аркушами до 840x600	+/- 1	20	+/- 1
Розфарбовані за породами	1:100000	1:300000	Аркушами до 840x600	+/- 1	25	+/- 1

Примітки: 1. Наведені в таблиці придільні розміри усіх видів карт-схем відповідають двом аркушам паперу формату А0. Якщо карта-схема не розміщується на двох аркушах паперу формату А0, застосовується більш дрібний масштаб, але не дрібніше придільного для даного таксаційного розряду.

2. План лісництва повинен розміщуватись не більш ніж на чотирьох аркушах паперу формату А 0. Якщо це неможливо, то плани виготовляються за частинами (аркушами) лісництва.

Масштаб топографічних карт (фотокарт) та інших матеріалів, що застосовуються для виготовлення планово-картографічних матеріалів, що складаються при лісовпорядкуванні

Масштаб лісовпорядкувального планшета, плану лісонасаджень	Масштаби топографічних карт (фотокарт)
1:5000	1:5000 – 1: 10000
1:10000	1:10000 - 1: 25000
1:25000	1: 25000 – 1: 50000
1: 50000	1: 50000 - 1: 100000
1:100000	1: 100000 - 1: 200000

3. Геодезична основа топокарт.

Як геодезична основа при складанні лісовпорядних планшетів використовуються наявні планово-картографічні матеріали і геодані минулого і сучасного лісовпорядкування, фотоплани, великомасштабні топокарти, проекти внутрішньогосподарського землеустрою сільськогосподарських організацій, плани кордонів земельних ділянок суміжних землекористувачів, землевласників, власників і орендарів земельних ділянок. За наявності на території лісгоспу фотопланів використання їх як картографічної основи є обов'язковим.

Масштаб планшетів, що складаються, встановлюється 1:10000, розмір планшетних листів - 600x600 мм, робоча площа планшета - 500x500 мм. Відносна лінійна помилка нанесення на планшети кварталних просік і окружних меж не повинна перевищувати 1/500 незалежно від вживаної для їх складання картографічної або геодезичної основи.

Складання лісовпорядних планшетів за наявності якісних недеформованих планшетів минулого лісовпорядкування виготовлених на безусадній креслярській основі, проводиться шляхом прямого їх копіювання. При збереженні меж і кварталної мережі на планшетах минулого лісовпорядкування замінюються застарілі елементи навантаження і доповнюються новими.

При складанні лісовпорядних планшетів на основі фотопланів встановлюється їх деформація за рамкою і кілометровою сіткою. Деформація фотопланів вважається за припустиму по рамках не більш +0,5 мм, для копії +1,0 мм, а по кілометровій сітці між сусідніми лініями не більш +0,2 мм.

При складанні лісовпорядних планшетів на основі топокарт або їх копій допускається використання топокарт масштабу 1:10000. Заздалегідь перевіряють деформацію карт по рамках і координатній сітці в горизонтальному і вертикальному напрямках. Розміри сторін і діагоналей рамок топокарт не повинні відрізнятися від теоретичних більш ніж на +0,5 мм, а копій +/- на 1,0 мм. Помилки в розмірах сторін квадратів кілометрової сітки не повинні перевищувати +0,2-0,3 мм. Не припускається використання топокарт, що мають більш двох згинів.

З фотоабрису або абрису на топокарти або їх копії по ідентичному зображенню або шляхом прив'язки до твердорозпізнаних точок наносяться межі ділянок лісового фонду,

квартальні просіки і візирі²¹. Окремі ділянки меж, пізнані на аерофотознімках, але що не мають відображення на топографічній основі переносяться з планів землекористувачів, землевласників, власників і орендарів земельних ділянок або наносяться на топооснову за даними промірів і прив'язок до твердоопізнаних на аерофотознімках і топооснові точок і ходових ліній. При накладці планшетів на будь-якій основі використовуються дані примірів на місцевості.

Всі планшети одного лісництва накладаються на прямокутну сітку, однаково орієнтовану відносно меридіана. Вихід території, що картографується, за рамки робочої площі планшета може мати місце у виняткових випадках.

Планшети нумеруються окремо для кожного лісництва з північного заходу на південний схід.

4. Складання регіональних карт лісів на основі космічних знімків.

В процесі складання карт лісів виникає необхідність в об'єднанні і сумісній обробці дуже різномірних матеріалів, таких як лісотаксаційні карти крупних масштабів, космічні знімки, дані польових досліджень. Крім того такі карти служать основою для подальшої роботи, зокрема для моніторингу антропогенних дій, виявлення порушень меж в заповідних зонах лесгоспами, а у ряді випадків і для плавання лісгосподарської діяльності.

Як базове програмне забезпечення для створення лісових карт найчастіше використовують ГІС ARC/INFO, формат якої забезпечує можливість досить ефективної роботи з базами даних великого розміру і дозволяє використовувати для цього не лише власні можливості PC ARC/INFO, але і інше програмне забезпечення. Ввод базової картографічної інформації - схем квартального ділення лісгоспів здійснюється двома шляхами - за допомогою використання дигітайзера і підсистеми ADS PC ARC/INFO, і за допомогою сканування паперових карт з подальшою векторизацією квартальних меж за допомогою програми EASY TRACE.

Як основні дані дистанційного зондування використовуються трьохканальні космічні знімки SPOT з роздільною здатністю на місцевості 20 м. Їх обробка проводиться за допомогою програми ERDAS IMAGINE. Ця програма володіє досить потужним набором алгоритмів обробки растрових зображень і спеціалізованими підсистемами для роботи з аерокосмічною інформацією. За допомогою ERDAS IMAGINE проводилася прив'язка знімків до географічних координат, їх трансформація, поєднання з векторними шарами. Для дешифрування об'єктів, що виділяються візуально, використовувався метод задавання робочої області AOI (Area of interest) по кожному різновиду об'єктів з подальшою класифікацією зображення на основі набору характеристик, отриманих при виділенні AOI. Таким чином, виявилось надзвичайно зручно виділяти озера, заболочені ділянки, населені пункти і безлісі території, вирубки різного ступеня заростання. Для виділення об'єктів, що мають менш виражену різницю в кольорі і структурі зображення, наприклад ділянок лісу з різним порідним складом, використовується синтезоване зображення, отримане за допомогою коректування гістограм оптичної щільності по кожному каналу.

Як основа, що містить фізико-географічну інформацію, береться електронна карта світу DCW. Її масштаб - 1:1000000, є цілком достатнім для поєднання її шарів з контурами підсумкової карти.

5. Перспективи застосування аерокосмічних методів у лісовому господарстві.

Сучасний стан лісової галузі вимагає застосування найновітніших розробок і їх впровадження на практиці. До них належать матеріали дистанційного зондування Землі та ГІС-технології. Дані ДЗЗ найбільше використовуються у лісовій, заповідній справі та рибному господарстві (14% всіх матеріалів), картографуванні (11%), водокористуванні та дослідженні стану водних ресурсів (10%), у виявленні пожеж, стихійних явищ, природних катастроф та у ГІС-технологіях (7%).

²¹ Візир - в геодезії, астрономії, військовій справі - прилад, призначений для візуального наведення кутомірного, дальномірного або спостерігаючого прилада на певну точку в просторі.

Для створення цифрових карт лісових насаджень на всю територію України необхідно зробити наступне:

1. Перевести наявні картографічні матеріали лісовпорядкування з системи АІКС-Лісгосп в універсальний share-формат. Конвертація проводиться у програмному продукті Field-Mar. В результаті отримуємо цифрову карту кварталів, виділів, доріг, струмків, тощо. Причому на кожну категорію створюється окремий share-файл.

2. Конвертація бази даних лісовпорядкування з АІКС-Лісгосп на SQL-сервер. В результаті отримують повидільну базу, яку можна під'єднувати до наявних цифрових карт.

3. Геокодування наявних цифрових карт на основі програмного продукту ArcGIS. Геокодування проводиться на основі топографічних карт масштабу 1:10000 чи 1:25000. Територію, на яку немає топографічних карт (прикордонні смуги та ін), геокодують на основі космічних знімків Landsat-7 ETM+.

4. Під'єднання баз даних лісовпорядкування до цифрових карт. Існує два шляхи під'єднання: Програмування Field-Mar як проміжної ланки; Конвертація бази даних з SQL-сервера у формат Microsoft Access.

На основі даної ГІС можна створювати дуже багато тематичних карт по кожному із показників бази даних (цих показників понад 300). Причому затрати часу набагато менші, порівняно з ручною роботою, яку проводить сьогодні лісовпорядкування по створенню тематичних карт. Результатом створеної таким чином ГІС є оперативне отримання необхідної інформації для практичного використання на місцях (лісгосп, лісництво), для прийняття управлінських рішень, для обліку лісового фонду і т.д. Завдяки проекту FORZA на місцях (у лісгоспах) створюються робочі станції по роботі зі створеними цифровими картами для практичних потреб ведення господарства.

Шляхи подальшого розвитку ГІС-технологій в лісовпорядкуванні України.

Статті витрат	Орієнтовні витрати, тис.грн		Примітка
	у випадку модернізації АІКС-лісгосп	у випадку переходу на SmallWorld	
Придбання пакету програм для розробника	-	254	2 пакети
Придбання комп'ютерної техніки	10	40	
Придбання робочих місць для користувача зі створення і експлуатації КБД	-	634	8 робочих місць
Модернізація пакету "АІКС-лісгосп"	100	-	вдосконалення топології, конвертації, переведення у WINDOWS
Разом	110	928	

Література

1. Корнилов Ю.Н. Фотограмметрия (конспект лекций 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/
3. Некос А.Н., Щукін Г.Г., Некос В.Ю. Дистанційні методи досліджень в екології: Навчальний посібник. - Х.: ХНУ імені В. Н Каразіна, 2007. - 372 с.
4. 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
5. Поліщук Б.В. Сучасні досягнення і проблеми в дослідженнях розвитку та стану лісів./ Геодезія, картографія і аерофотознімання. - Вип. 70.- 2008.- С.39-45.
6. Посудін Ю.І. Фізика і біофізика навколишнього середовища.- Київ: Світ, 2000.- 304 с.
7. 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>.
8. 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.
9. Шпарик Ю., Млчоушек М., Гаєк 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/>

Модуль 2. Тема 8. АВІАКОСМІЧНІ МЕТОДИ ЗАХИСТУ ЛІСІВ

План: 1.Необхідність охорони лісів в Україні. 2.Упередження лісових пожеж засобами авіації та ДЗЗ. 3.Лісопатологічне обстеження. 4.Система космічного моніторингу екологічної ситуації в Україні.

1.Необхідність охорони лісів в Україні. У 2007 році прийняте положення про лісову охорону, оскільки необхідність охорони лісів лише зростає. Важливість роботи, яку здійснює лісова охорона є доволі значною, оскільки існує приклад Росії, де скорочення лісівників призвело до катастрофічних пожеж та різкого збільшення нелегальних рубок. До головних положень діяльності лісової охорони належать:

- діяльність лісової охорони повинна спиратись на міцний правовий фундамент;
- всі постійні користувачі повинні мати рівні можливості ефективно охороняти свої ліси;
- об'єктом охорони повинні бути не лише дерева, а й інші цінності лісу, зокрема біорізноманіття, яке формує ліс.

В Україні охороною лісу передусім займаються лісівники, які працюють на державних або комунальних підприємствах. У своїй роботі охоронці лісу керуються Лісовим кодексом 2006 року. За офіційною статистикою проблема незаконних лісозаготівель в Україні не є критичною. За даними Державного комітету лісового господарства обсяг самовільних рубок протягом останніх років становив приблизно 20 тис. кубометрів (0,2% від загального обсягу заготівель) та має тенденцію до зниження. Однак, згідно з оцінками деяких експертів та організацій ця цифра є на порядок вищою. Такі розбіжності спричинені різними підходами до визначення нелегальних рубок²².

Правопорушення в лісовому секторі у всіх перед очима і тому викликають широкий резонанс у суспільстві. При цьому, не менш ніж нелегальні рубки громадян хвилюють правопорушення, пов'язані з відчуженням лісових земель та обмеженням доступу в ліс. На сьогодні у правовому регулюванні діяльності Державної лісової охорони України існують наступні головні правові колізії:

- Лісогосподарські підприємства, котрі знаходяться в сфері управління ДКЛГ, уповноважені одночасно займатися рубкою лісу, прибутковою діяльністю та здійснювати контроль за порушеннями/дотриманням лісового законодавства. Це спричиняє конфлікт інтересів і може ставати причиною високого рівня латентності (прихованості) правопорушень у галузі лісового господарства;

- В окремих співробітників державної лісової охорони (лісничий, майстер лісу тощо) відсутній статус публічних службовців. Фактично це означає, що вказані представники лісової охорони можуть діяти як приватні особи за принципом «дозволено все, що прямо не заборонено законом»;

- Державна лісова охорона хоча і називається правоохоронним органом, але цей статус насправді є суто декларативним, бо державні лісоохоронці фактично не мають повноважень та привілеїв співробітників правоохоронних органів;

- За межами сфери діяльності держлісоохорони залишаються ліси приватної і комунальної власності, а також значну частину лісів державної власності, які знаходяться у віданні МінАПК, Міноборони і т.д.

Загалом проблема боротьби з правопорушеннями в лісовому секторі має вирішуватись комплексно. Зокрема потрібні: різноплановий аналіз ситуації, вдосконалення законодавства,

²² У принципі правопорушеннями слід вважати не лише крадіжки (самовільні рубки в трактуванні пострадянського права), але й порушення принципів ціноутворення й оподаткування, продаж деревини на основі підроблених документів, а також будь-які інші незаконні шляхи постачання лісопродукції, де мають місце шахрайство та хабарництво. Великі можливості для таких правопорушень існують у сфері вимірювання та визначення сортності лісоматеріалів. У цілому нелегальна діяльність у лісовому секторі завдає багатомільйонні прямі збитки державі, які досягають особливо великих розмірів в західних прикордонних областях. Непрямі втрати, котрі виявляються в порушенні принципів здорової конкуренції, формуванні негативного уявлення про сектор, перешкодженні надходженню інвестицій тощо, і в цілому заважають сталому розвитку країни, оцінити важко, однак вони ще більш значні

підготовка навчально-методичних матеріалів, організація та проведення учбових поїздок фахівців, обґрунтування пропозицій щодо вдосконалення обліку й контролю за рухом лісопродукції, вивчення громадської думки, поширення інформації та знань. При цьому необхідно консолідувати зусилля лісоводів, екологів, бізнесменів, представників різних органів влади, оскільки без цього важко розраховувати на успіх. Велике значення для охорони лісу мають як традиційні засоби із застосуванням авіації так і сучасні засоби дистанційного зондування. Зокрема, до лісоавіаційних робіт відносяться:

- авіаційна охорона (патрулювання) лісів від пожеж і гасіння їх із застосуванням авіації;
- аерофотознімання лісів;
- аеротаксація лісів;
- лісопатологічне обстеження;
- фенологічні спостереження;
- авіахімічні роботи по боротьбі з шкідниками лісів, небажаною деревно-чагарниковою рослинністю;
- аеросівба лісу;
- авіаобслуговування лісової промисловості, лісозаготівель і лісосплавів.

2. Упередження лісових пожеж засобами авіації та ДЗЗ. Авіаційне патрулювання входить в комплекс робіт з авіаційної охорони лісів, здійснюваних базами авіаційної охорони лісів. В цілях забезпечення авіаційної і наземної охорони лісів по виявленню і гасінню пожеж територію лісового фонду розділяють на райони, в яких гасіння пожеж повинне проводитися авіаційними силами і засобами (райони авіаційної охорони) і райони, в яких гасіння пожеж повинне проводитися наземними силами і засобами (райони наземної охорони). Віднесення територій до районів авіаційної або наземної охорони проводиться лісгоспами відповідно до планів протипожежного устрою лісів.

Авіаційне патрулювання лісів полягає в систематичному спостереженні з повітря за обслуговуваною лісовою територією з метою своєчасного виявлення лісових пожеж і виявлення порушень правил пожежної безпеки в лісах. Авіапатрулювання проводиться по затверджених маршрутах. При I класі пожежної небезпеки авіапатрулювання, як правило, не проводиться. Можуть призначатися епізодичні польоти для контролю за станом пожеж, що тривають, і надання допомоги командам, що працюють на гасінні раніше виниклих пожеж. З настанням пожежної небезпеки в лісі за умовами погоди і у міру її посилення інтенсивність авіапатрулювання збільшується:

- при малій пожежній небезпеці (II клас) до початку горіння патрулювання проводиться через 1-2 дні;
- підставою для призначення щоденного одноразового патрулювання є настання періоду середньої пожежної небезпеки (III клас) або наявності пожеж в дні з II класом;
- підставою, для призначення двократного патрулювання є настання періоду високої пожежної небезпеки (IV клас) або наявності пожеж в дні з III класом;
- підставою для призначення триразового патрулювання є настання періоду високої пожежної небезпеки (V клас) або наявності пожеж в дні з IV класом.

У тих районах, де є достатня мережа наземних наглядових пунктів, авіаційне патрулювання може здійснюватися у вигляді епізодичних патрульних польотів в періоди високої пожежної небезпеки в лісах за умовами погоди, для проведення контролю, протипожежної пропаганди і виконання інших спеціальних завдань. Для виявлення прихованих вогнищ горіння, які можуть з'явитися джерелом виникнення лісових пожеж, а також прихованих вогнищ високих температур на кромках локалізованих лісових пожеж застосовують тепловізори типу «Тайга», встановлювані на патрульних літаках.

Виявлення лісових пожеж з космосу полягає у використанні супутникової інформації у вигляді фотознімків окремих труднодоступних територій, де не здійснюється регулярне авіапатрулювання. На знімках з ІСЗ пожежі виявляються у вигляді тонких світлих штрихів (шлейфів диму) протяжністю біля землі 100-150 км. При дешифруванні знімків можна також визначати задимленість території і зразковий розмір пройдених вогнем площ.

3. Лісопатологічне обстеження. - один з ефективних методів контролю стану лісів.

Здійснюється у напрямках: виявлення вогнищ шкідників і хвороб лісу і ділянок насаджень з порушеною стійкістю, встановлення причин ослаблення і усихання насаджень, оцінка їх лісопатологічного і санітарного стану, облік чисельності (щільності), вивчення структури і життєздатності популяцій у осередках шкідників і встановлення характеру розповсюдження і ступеня розвитку хвороб лісу. На підставі даних лісопатологічного обстеження отримують інформацію для прогнозу динаміки розвитку осередків, визначають загрозу пошкодження насаджень і приймають рішення про доцільність здійснення лісозахисних заходів. Лісопатологічне обстеження проводиться дистанційними (за допомогою космічних засобів і авіації), наземними і комбінованими методами.

Поточне оперативне лісопатологічне обстеження - плановий захід, здійснюваний відповідальними за лісовий фонд організаціями і особами, для перевірки сигналів, що поступають, про усихання і ослаблення насаджень, появу і розповсюдження шкідників і хвороб, огляд місць рубок головного користування і санітарного стану вирубок, а також ділянок лісу, що піддалися дії несприятливих природних і антропогенних чинників, з метою контролю за їх станом і коректування місць призначення санітарно-оздоровчих і ін. лісозахисних заходів. Підвищити ефективність поточного лісопатологічного обстеження може аеровізуальний нагляд за станом насаджень.

Експедиційне лісопатологічне обстеження виконується спеціалізованими лісовпорядними підприємствами, якщо ці роботи не можуть бути виконані силами місцевих фахівців з лісозахисту через свої масштаби і складності лісопатологічної обстановки. Мета експедиційного лісопатологічного обстеження - отримання інформації для прогнозу розвитку осередків, визначення загрози пошкодження насадженням, обґрунтування і проектування необхідних лісозахисних заходів, а також аналіз господарської, в т.ч. лісозахисної, діяльності для оцінки її впливу на стан лісів.

Лісопатологічні експедиції виконують наступні види експедиційного лісопатологічного обстеження: 1) наземне, 2) що авіадесантне, 3) лісопатологічне дешифрування аерознімків з елементами наземних робіт, 4) експертне.

Детальне лісопатологічне обстеження проводять в насадженнях з порушеною стійкістю для з'ясування причин їх ослаблення і усихання і характеристики їх санітарного стану, у осередках шкідників і хвороб - для визначення чисельності шкідників, розповсюдження і розвитку хвороб, ступеня пошкодження ними деревостанів, фази розвитку і типу вогнищ, а також для обґрунтування доцільності і вибору методів лісозахисних заходів. Під інтенсивністю детального лісопатологічного обстеження розуміють кількість або площу детально обстежених виділів або ділянок даної категорії (у відсотках від загального їх числа або від їх загальної площі), визначених рекогносцирувальним лісопатологічним обстеженням або по ін. даним (лісовпорядним звітам, даним нагляду і т. д.).

Авіадесантне лісопатологічне обстеження проводять в труднодоступних лісах з метою своєчасного виявлення осередків найбільш небезпечних хвое- і листогризних шкідників і ствольових шкідників, виявлення площ масового усихання лісів, розробки проєктів авіаборотьби, призначення нагляду за шкідниками (хворобами), санітарних рубок і ін. оздоровчих заходів.

Лісопатологічне дешифрування аерофотознімків з елементами наземних робіт здійснюють в лісах, що піддаються тривалій дії несприятливих чинників (постійні промислові викиди) або при дії разового чинника, що призвів за собою масову загибель деревостанів на великих площах (лісові пожежі, бурелом і т. п.). Виконують за допомогою матеріалів аерофотознімання.

Всі роботи, пов'язані з експедиційним лісопатологічним обстеженням (окрім експертиз), виконують в два періоди: польовий і камеральний²³.

²³ У польовий період проводять підготовчі роботи, лісопатологічні обстеження, попередню обробку польових матеріалів, проєктують невідкладні заходи; у камеральний період проєктують винищувальні і оздоровчі заходи наступного року, остаточно обробляють польові матеріали, складають звіт, проводять креслярсько-оформлювальні роботи і відправляють готові матеріали замовникові.

4. Система космічного моніторингу екологічної ситуації в Україні. За допомогою супутників планується підвищити ефективність діяльності екологічної інспекції. Зокрема, масова незаконна вирубка дерев в нашій країні останнім часом ведеться не на околицях лісу, а в глибині²⁴. Для упередження цього за станом лісів спостереження буде вестися з космосу. Супутник в режимі он-лайн передаватиме інформацію в міністерство, і якщо виявлено різке зменшення кількості дерев - інспектор отримує координати і зобов'язаний терміново виїхати на місце злочину. У такому випадку виправдання «я не знав і не міг» вже не спрацює. Інспектор буде змушений передати справу в прокуратуру.

Подібний космічний моніторинг використовується в 32 країнах світу. Лідерами цього ринку на сьогоднішній день є Росія, США і Франція. Намагаються наздогнати їх з розвитку технологій Японія, Індія, Ізраїль і Канада. Наприклад, сучасні супутники дозволяють відстежувати переміщення будь-якого об'єкта розміром більше 50 сантиметрів. У випадку з контролем над лісами і заповідниками, можливо, настільки детальний масштаб не потрібно, і тоді вартість системи супутникового стеження знижується в кілька разів. Моніторинг лісів стане лише першим етапом у реалізації цього проекту.

Потім Мінекології планує запровадити контроль з космосу за станом річок і озер, відстежуючи рівень води, ерозію берегів і льодохід у паводковий період. Досвід США показує, що космічний моніторинг може бути використаний і в надрокористуванні. Знімки з космосу можуть робитися в різних спектрах, і на їх підставі можна прогнозувати наявність в землі корисних копалин, включаючи нафту і газ. Одночасно із супутників можна стежити і за екологічними аспектами видобутку²⁵.

Легше буде Міністерству аграрної політики контролювати і те, що саме сіють фермери. Комп'ютерний аналіз супутникових знімків дозволяє безпомилково визначити посіану культуру та її площу. Можливо, після цього зникне проблема вирощування соняшнику що виснажує землю в Миколаївській та Херсонській областях у незаконних масштабах (понад 14% аграрних земель).

Є у системи космічного моніторингу і ще одна цікава опція, зокрема, за допомогою супутників можна скласти картину зміни ситуації у заповідниках по роках. Таким чином, космічний моніторинг забезпечить на 100% об'єктивну базу для прийняття рішень. Введення тільки початкових опцій екологічного супутникового моніторингу в Україну може коштувати \$ 4-7 млн. Перехід до комплексної системи контролю за природними ресурсами країни, включаючи потреби інших міністерств, потребуватиме ще щонайменше \$ 20 млн.

5. Супутникова система «Січ-2». Новий супутник «Січ-2» створено на сучасному технологічному та інформаційному рівні. Супутник розроблено на базі нової мікроплатформи «МС-2» та зібрано в негерметичному виконанні з широким використанням полімерних і композиційних матеріалів. Бортову апаратуру КА розроблено на базі мікротехнологій, управління підсистемами КА здійснюватиметься засобами бортового обчислювального комплексу. Супутник оснащено багатозональними оптико-електронними пристроями, що будуть працювати у 5 спектральних діапазонах. Супутник дасть змогу отримувати цифрові зображення поверхні Землі в панхроматичному і багатоспектральному діапазонах з розрізненістю не гірше 8,2 м, а також у середньому інфрачервоному діапазоні – до 41,4 м. Космічні знімки з такою розрізненістю можуть успішно використовуватись для контролю за використанням аграрних ресурсів, у земле- та лісокористуванні, надавати значну допомогу при здійсненні екологічного моніторингу, оцінки забруднень навколишнього середовища, моніторингу надзвичайних ситуацій, розвідки корисних копалин, в ході виконання інфраструктурних проектів.

²⁴ Інспектори, як правило, виявляють такі вирубки випадково. Коли ж підозра все ж падає саме на них, у відповідь інспектори резонно заявляють, що просто не мають технічної можливості контролювати густі хащі. Вирішити цю проблему в Мінекології вирішили не найдешевшим, але максимально ефективним способом.

²⁵ Адже так зване нафтове забруднення далеко не рідкість на українських родовищах. Не кажучи вже про відстійниках шламу при видобувних, гірничо-збагачувальних і металургійних підприємствах. Площі цих відстійників часто нелегально збільшуються за рік на 100-200%, і відстежити це можна тільки з повітря або з космосу.

Наземна інфраструктура космічної системи «Січ-2» створена на базі Національного центру управління та випробувань космічних засобів (НЦУВКЗ). Наземна інфраструктура включає: 1) Наземний комплекс управління (НКУ) космічним апаратом, до складу якого входять:

- центр управління польотом космічних апаратів (ЦУП);
- станції управління S-діапазону;
- головний інформаційний зал.

2) Наземний інформаційний комплекс (НІК), до складу якого входять:

- операторський центр;
- станції прийому інформації X-діапазону;
- комплекси попередньої обробки інформації та архівації.

Наземний комплекс управління НКУ забезпечує управління супутником з моменту виведення на орбіту до припинення його функціонування. Центр управління польотом створено з використанням сучасних засобів обчислювальної техніки та інформаційних технологій. Програмно-технічні засоби та інформаційне забезпечення єдиної бази даних ЦУП забезпечують можливість управління угрупованням супутників одного типу з урахуванням запуску перспективних КА.

Космічна система «Січ-2» є потужним інструментом оперативного отримання інформації щодо ситуації на великих ділянках суходолу, морських та океанських акваторій, моніторингу космічної погоди та пошуку геофізичних ефектів в іоносфері Землі. В Україні такі дані можуть використовуватись в інтересах більшості галузей народного господарства країни, для інформування апарату державного управління, для потреб наукових організацій, а також для широкого кола споживачів приватного сектору. Космічна система «Січ-2» може використовуватись за такими основними напрямками:

1. Моніторинг аграрних ресурсів.
2. Моніторинг водних і земних покривів.
3. Моніторинг надзвичайних ситуацій.
4. Моніторинг іоносфери Землі.

Крім того, за умови подальшого просування геопросторових технологій, дані системи «Січ-2» можуть успішно використовуватись для потреб муніципального управління та розвитку територій, пошуку корисних копалин, виконання заходів екологічного моніторингу, вирішення завдань національної безпеки.

Зокрема, для підтримки прийняття ефективних рішень у сільському господарстві космічні знімки супутника «Січ-2» можуть відігравати визначальну роль, оскільки вони дозволяють:

- проводити моніторинг якості використання на явних посівних площ;
- обчислювати загальні площі посівів тих чи інших культур;
- відстежувати дотримання порядку сівозміни;
- виконувати поточний контроль за станом посівів, визначати ступені сходження, засмічення та стиглості зернових культур;
- проводити попереднє прогнозування врожайності;
- виявляти та прогнозувати несприятливі явища у сільському господарстві (вітрова та водна ерозія, засолення);
- вивчати природні умови, котрі впливають на сільськогосподарську діяльність (заболочення, різкі перепади рельєфу);
- оперативно виявляти території сільськогосподарських угідь, що зазнали збитків внаслідок несприятливих природних умов;
- визначати загальну площу постраждалих ділянок тощо.

Дані системи «Січ-2» можуть бути використані для моніторингу стану морських акваторій та внутрішніх водойм, інвентаризації лісів, класифікації земних покривів. Найбільш перспективними напрямками є наступні:

- моніторинг стану морських акваторій та внутрішніх водойм, відстеження змін ліній узбереж, русел річок;

- визначення реальних площ лісів, виявлення існуючих та оперативний моніторинг нових вирубок, згарищ та вітровалу;
- визначення категорій (листяні, хвойні) та природного складу лісів;
- вивчення природних умов, які заважають активній аграрній та лісогосподарській діяльності (заболочення, різкі перепади рельєфу тощо).
- оновлення топографо-геодезичної бази для корекції генеральних планів розбудови міст;
- геопросторовий аналіз інвестиційної привабливості визначених територій;
- вивчення територій в рамках розробки нових інфраструктурних проектів тощо.

Література:

http://www.dniprokosmos.dp.ua/docs/SICH2_broshura_28.03.2011.pdf
<http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/archive/docview;jsessionid=019086218282AE6CE61453DC1478DD03?typeId=39552>
<http://www.lesovod.org.ua/node/11044>
<http://news.if.ua/tag/%D0%BB%D1%96%D1%81>
http://www.mns.gov.ua/files/prognoz/report/2011/1_3_2011.pdf
http://archive.nbu.gov.ua/portal/chem_biol/nvnltnu/22_3/80_But.pdf

Модуль 2. Тема 9. СУПУТНИКОВА СИСТЕМА «СІЧ-2».

План: 1. *Українські супутники ДЗЗ – історія створення і використання.* 2. *Участь України у міжнародних програмах спостереження Землі з космосу.* 3. *Космічна система спостереження Землі з космосу «СІЧ-2».* 4. *Основні напрями використання космічної системи «Січ-2».* 5. *Моніторинг аграрних та лісових ресурсів.*

1. Українські супутники ДЗЗ – історія створення і використання. На сьогодні Україна має значний науковий та виробничий потенціал в галузі створення та використання систем дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). За майже двадцять років незалежності України створено та виведено на орбіти супутники спостереження Землі: «Січ-1», «Океан-О», «Січ-1М», «Мікрон», «ЄгиптСат-1». Готується до запуску супутник «Січ-2». Протягом цього періоду створено сучасні зразки бортової апаратури для зйомок поверхні Землі та вимірювання параметрів іоносфери, модернізовано та налагоджено роботу наземної інфраструктури управління польотом космічних апаратів (КА), засобів прийому та обробки супутникової інформації.

Незважаючи на об'єктивні економічні труднощі, роботи у зазначеному напрямку не припиняються: на початок 2011 року підприємства космічної галузі України досягли значних успіхів у розробці перспективних космічних платформ та цільової апаратури для майбутніх супутників ДЗЗ: «Січ-2М», «Січ-3-О», «Січ-3-Р». Головними розробниками та виробниками космічних апаратів ДЗЗ в Україні є Державні підприємства «Конструкторське бюро «Південне» та Виробниче об'єднання «Південний машинобудівний завод». Ці підприємства мають давні традиції, підготовлений кадровий потенціал та вагомий досвід у цій високотехнологічній сфері: після запуску у 1962 році першого дніпропетровського супутника «ДС-2» («Космос-1») було створено понад 70 типів космічних апаратів кількох поколінь (серії «Космос», «Інтеркосмос», «Метеор», «Океан»), виведено на орбіти близько 400 КА, які успішно застосовувалися для розв'язання широкого спектра завдань вивчення Землі та навколоземного простору. Накопичений науково-технічний потенціал набув подальшого розвитку в ході виконання робіт в рамках Національних космічних програм України. Одне з головних завдань цих Програм – розгортання на орбіті постійно діючого угруповання космічних апаратів «Січ». Концепція його формування спрямована на створення та введення в експлуатацію серії природоресурсних космічних апаратів ДЗЗ з різним складом бортових вимірювальних та зондуючих пристроїв. Це дозволяє забезпечувати зйомку Землі з різними рівнями просторової розрізненості, періодичності, ширини смуг огляду та всепогодності у відповідності до вимог споживачів.

Перший крок до створення Україною власної системи ДЗЗ було зроблено у 1995 році, коли на навколоземну орбіту виведено КА «Січ-1» зі знімальною апаратурою, що дозволяла проводити оптичну та радіолокаційну зйомку. Дані, що надходили з КА, використовувались для вирішення завдань у сфері охорони довкілля та сільського господарства, контролю динаміки процесів в атмосфері та на океанічній поверхні, проведення льодової розвідки та моніторингу повеней.

Досить високі технічні, ресурсні та інформаційні характеристики мав наступний космічний апарат «Океан-О», виведений на орбіту у 1999 році. Він поєднував дослідницьку радіолокаційну, радіометричну, оптико-електронну апаратуру, засоби оперативного збору та передачі даних. Знімки з цього КА забезпечили можливість вирішення широкого кола завдань, зокрема: комплексного вивчення океанів та морів з метою формування довгострокових прогнозів погоди і клімату, раціонального використання біологічних і мінеральних ресурсів, контролю льодової обстановки для забезпечення безпеки судноплавства, діагностики забруднень водної поверхні, забезпечення господарської діяльності на морському шельфі тощо.

В рамках Національних космічних програм України з метою зменшення масогабаритних характеристик і, відповідно, зниження вартості супутників ДЗЗ, було проведено комплекс робіт, спрямованих на їх функціональне та енергетичне насичення, збільшення терміну активного функціонування на орбіті, впроваджено нові принципи

проектування КА, використано інноваційні конструкційні матеріали та елементну базу, здійснено інтелектуалізацію бортових функцій на основі сучасних комп'ютерних засобів. Результатом виконання цих робіт став запуск у грудні 2004 року супутника ДЗЗ «Січ-1М» та першого українського мікросупутника «Мікрон».

Космічний апарат «Січ-1М» створювався на платформі супутника «Січ-1» з удосконаленим комплексом знімальної та зондуючої апаратури. Його відмінними рисами стали покращені характеристики бортових сканерів і радіолокатора бокового огляду, оснащення оптико-мікрохвильовим сканером з можливістю одночасних вимірювань у видимому, інфрачервоному та НВЧ діапазонах довжин хвиль. На супутнику розміщувалась апаратура міжнародного проекту «Варіант» для вивчення іоносфери Землі. Науково-прикладна програма використання даних КА «Січ-1М» передбачала вирішення завдань дослідження атмосфери Землі і Світового океану, моніторингу гідрологічної та льодової обстановки, рослинних і ґрунтових покривів суші.

Мета запуску КА «Мікрон» полягала у відпрацюванні технології створення мікросупутника та перевірці нових технічних і технологічних рішень. В ході розробки цього КА було реалізовано низку нових науково-технічних результатів, серед яких – створення супутника в негерметичному виконанні, мініатюризація та інтеграція бортового обладнання, введення бортового обчислювального комплексу для керування підсистемами КА, покращення характеристик його енергозабезпечення.

Новий супутник «Січ-2» створено на сучасному технологічному та інформаційному рівні. Супутник розроблено на базі нової мікроплатформи «МС-2» та зібрано в негерметичному виконанні з широким використанням полімерних і композиційних матеріалів. Бортову апаратуру КА розроблено на базі мікротехнологій, управління підсистемами КА здійснюватиметься засобами бортового обчислювального комплексу. Супутник оснащено багатозональними оптико-електронними пристроями, що будуть працювати у 5 спектральних діапазонах. Супутник дасть змогу отримувати цифрові зображення поверхні Землі в панхроматичному і багатоспектральному діапазонах з розрізненістю не гірше 8,2 м, а також у середньому інфрачервоному діапазоні – до 41,4 м.

Космічні знімки з такою розрізненістю можуть успішно використовуватись для контролю за використанням аграрних ресурсів, у земле- та лісокористуванні, надавати значну допомогу при здійсненні екологічного моніторингу, оцінки забруднень навколишнього середовища, моніторингу надзвичайних ситуацій, розвідки корисних копалин, в ході виконання інфраструктурних проектів.

2. Участь України у міжнародних програмах спостереження Землі з космосу.

Запуск Україною власних супутників ДЗЗ дозволяє брати активнішу участь у міжнародних програмах зі спостереження Землі. На сьогодні, наймасштабнішими міжнародними програмами і проектами у сфері ДЗЗ є програми GEOSS, GMES, UN-SPIDER, проект RapidEye.

Зокрема, впродовж кількох років Україна співпрацює з Міжнародною групою зі спостереження Землі GEO (Group on Earth Observations) та бере активну участь у створенні системи GEOSS (Global Earth Observation System of Systems). GEO було створено у 2002 році за рішенням Світового саміту з підтримки розвитку (World Summit on Sustainable Development) та зустрічі глав «великої вісімки» (G8). На сьогодні GEO включає понад 85 країн-учасниць, Європейську комісію та 61 організацію-учасницю, у тому числі комітет CEOS (Committee on Earth Observation Satellites).

В Україні ведуться роботи щодо створення власної інформаційної системи GEO-UA, яку слід розглядати як український сегмент глобальної «системи систем» GEOSS. Основне призначення цієї системи полягає у наданні зацікавленим користувачам, міністерствам та відомствам даних супутникових та наземних спостережень. Пріоритетними напрямками розробки системи GEO-UA є створення сервісів моніторингу надзвичайних ситуацій, екологічного моніторингу та розв'язання низки завдань сільськогосподарського призначення.

Україна також бере активну участь у роботі міжнародного комітету CEOS (Committee on Earth Observation Satellites) і його робочій групі WGISS (Working Group on Information Systems and Services). Основна мета цієї робочої групи полягає у відпрацюванні інформаційних технологій та створенні інформаційних систем зберігання, обробки та візуалізації геопросторових даних.

З 2000 року країнами Європи реалізується ініціатива створення Глобальної системи космічних спостережень в інтересах збереження довкілля та безпеки GMES (Global Monitoring for Environment and Security), що за своєю суттю є внеском Євросоюзу до GEOSS. Система GMES має складатись з множини розподілених засобів спостереження наземного, авіаційного та космічного базування, а також системи оперативного доведення інформації до користувачів різного рівня. На сьогодні реалізується період впровадження GMES, який націлений на розвиток космічної та наземної компонент. При цьому, постачальниками космічних даних є супутники ДЗЗ Європейського космічного агентства, ФРН, Франції, Італії та інших європейських країн. Україна задекларувала наміри щодо участі у створенні та функціонуванні GMES. Із запуском КА «Січ-2» Україна зможе внести вагомий внесок у розвиток та інформаційне наповнення системи GMES, забезпечити органічну інтеграцію національної системи ДЗЗ до європейських та загальносвітових структур.

У лютому 2010 року між управлінням ООН з питань космічного простору (UNOOSA — United Nations Office for Outer Space Affairs) та Інститутом космічних досліджень НАНУ-НКАУ укладено угоду про створення Регіонального офісу підтримки (Regional Support Office) та співробітництво у сфері використання космічної інформації для попередження і екстреного реагування на надзвичайні ситуації згідно програми UN-SPIDER, що має на меті реалізацію механізму оперативного забезпечення широкої міжнародної спільноти супутниковими даними на випадок стихійних лих та надзвичайних ситуацій. В рамках діяльності Регіонального офісу підтримки UN-SPIDER передбачається розвиток можливостей України у сфері використання даних ДЗЗ для моніторингу надзвичайних ситуацій. Запуск національного супутника ДЗЗ «Січ-2» дозволить Україні стати повноправним членом програми UN-SPIDER.

Під час проведення міжнародного авіасалону ILA у Берліні, 10 червня 2010 року, між провідним європейським оператором ДЗЗ компанією RapidEye та Державним підприємством (ДП) «Дніпрокосмос» було підписано угоду про надання «Дніпрокосмосу» статусу офіційного дистриб'ютора космічних знімків системи RapidEye. ДП «Дніпрокосмос» і компанія RapidEye активно співпрацюють з 2008 року. У 2009 році компанія RapidEye та ДП «Дніпрокосмос» виконали спільний пілотний проект щодо моніторингу аграрних ресурсів на території України. З 2010 року було розпочато спільний проект щодо класифікації земних покривів України. Співпраця з компанією RapidEye дозволила розпочати процес впровадження новітніх космічних технологій в інтересах державних та приватних користувачів в Україні. Після запуску КА «Січ-2» співпраця з компанією RapidEye дозволить забезпечити високу оперативність отримання інформації ДЗЗ для українських споживачів, оскільки крім національного КА ДЗЗ буде налагоджено доступ до даних з п'яти КА системи RapidEye.

3. Космічна система спостереження Землі з космосу «СІЧ-2». Супутник «Січ-2» – малогабаритний космічний апарат, розроблений на сучасному світовому рівні в негерметичному виконанні з широким використанням полімерних та композиційних матеріалів. Супутник оснащено оптико-електронним сканером з трьома спектральними та одним панхроматичним діапазоном, сканером середнього інфрачервоного діапазону та комплексом наукової апаратури (КНА) «Потенціал», призначений для дослідження параметрів нейтральних і заряджених частинок, електричного і магнітного полів у верхній атмосфері Землі.

До складу комплексу наукової апаратури входять:

- аналізатор густини частинок для дослідження параметрів нейтральних (датчик DN) і заряджених (датчик DE) частинок космічної плазми,
- вимірювач потенціалу корпусу супутника відносно плазми (електричний зонд EZ),

- система збору й обробки наукової інформації (СЗНІ).

Для виконання завдань експерименту будуть використані дані вимірювань магнітного поля Землі за допомогою встановленого на супутнику службового високоточного ферозондового магнітометра LEMI-016M.

Технічні характеристики приладів розраховані для виявлення збурень електромагнітного поля, плазми й нейтральних частинок, характерних на висотах біля 700 км.

Основні характеристики супутника «Січ-2»: Маса - 176 kg; Орбіта: - висота - 700 km; нахил – $98,24^\circ$; Стабілізація - Тривісна активна; Максимальний кут відхилення від надиру - 30° ; Споживана потужність: - максимальна 405 W; - середньодобова 90 W; Термін активного існування, років- 5.

Характеристики апаратури ДЗЗ супутника «Січ-2».

Багатозональний скануючий пристрій. Спектральні діапазони: - панхроматичний 0.51—0.90 мкм; - мультиспектральний 0.51—0.59; 0.61—0.68; 0.80—0.89 мкм; Проекція кроку пікселів у надрі ~ 8.2 m; Ширина смуги огляду в надрі ~ 48.8 km.

Сканер середнього інфрачервоного діапазону. Ширина спектрального діапазону 1.51—1.70 мкм; Проекція кроку пікселів у надрі ~ 41.4 m; Ширина смуги огляду в надрі 58.1 km;

Підсистема даних. Об'єм пам'яті 2 GB; Швидкість передачі даних 30.72 Mbps.

Наземна інфраструктура космічної системи «Січ-2» створена на базі Національного центру управління та випробувань космічних засобів (НЦУВКЗ). Наземна інфраструктура включає:

- 1) Наземний комплекс управління (НКУ) космічним апаратом, до складу якого входять:
 - центр управління польотом космічних апаратів (ЦУП);
 - станції управління S-діапазону;
 - головний інформаційний зал.
- 2) Наземний інформаційний комплекс (НІК), до складу якого входять:
 - операторський центр;
 - станції прийому інформації X-діапазону;
 - комплекси попередньої обробки інформації та архівації.

4.Основні напрями використання космічної системи «Січ-2». Космічна система «Січ-2» є потужним інструментом оперативного отримання інформації щодо ситуації на великих ділянках суходолу, морських та океанських акваторій, моніторингу космічної погоди та пошуку геофізичних ефектів в іоносфері Землі. В Україні такі дані можуть використовуватись в інтересах більшості галузей народного господарства країни, для інформування апарату державного управління, для потреб наукових організацій, а також для широкого кола споживачів використовуватись за такими основними напрямками:

1. Моніторинг аграрних ресурсів.
2. Моніторинг водних і земельних покривів.
3. Моніторинг надзвичайних ситуацій.
4. Моніторинг іоносфери Землі.

Крім того, за умови подальшого просування геопросторових технологій, дані системи «Січ-2» можуть успішно використовуватись для потреб муніципального управління та розвитку територій, пошуку корисних копалин, виконання заходів екологічного моніторингу, вирішення завдань національної безпеки.

Зокрема, для підтримки прийняття ефективних рішень у сільському господарстві космічні знімки супутника «Січ-2» можуть відігравати визначальну роль, оскільки вони дозволяють:

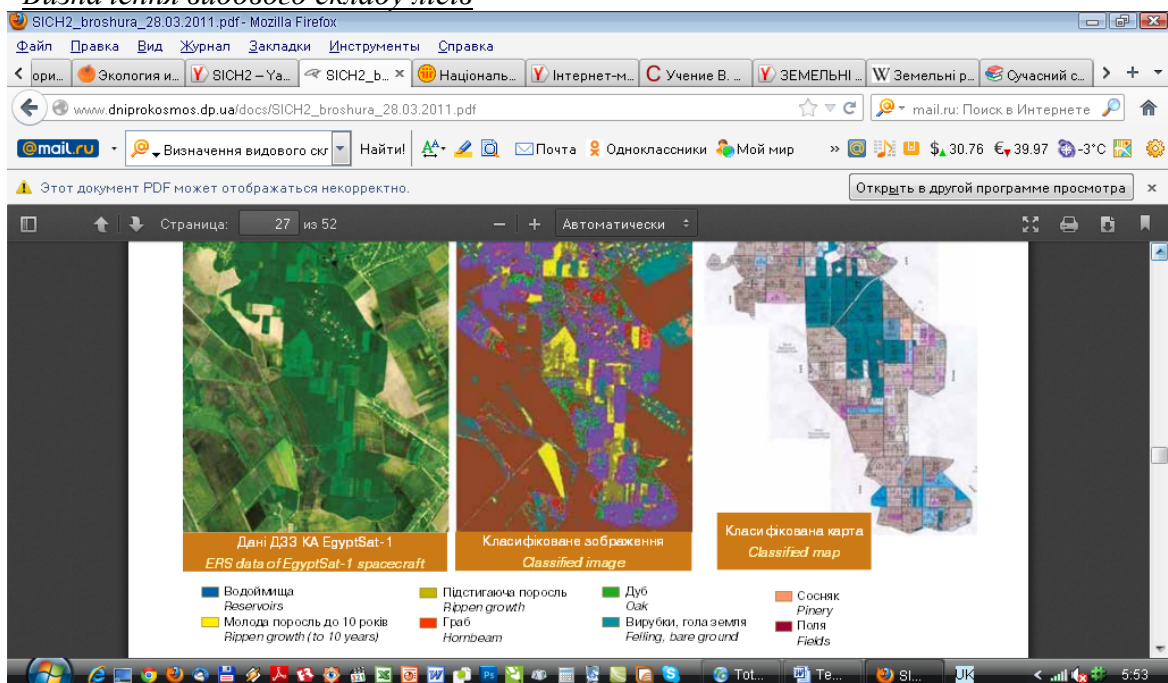
- проводити моніторинг якості використання наявних посівних площ;
- обчислювати загальні площі посівів тих чи інших культур;
- відстежувати дотримання порядку сівозміни;
- виконувати поточний контроль за станом посівів, визначати ступені сходження, засмічення та стиглості зернових культур;
- проводити попереднє прогнозування врожайності;

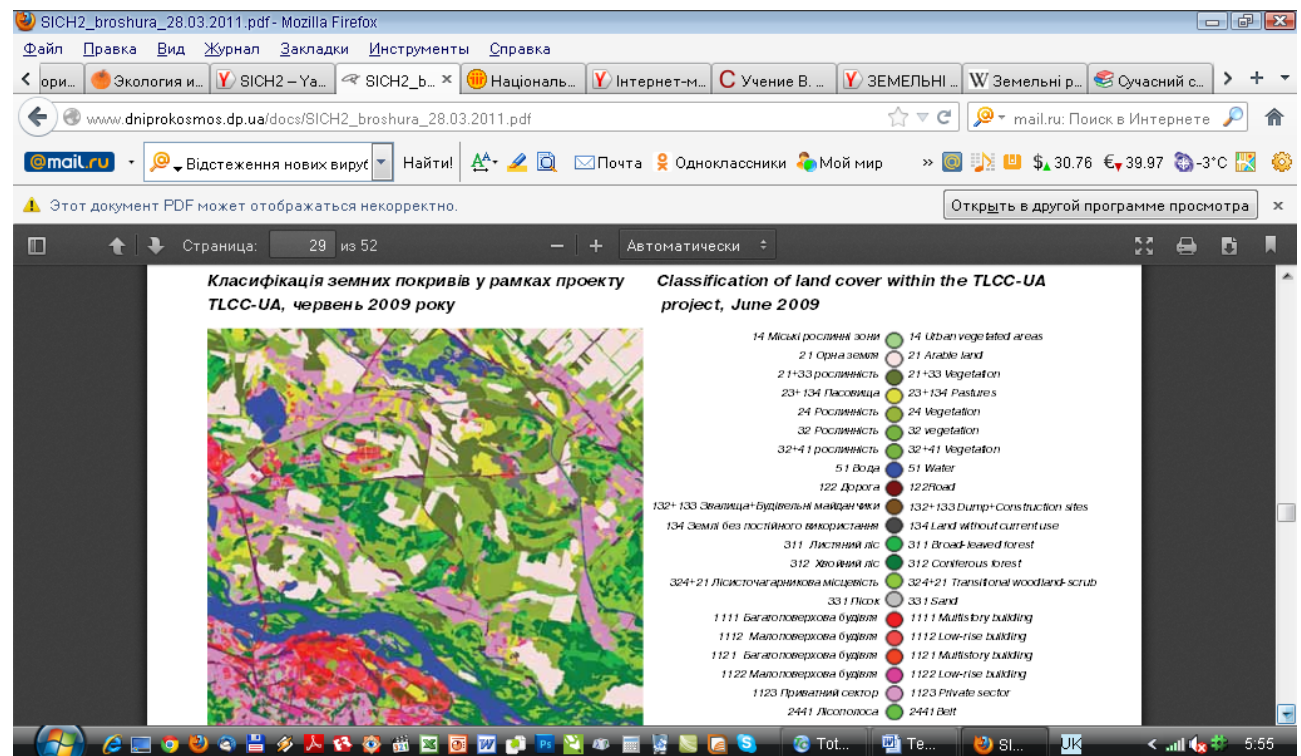
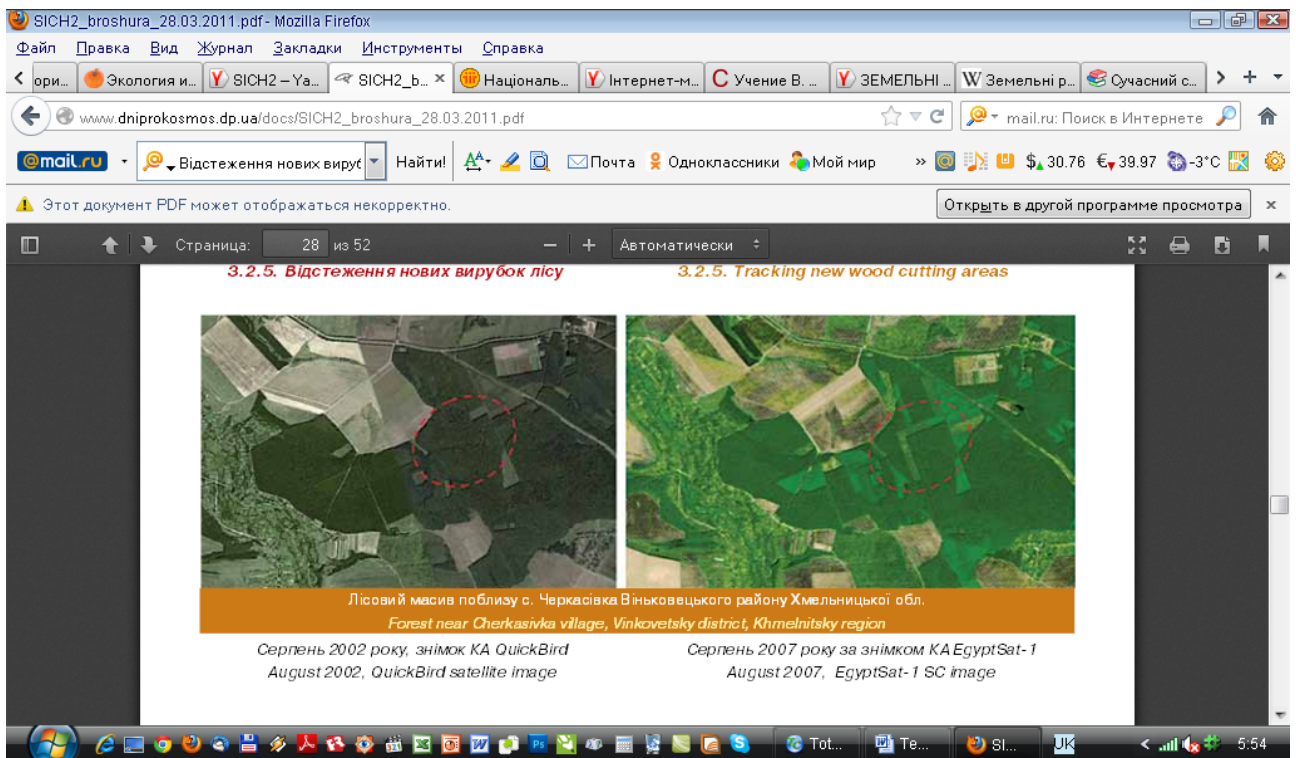
- виявляти та прогнозувати несприятливі явища у сільському господарстві (вітрова та водна ерозія, засолення);
 - вивчати природні умови, які впливають на сільськогосподарську діяльність (заболочення, різкі перепади рельєфу);
 - оперативно виявляти території сільськогосподарських угідь, що зазнали збитків внаслідок несприятливих природних умов;
 - визначати загальну площу постраждалих ділянок тощо.
- Дані системи «Січ-2» можуть бути використані для моніторингу стану морських акваторій та внутрішніх водойм, інвентаризації лісів, класифікації земних покривів. Найбільш перспективними напрямками є наступні:
- моніторинг стану морських акваторій та внутрішніх водойм, відстеження змін ліній узбереж, русел річок;
 - визначення реальних площ лісів, виявлення існуючих та оперативний моніторинг нових вирубок, згарищ та вітровалу;
 - визначення категорій (листяні, хвойні) та природного складу лісів;
 - вивчення природних умов, які заважають активній аграрній та лісгосподарській діяльності (заболочення, різкі перепади рельєфу тощо).
 - оновлення топографо-геодезичної бази для корекції генеральних планів розбудови міст;
 - геопросторовий аналіз інвестиційної привабливості визначених територій;
 - вивчення територій в рамках розробки нових інфраструктурних проєктів тощо.

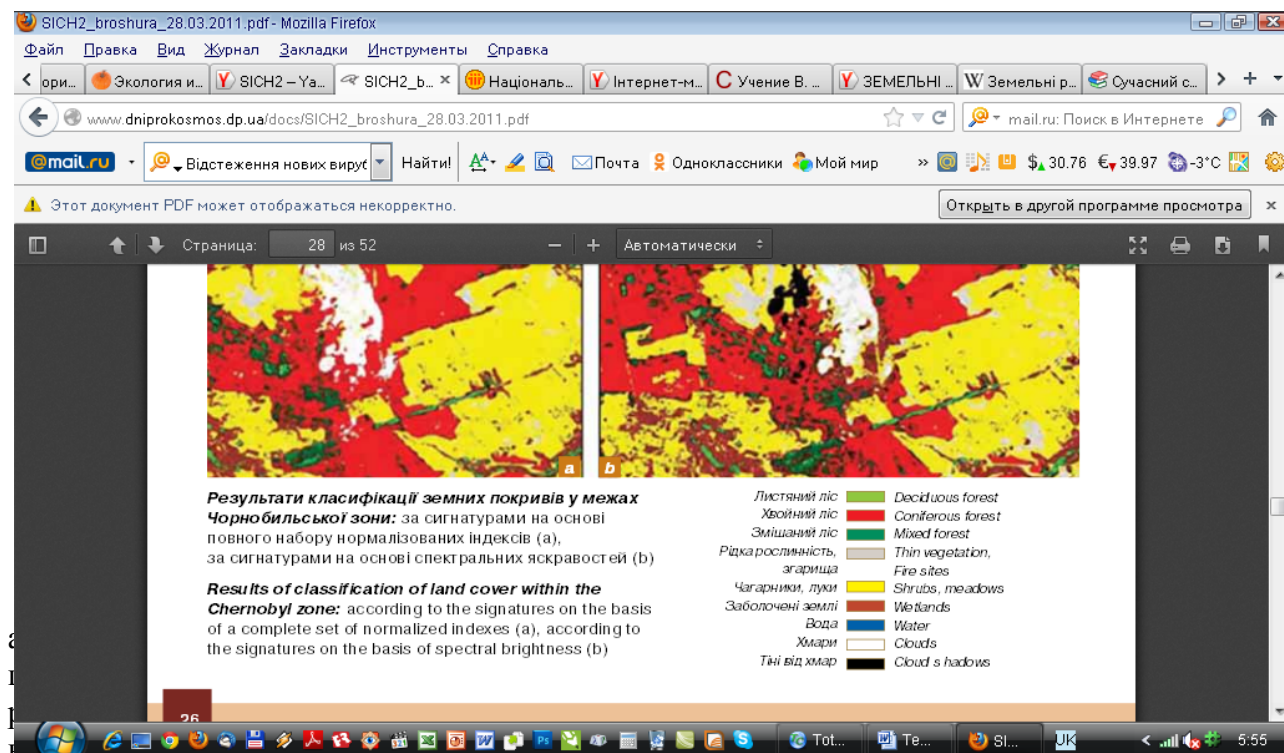
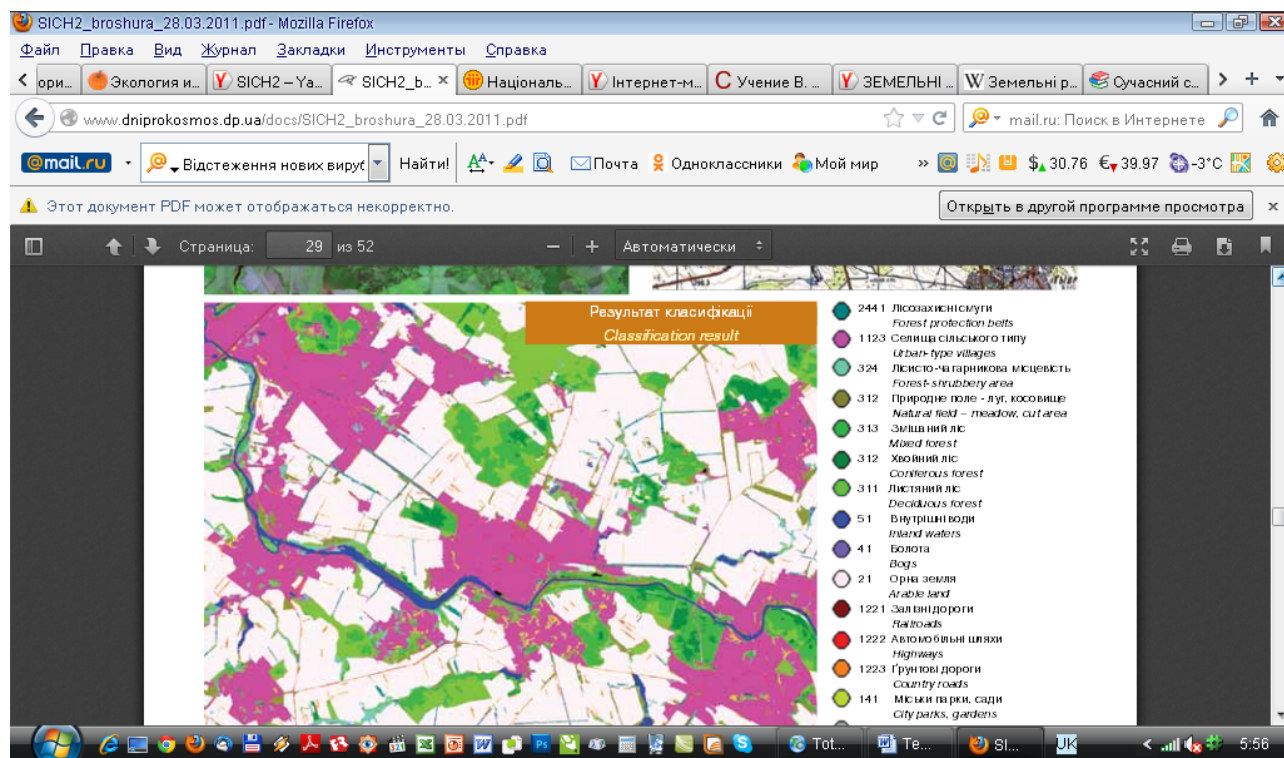
5. Моніторинг аграрних і лісових ресурсів. Для підтримки прийняття ефективних рішень у сільському господарстві космічні знімки супутника «Січ-2» можуть відігравати визначальну роль, оскільки вони дозволяють:

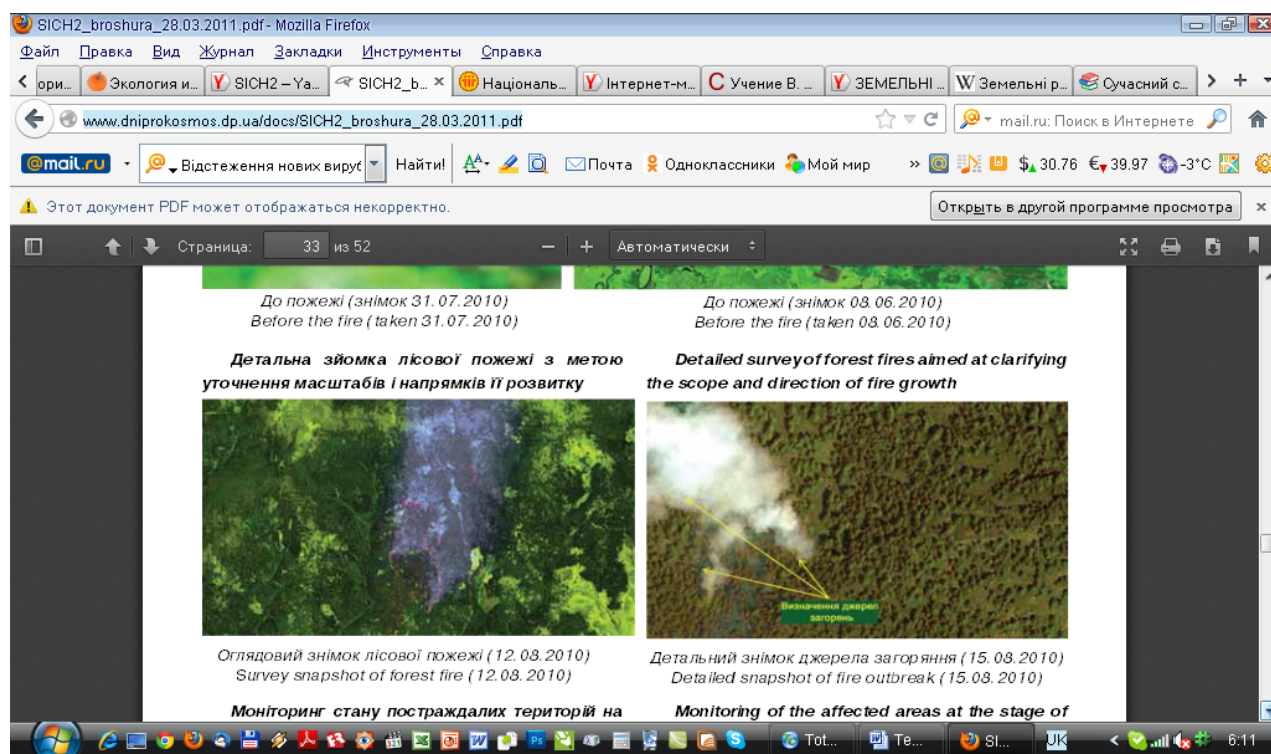
- проводити моніторинг якості використання наявних посівних площ;
- обчислювати загальні площі посівів тих чи інших культур;
- відстежувати дотримання порядку сівозміни;
- виконувати поточний контроль за станом посівів, визначати ступені сходження, засмічення та стиглості зернових культур;
- проводити попереднє прогнозування врожайності;
- виявляти та прогнозувати несприятливі явища у сільському господарстві (вітрова та водна ерозія, засолення);
- вивчати природні умови, котрі впливають на сільськогосподарську діяльність (заболочення, різкі перепади рельєфу);
- оперативно виявляти території сільськогосподарських угідь, що зазнали збитків внаслідок несприятливих природних умов;
- визначати загальну площу постраждалих ділянок тощо.

Визначення видового складу лісів



Відстеження нових вирубок лісу





http://www.dniprokosmos.dp.ua/docs/SICH2_broshura_28.03.2011.pdf

Тема 10.: СУЧАСНІ GPS ТЕХНОЛОГІЇ ЯК РІЗНОВИД АЕРОКОСМІЧНИХ МЕТОДІВ

План: 1.ГІС та GPS технології і управління ресурсами. 2.Загальна схема і принцип визначення точних координат в системі GPS. 3.Робочі можливості GPS для ГІС. 4.Застосування приладів супутникового позиціонування в прикладних завданнях і ГІС. 5.Приклади вирішення конкретних завдань з використанням GPS/ГІС.

1.ГІС та GPS технології і управління ресурсами. У зв'язку із зростаючою вартістю землі і потребою у відповідних природних ресурсах, такі інструменти, як комп'ютерні Геоінформаційні Системи і системи управління ресурсами забезпечують механізм запису, зберігання і пошуку великих об'ємів географічних даних.

Проте, до тих пір, поки цей обширний об'єм пов'язаної із землею інформації не буде заснований на єдиній початковій системі координат, він може виявитися даремним, оскільки окремі частини не поєднуюватимуться одна з іншою. Будь-яка інформація, яка відноситься до положення об'єкту у реальному світі, є, по суті, географічною. Необхідно задати загальну географічну основу, на якій може базуватися інформація про місцезоположення об'єктів і пов'язати її з інформацією різних типів (тобто дані про володіння землею, про природні ресурси і політичні межі). GPS виявляється найбільш ефективним, точним і дешевим засобом створення такої основи. Будь-який з поширених методів GPS-зйомки можна використовувати для своєчасного створення і обслуговування даних в географічно прив'язаній базі даних, такий як ГІС.

2.Загальна схема і принцип визначення точних координат в системі GPS. Глобальна Система Позиціонування (Global Positioning System) або GPS розроблена на замовлення Міністерства Оборони США і створена в 1979 р. Ядро цієї системи складають 24 космічних навігаційних супутника Землі «NAVSTAR». Вся система складається з трьох блоків (сегментів):

Космічний сегмент є системою з 24 навігаційних штучних супутників Землі (ШСЗ), розташованих на майже кругових орбітах, на висоті понад 20 тис. км. Супутники оснащені радіопередавачами і еталонами часу (атомний годинник)

Сегментом управління є мережа наземних станцій стеження за ШСЗ і центрами обробки інформації. Основне завдання - підтримка в робочому стані космічного сегменту.

Сегмент споживачів – це власники GPS-приймачів на суші, воді, в повітрі.

Принцип визначення координат заснований на радіодальномерії. Радіосигнали, ШСЗ приймаються антенною GPS-приймача. Сигналом є спеціальний код, що несе інформацію про час випромінювання його передавачем супутника і координати супутника. Процесор приймача після прийому радіосигналу обчислює час його проходження від передавача на ШСЗ до антени приймача. Таким чином, обчислюється відстань від GPS-приймача до всіх ШСЗ, що знаходяться в даний момент в полі радіовидимості, а потім і координати самого приймача. Створення системи GPS дозволяє визначати координати в будь-якій точці Земної кулі, у будь-який час, незалежно від погодних умов. Точність визначення координат (залежно від типів і класів апаратури, а також від методики вимірювань) від 100 м до 1 мм.

Основні переваги GPS-технології в порівнянні з традиційними геодезичними методами:

- Не вимагається взаємної видимості між пунктами
- Працює в будь-яких погодних умовах, у будь-який час, в будь-якій точці Землі
- Володіє високою точністю визначення координат
- Має набагато вищу швидкодію
- Надає тривимірні координати в плані і по висоті

3.Робочі можливості GPS для ГІС. GPS-приймачі, призначені для ГІС-застосування, дозволяють до отриманої точки додати її опис. Приймачі деяких типів дозволяють просто вводити опис за допомогою вбудованої клавіатури, інші дозволяють вибирати терміни із списку заздалегідь введеного словника безпосередньо в польових умовах. Деякі із словників даних мають ієрархічну структуру. Деякі з таких систем здійснюють офсетну підтримку, тобто дозволяють працювати методом засічки. Метод засічки дає користувачеві можливість картографувати об'єкт на місцевості, якщо йому відомі відстань і пеленг до об'єкту. Програмне забезпечення (ПО), що поставляється GPS-виробниками, грає вельми важливу роль відносно інтеграції даних вимірювань з базою даних ГІС. Все ПО, що постачається допускає його реалізацію на IBM-сумісних персональних комп'ютерах. Зв'язок комп'ютера з приймачем GPS здійснюється зазвичай через послідовний порт Rs232.

Класифікація GPS-приймачів

Область застосування	Вартість USD	Стислий опис
Позиціонування	500-1000	Лише стаціонарний режим, портативний, мало каналів, точність позиціонування 100 м, немає системи автоматизованого запису даних
Навігація	1000-20000	Диференціальний режим, точність в метровому діапазоні, спеціальні навігаційні об'єкти
ГІС	3000-13000	Диференціальний режим, точність в метровому і меншому діапазоні, автоматизований запис даних, інтерфейс з програмним забезпеченням для ГІС
Геодезія/Геодинаміка	10000-50000	Диференціальний режим, подвійна частота, сантиметрова точність, автоматизоване накопичення даних
Таймінг	до 60000	Застосовується виключно з метою контролю часу, точність в межах 1 мкс
Військове призначення	до 60000	Точність в стаціонарному положенні 16 м. Висока точність в диференціальному режимі. Заборона для цивільних користувачів

Найбільш відомі на ринку приймачі наступних фірм: Garmin International, Lenexa, Kan.; Leica Inc., Navigation and Positioning Division, Torrance, Calif.; Magellan Systems Corp., San Dimas, Calif.; Motorola Inc., Scottsdale, Ariz.; Sokkia Corp., Overland Park, Kan.; Trimble Navigation, Sunnyvale, Calif.

4.Застосування приладів супутникового позиціонування в прикладних завданнях і ГІС. Сфери застосування GPS-засобів можна систематизувати за змістом основних завдань. Землепоряджувальні завдання, картографія і координування будівельних об'єктів відносяться до такої групи додатків, як вимірювання Землі і її поверхні. Тут можуть використовуватися не тільки окремі приймачі, але і цілі обчислювальні вимірювальні комплекси, точність вимірювань яких доходить до часток сантиметра. GPS дозволяє «присвоїти» унікальну адресу буквально кожному квадратному метру поверхні Землі.

Сфери застосування GPS-засобів в *дорожньому господарстві*. Залежно від точності необхідних даних, використання GPS в дорожньому господарстві може вестися в наступних напрямках: навігація, топографія, геодезичні роботи.

Використання GPS-обладнання для *навігації*. Традиційно першою є область навігації рухомих об'єктів. Їй відповідають GPS-приймачі навігаційного класу, що визначають місцеположення з погрешністю не гірше за декілька десятків метрів. За винятком спеціальних завдань, це - дуже висока точність навігації.

Для збору точних ГІС даних і картографічних робіт використання новітніх технологій GPS у поєднанні з могутніми накопичувачами даних і програмним забезпеченням дозволяє отримувати точні результати зйомки для створення і оновлення ГІС. За допомогою топографічних GPS-приладів забезпечується точність визначення координат об'єктів в діапазоні від 5 метрів до 30 сантиметрів кожну секунду вимірювань навіть в русі, що дозволяє істотно збільшити число точок зйомки при створенні карт в масштабі від 1:2000 і дрібніше. При відповідальних роботах використовується спеціальний режим підвищеної точності. Окрім тривимірних координат GPS-приймачі дозволяють зберігати і розгорнені описи об'єктів зйомки із заздалегідь підготовлених словників. Координати об'єктів можна отримувати як в прийнятих Державних Системах, так і в будь-яких місцевих системах координат.

При оснащенні комплекту GPS-приладів спеціальним радіоканалом для передачі поправок висока точність зйомки стає можливою і в реальному масштабі часу. Це дозволяє вирішувати завдання по винесенню об'єктів в натуру, виконати точну навігацію або пошук пунктів. З допомогою ГІС або інформаційної програми цю роботу можна виконати наочно відразу на екрані комп'ютера по електронних картах-підкладках.

Використання GPS геодезичного класу (міліметровий-сантиметровий рівень точності). Вельми обширною сферою застосування GPS-засобів і методів є ЗЕМЛЕМІРСТВО в найширшому розумінні цього слова. В даний час GPS приймачі цього класу широко використовуються в геодезії, геофізиці, для топографії і земельного кадастру, для винесення проектів в натуру, при геодинамічних і гідрографічних дослідженнях.

Найважливішою особливістю переважної більшості цих проблем є вимога виняткової точності визначення координат, моментів часу і часових інтервалів. Тут рахунок погрешностям йде на долі метра і долі сантиметра при вимірюваних відстанях в десятки кілометрів.

Найбільш могутніми приймачами геодезичного класу є не окремі приймачі, а цілі обчислювальні вимірювальні станції і комплекси. Вони забезпечені і лініями радіозв'язку, і зовнішніми комп'ютерами, і розгалуженими програмами так званої камеральної обробки даних, накопичених під час польових вимірювань.

5. Приклади вирішення конкретних завдань з використанням GPS/ГІС. Земельний кадастр. Головною умовою інформаційної системи ГІС - земельний кадастр є не тільки створення цифрових карт, але і постійне їх оновлення відповідно до змін, що відбуваються. Найбільш перспективним вирішенням цієї проблеми є застосування GPS-технологій при зборі інформації. Американська фірма Trimble Navigation, що є лідером на ринку GPS-обладнання, випускає різні типи приймачів для різноманітних, у тому числі і ГІС-додатків. Приймачі можуть застосовуватися для збору даних в ГІС, що вже існують з метою внесення оперативних змін і доповнень до баз даних. Координати точкових об'єктів можуть бути визначені в місцевій системі з точністю до 10 см. Програмне забезпечення, що поставляється з приймачами сімейства Pathfinder, дозволяє перетворити вихідний файл у формат найбільш популярних ГІС (Arc/info, Mapinfo, Caddy і ін., включаючи стандартні формати DXF і DWG).

Найбільш перспективним напрямом GPS-технологій і їх застосування в ГІС можна вважати диференціальне позиціонування - DGPS, що дозволяє підвищити точність навігаційних визначень до 0,1 м безпосередньо в полі. Для нормального функціонування системи DGPS необхідна наявність на території країни базових станцій, що транслюють диференціальні поправки і що створюють т.з. диференціальне поле. В цьому випадку користувач GPS-приймачів для ГІС може отримувати необхідну точність вимірювань без обробки поста, використовуючи всього лише один приймач (економія 50%). Для прийому диференціальних поправок використовується радіомодем.

Ще один напрям розвитку GPS-технологій в геодезії, картографії і ГІС - цифрова аерозйомка з використанням GPS-приймачів для визначення координат знімальної камери в процесі польоту. Подібна методика зйомки місцевості дозволяє практично у польоті отримувати цифрову модель місцевості в растровому вигляді з прив'язкою до місцевої системи координат.

GPS-картографування об'єктів для страхування урожаїв. RCIS - найкрупніший страховик урожаїв в США. Він страхує більш ніж 110 типових культур: від винограду і суниці до бавовни, зернових і навіть моллюсків. Тільки за 2007 рік, RCIS (що входить до складу найбільшої компанії Wells Fargo & Company) зібрав \$1,7 мільярда страхових внесків. Застосування GPS там почалося ще в 1997 р., внаслідок чого компанія змогла зайняти лідируюче положення в цьому сегменті ринку. Супутникові приймачі Trimble застосовувалися для точного координування і нанесення на карти страхованих об'єктів. У 2000 році компанія запустила розробку власного програмного забезпечення. В даний час в систему введено більш ніж 30 мільйонів акрів зернових культур, для яких можна легко вивести звіт про площу ділянки, врожайність за минулі роки, роздрукувати карту і будь-яку іншу інформацію. Для нанесення меж ділянки клієнта безпосередньо в полі, використовуються приймачі Trimble Juno ST - це компактний, повністю інтегрований польовий комп'ютер з програмним забезпеченням Windows Mobile 5.0 і GPS приймачем з точністю 2-5 метрів в реальному часі. У полі, за допомогою координатних визначень можна визначити площу, розміри і периметр страхованої ділянки. Таку інформацію, як особливості об'єкту, тип страхованої культури і тому подібне, можна ввести в систему прямо на місці. Після синхронізації з Farmmaps, пропонується можливість надрукувати карту або звіт, відредагувати, відновити або систематизувати інформацію. Окрім вказаних переваг, точніше визначення площі ділянки дозволяє акуратніше розрахувати вартість страхових внесків.

Моніторинг заповідників за допомогою GPS. Одному з планових завдань в рамках збереження лісових масивів є локалізація «диких» туристичних стоянок. Необхідно зібрати інформацію про те, де в лісах знаходяться стоянки, щоб можна було регулярно спостерігати за їх станом. Лісництво в національному заповіднику Unita-wasatch-cache використовує польові комп'ютери типу Trimble GEOXT і Trimble GEOXH (з вбудованим GPS-модулем і програмним забезпеченням Terrasync і GPS Pathfinder Office відповідно). Була створена база кодів, яка дозволяла швидше вводити атрибутивну інформацію, що стосується кожної досліджуваної стоянки (кількість вогнищ, наявність сміття і так далі). Завдяки цим кодам, зібрана інформація могла експортуватися в існуючу ГІС. Була досліджена і записана інформація про 450 раніше відомих в окрузі Логан і більше 108 в окрузі Стенсбері (у окрузі Солт Лейк) стоянках. Після збору даних, інформація була завантажена в загальну базу і візуалізована. Тепер лісництво може ввести потрібні фільтри, швидко відшукати всі дані, що відносяться до конкретного запиту, що істотно спрощує роботу по управлінню природними ресурсами. Це дало можливість встановити, в якому ступені людська діяльність на стоянках впливає на стан навколишнього середовища.

Застосування GPS для оцінки можливого збитку рослинності в зоні передбачуваного будівництва. Передбачувана зона робіт (Долина Сан Фернандо Лос Анжелес, Каліфорнія) розташовується серед історичних дубових гаїв. Картографічні роботи виконувалися за допомогою GPS-приймача, об'єднаного з польовим комп'ютером Trimble GEOXT. Перед початком досліджень були розроблені спеціальні форми заповнення, які дозволили прискорити збір даних. За шість виїздів була проведена інвентаризація 430 дерев. Для кожного з дерев указувалися специфічні характеристики: вигляд, діаметр, загальний стан. Збір даних безпосередньо в електронному форматі дозволив забезпечити їх одночасну передачу в загальну базу, і там - прискорений аналіз. Це дозволило визначити, які дерева більшою мірою підпадуть під вплив людини, а які - ні. Карта, на якій ясно видні обидва шари, - рослинності і передбачуваного будівництва, дозволила проектувальникам і архітектором розробити альтернативні схеми, що дозволяють понизити вплив робіт на старовинні гаї. Окрім дерев, GEOXT допоміг зібрати дані про природні об'єкти, що проходять через зону інтересів: струмки, яри і інші природні утворення. Вся ця інформація відбилася в підсумковому звіті: вказані довжина, ширина і глибина ярів, пропускна спроможність річок і швидкість потоку. Поєднання вимірювань GEOXT і цифрових фотографій дозволяє проводити гео-прив'язку знімків, і відповідно, отримати більш повну інформацію в результаті аналізу.

Тема 10. Модуль 2. ДАНІ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ У ГІС

План: 1. Види дистанційних зйомок, поняття про аерофотознімання. 2. Будова атмосфери та види літальних апаратів. 3. Особливості застосування даних ДЗЗ у ГІС. 4. Головні проблеми використання даних ДЗЗ у ГІС.

1. Види дистанційних зйомок, поняття про аерофотознімання.

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. Фізична сутність сучасних дистанційних видів зйомки полягає у *цифровій, фотографічній або графічній реєстрації ультрафіолетового, видимого, інфрачервоного і гамма-випромінювань, радіохвиль, радіоактивних процесів, а також геомагнітного, штучного електричного і гравітаційних полів*. Структура космічної системи вивчення природних ресурсів наведено на рисунку 1.

Реєстрація сигналів може здійснюватися за допомогою цифрових фотографічних систем, оптико-електронних систем і геофізичних приймачів. Сучасні види дистанційних зйомок залежно від типу приймача і способу реєстрації об'єктів і явищ поділяються на 4 види (табл.1): *візуальні, фотографічні, фотоелектронні, геофізичні*.

Візуальні спостереження природних об'єктів з літаків, гелікоптерів або космічних кораблів дозволяють збільшити ефективність виконання низки задач щодо дослідження природних ресурсів Землі за рахунок скорочення обсягу інформації, що фіксується, її попереднього опрацювання і добору перед передачею на Землю.

Фотографічна аерокосмічна зйомка дуже поширена через наочні знімки, які отримують за допомогою цієї зйомки. Такі зображення є найбільш змістовними та детальними, тому фотографічна зйомка з літальних апаратів найбільш розповсюджена.

Фотоелектронна зйомка дає можливість систематичного одержання зображення всієї поверхні Землі протягом тривалого часу.

Геофізична зйомка використовується для геологічних досліджень, де основним чинником, що забезпечує формування сигналу, є гірські породи, у той час як вплив інших компонентів ландшафту близький до нуля.

Аерофотознімання, фотографування місцевості з повітря спеціальним *аерофотоапаратом*, встановленим на літаку, вертольоті, дирижаблі, штучному супутнику Землі або ракеті. Площина аерофотоапарата може займати задане горизонтальне (планове аерофотознімання найбільш поширене) або похиле (перспективне аерофотознімання)

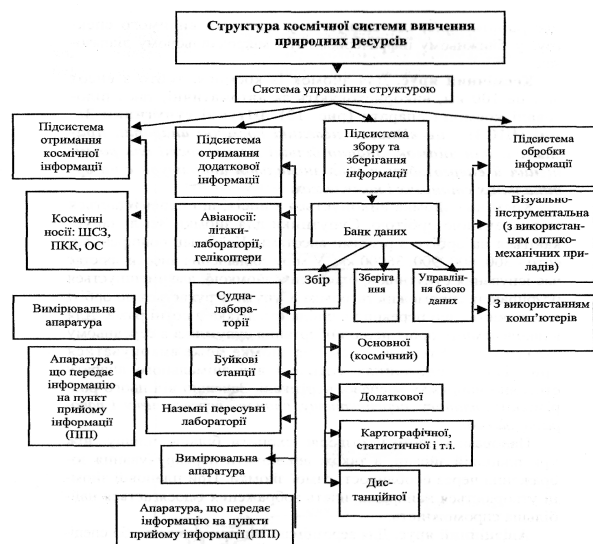


Рисунок 1 - Структура космічної системи вивчення природних ресурсів

положення. В окремих випадках фотографування здійснюється на циліндрову поверхню або об'єктивом, що обертається (панорамне аерофотознімання)²⁶.

²⁶ Зазвичай аерофотознімання виконують однооб'єктивним аерофотоапаратом, але інколи для збільшення площі, що фотографується на одному знімку, — багатооб'єктивним аерофотоапаратом, фотографування здійснюють одиночними аерознімками, певним напрямом (маршрутне аерофотознімання) або за площею (площинне аерофотознімання). При прокладенні маршруту частина ділянки місцевості, сфотографованої на одному знімку повинна фотографуватися і на іншому. Відношення площі, сфотографованої на двох суміжних знімках, до площі, змалюваної на кожному окремому знімку, виражене у відсотках, називається *подовжним перекриттям*; його задають відповідно до вимог подальшої фотограмметричної обробки (звичайне подовжнє перекриття 60%). При аерофотозніманні значної по ширині ділянки фотографування площі здійснюють серією паралельних маршрутів, що мають між собою поперечне перекриття (зазвичай 30%).

Види космічних зйомок

Аерокосмічні методи	Види зйомок	Область спектру
Візуальні дослідження	Візуальні остереження, окомірна зйомка, дешифрування знімків у польоті	Видима
Фотографічна зйомка	Чорно-біла, спектрозональна, кольорова, кольорова спектрозональна, інфрачервона, голографія	Видима, інфрачервона (ближній діапазон)
Фотоелектронна зйомка	Телевізійна, теплова (ІЧ), радіотеплова, радіолокаційна, ультрафіолетова спектрометрична	Видима, інфрачервона (теплова) радіодіапазон
Геофізична зйомка	Магнітна, радіометрична, електророзвідка, гравіметрична	Радіодіапазоні

Для підвищення якості і точності аерознімків при аерофотозніманні застосовують аерофотооб'єктиви з високою роздільною здатністю і малою дісторсією і аероплівку з дуже малою чутливістю. Аерофотоапарат має бути строго вирівняним за площиною, падіння освітленості по полю зору має бути найменшим, затвор повинен забезпечити дуже короткі (до 1:1000 сек) витримки, щоб зменшити нерізкість аероплівки у момент фотографування.

Багатозональна зйомка - це зйомка у вузьких спектральних діапазонах, коли одночасно використовується декілька (до 6 і більше) каналів. Діапазони багатозональної зйомки зазвичай розташовуються у різних ділянках спектра. Багатозональну зйомку можна віднести до фотографічної, якщо зображення отримують безпосередньо на світлочутливих матеріалах, і до нефотографічної, якщо зображення отримують безпосередньо у вигляді електричних сигналів, які потім передають по каналах зв'язку і (або) записують на магнітну стрічку. Багатозональну фотокартку отримують у результаті фотографування однією багатооб'єктивною або комплексом синхронізованих фотокамер з різними комбінаціями фотоплівок і світлофільтрів, що дають зональні зображення в різних спектральних інтервалах. При багатозональній зйомці отримують серію знімків, неідентичних за розподілом оптичних щільностей, що пов'язано з розходженнями в відбивній спроможності об'єктів зйомки в різних зонах спектра²⁷.

Характеризовані вище види ДЗЗ належать до *пасивних*, або тих, які різними засобами фіксують природне випромінювання об'єктів знімання. До *активних* систем належать ті, які дозволяють отримати більшу інформацію або завдяки більшому куту захоплення зображення, або завдяки застосуванню штучного променевого або хвильового випромінювання.

Так, в аерофотоапаратах встановлюються *високоякісні об'єктиви* з різною фокусною відстанню від 35 до 1000 мм, що дозволяє збільшувати територіальне охоплення зйомки.

За допомогою *сканерів-радіометрів* формуються «мозаїчні» знімки, що складаються з багатьох окремих, послідовно отриманих елементів зображення. При сканерній зйомці

²⁷ Природні об'єкти навколо нас мають різні спектри відбиття. Якщо усю видиму область електромагнітного випромінювання розбити на декілька зон і через світлофільтри, що пропускають тільки визначену частину усього видимого спектру, приймати випромінювання від якогось об'єкта, то інтенсивність і форма прийнятих сигналів виявляться різними. Маючи зображення земної поверхні в цьому діапазоні, можна за вимірами інтенсивності випромінювання від різних об'єктів визначити їхній тип. Якщо використовувати ще один діапазон хвиль і в ньому виміряти інтенсивність випромінювання від тих же об'єктів, тоді випромінювальні і відбивні характеристики об'єктів, різних за своїми фізичними і біологічними властивостями, проявляться сильніше, і дозволять виявити наявні в них відмінності. Наприклад, рілля і посіви різних культур, сфотографовані в декількох зонах спектра, відобразяться по-різному, опинившись на знімку зовсім різного кольору, відтінку і щільності. Так, у діапазонах 0,4 - 0,44 мкм, 0,62 - 0,66 мкм виявилось можливим розрізнити такі категорії посівів, як жито, кукурудза, соя, люцерна й інші, і не засаджені ґрунти.

зображення місцевості отримують у вигляді неперервної смуги, що складається зі смуг (сканів), що в свою чергу складаються з окремих елементів (пікселів)²⁸.

Телевізійна апаратура поділяється за засобом запису та передачі відеоінформації на *оптичну, оптико-механічну і фото-телевізійну*. За спектральним діапазоном фотографічні і телевізійні системи охоплюють довгохвильову частину УФ-діапазону (0,3-0,4 мкм), видиму і ближню ІЧ-область (0,4-0,9 мкм) спектру. На виході таких камер формується видиме зображення об'єкту. Одним з ефективних приладів відеознімання є *телевізійні камери*.

Можлива також активна зйомка за допомогою *лазерних локаторів (лідарів - скорочення від Light Distance And Ranging)*, що використовують монохроматичне випромінювання УФ та видимого діапазонів. Принцип дії лідара у вимірюванні інтенсивності розсіювання лазерного випромінювання аерозолем атмосфери. Лідар посиляє в атмосферу короткий імпульс світла і приймає назад сигнал зворотного розсіювання.

Локатори бічного огляду є прикладами знімальних систем, що дозволяють отримати «строчні» знімки. Бічний огляд - один з видів активної зйомки з рухомого носія здійснюється в радіо або акустичному діапазонах хвиль за допомогою знімальних систем *-радіолокатора бічного огляду та гідролокатора бічного огляду*.

Радіолокаційні системи - це радіометри активного типу, що сприймають відбиту від об'єкта енергію при його опроміненні у визначеній ділянці радіочастотного або видимого діапазонів спектру.

Для вимірів спектральних характеристик відбитка різних природних утворень використовуються *спектрометри* - прилади, що сприймають відбиту об'єктом енергію або енергію, що випромінюється об'єктом, одночасно в декількох, значно більш вузьких, ніж у радіометрах, смугах УФ, ІЧ- або радіочастотного діапазонів спектру.

2.Будова атмосфери та види літальних апаратів. Будову (структуру) атмосфери та основні характеристики її складових частин схематично можна представити у вигляді таблиці 2 та проілюструвати рис.5. Атмосфера поділяється на тропосферу, стратосферу та іоносферу. Безпосередньо до земної поверхні прилягає тропосфера, далі розташовується стратосфера, а іоносфера зливається з космічним простором. Під дією сонячного вітру біля Землі утворилися радіаційні пояси. Загальна маса атмосфери становить близько $5,27 \cdot 10^{15}$ тон. Це приблизно 0,00009 % від усієї маси Землі. Із цієї маси 80 % припадає на тропосферу. Атмосферне повітря складається із механічної суміші таких газів : азоту 78,03 %, кисню 20,99 %, невеликих домішок аргону 0,94 % та вуглекислого газу СО₂ 0,03 %.

Відповідно до будови атмосфери розподіляються сфери застосування літальних апаратів. Космічний ярус. Для зйомок із космосу, тобто з висот більше 100 км, використовують як автоматичні, так і пілотовані космічні апарати (рис.6). Штучні супутники Землі (ШСЗ) - це відносно невеликі космічні апарати, призначені для зйомок. Значно більші можливості для розміщення й енергозабезпечення знімальної апаратури є на орбітальних станціях і комплексах.

Космічна зйомка виконується з носія, що переміщається за визначеною орбітою. Супутники для зйомки Землі запускаються на орбіти з різними висотами. Найбільш поширені висоти - 300, 600, 900, 36000 км. У міру збільшення висоти зростає час існування супутників, охоплення зйомкою, але зменшується розрішувальна здатність знімка. Супутник рухається по орбіті зі швидкістю, що перевищує швидкість літака в сотні разів. Для навколоземних орбіт період обертання супутника в середньому складає біля 1,5 години. Космічна зйомка може виконуватися при різних положеннях оптичної вісі знімального апарату стосовно напрямку місцевої вертикалі. Залежно від цього розрізняють: *планову, перспективну, планово-перспективну і панорамну зйомки*. Панорамна зйомка дозволяє схопити більшу площу, ніж при плановій зйомці, а також виключити перекручування

²⁸ Сканування - це послідовний порядковий перегляд смуги місцевості з КЛА або літака. Зображення формується по мірі переміщення КЛА по трасі польоту за рахунок додавання окремих рядків. Рядки сканування зазвичай розташовуються перпендикулярно до напрямку польоту. Радіометри, що сканують, за спектральним діапазоном можуть бути поділені на сканери видимого діапазону (λ , = 0,4-0,7 мкм), ІЧ радіометри (λ , = 0,9-1,3; 1,5-1,8; 2-2,5; 3-4; 8-12 мкм), мікрохвильові радіометри, що сканують (λ , = 1,55 см) і багатоспектральні системи, що сканують, які обладнані приймачами.

зображення через особливості самої зйомки. При плановій зйомці утворюється найкраща якість зображення і досягається найбільша спроможність.

Авіаційний ярус. Для аерознімань використовують або спеціально пристосовані літаки, або гелікоптери. Залежно від напрямку оптичної осі знімального апарату розрізняють планове і перспективне аерознімання. При *плановому* (вертикальному) аерозніманні вісь знімального апарата приводять у стрімке положення, при якому знімок горизонтальний. Але через коливання літака в процесі польоту апарат нахилиється. У порівнянні з плановим, перспективний знімок охоплює велику площу, а зображення утворюється в більш звичному для людини ракурсі. Крім того використовують в залежності від характеру покриття місцевості знімки, аерофотозйомку одномаршрутну, багатомаршрутну (або площадну) та вибірккову.

Таблиця 2

Будова атмосфери

Рис.5. Будова атмосфери

Назва шару атмосфери	Висота, км	Температура °C	Тиск, х 133 Па (мілібар, 1мб =0,75 мм рт.ст.)
Воднева геокорона	Вище 2000 (3000) км і до 20000 км		
Екзосфера	3000-800	Газо кінетична, 1000 - 2000	
Термосфера (іоносфера)	800 - 100	Газо кінетична, 1000 (на вис.100 км переходить через 0, а на вис.150 км +200 ... 200 км - 500, 600 км - 1500)	1,9 - 8,0
Мезопауза	~ 90	- 75 ... 0	4 - 5
Мезосфера		0 ...-75	0,01
Стратопауза	~50	0 - ...+10	0,2 -0,8
Стратосфера	На висоті 30-35 (22-27) км озоновий шар товщиною, 0,23-0,52 км	до 50 верх: +10...+20 низ: -75...-80	9,5 - 42
Тропопауза	~10-15		42
Тропосфера (90% маси)	8-на полюсах 18- екватор	верх -80 низ + 30 0,6 на 0,1 км	760 (на рівні моря -1013 на вис 16 км -100)

Планова зйомка - відбувається коли космічний апарат знаходиться над об'єктом і оптична вісь апарата збігатися з напрямом місцевої вертикалі або відхилятися від неї більше ніж на 3°-5°.

Масштаб зображення на плановому знімку постійний в усіх напрямках, тому планова зйомка використовується в тих випадках, якщо необхідно одержати точні геометричні характеристики об'єктів, що знімаються.

Перспективна зйомка - оптична вісь апарата відхиляється щодо місцевої вертикалі більш ніж на 5°. Найкраща перспективність знімків спостерігається при куті відхилення оптичної вісі від напрямку місцевої вертикалі, рівному 45°.

У цьому випадку масштаб фотознімка для переднього і заднього планів буде різним. Але незважаючи на значну дрібномасштабність зображення на перспективних знімках, вони

успішно використовуються для дешифрування, особливо в тих випадках, коли необхідний самий факт встановлення об'єктів зйомки.

Планово-перспективна космічна зйомка здійснюється, якщо на борту космічного корабля знаходиться не менше 3-х знімальних камер, дві з них виконують перспективну зйомку, а центральна камера - планову.

Цей вид зйомки дозволяє одночасно одержувати планові знімки для цілей картографування і перспективні - для дешифрування і виконання різних досліджень.

Панорамна зйомка здійснюється знімальним апаратом, у якому об'єкт знаходиться в напрямі, перпендикулярному до руху носія. *Вибіркова аерофотозйомка* відбувається в тому випадку, коли об'єкт зйомки невеликий і розміщується на одному чи декількох знімках.

Одномаршрутна аерофотозйомка використовується при дослідженнях річкових долин, прибережної полоси та ін.

Багатомаршрутне (або *площадне*) *планове аерознімання*, при якому ділянка, яка знімається, суцільно вкривається серією рівнобіжних прямолінійних маршрутів. У маршруті на кожному наступному знімку зображується частина місцевості, сфотографована на попередньому знімку, тобто аерофотознімки завжди одержують із подовженим перекриттям, яке зазвичай виражають у відсотковому відношенні. Аерознімальні маршрути прокладають так, щоб знімки сусідніх маршрутів мали поперечне перекриття. Зазвичай перекриття складають: *повздовжнє* - 65 %, а *поперечне* - 35 %.

За рахунок *багаторушності* зйомок виконуються дослідження, що охоплюють всю планету Земля та окремі її регіони.

Найбільш широко для аерокосмічної зйомки використовуються авіаційні і космічні літальні апарати, що включають літаки і космічні кораблі різного призначення.

Авіаційні носії. Аерофотознімання виконують із літаків різних типів: АН-2, ІЛ-14, АН-30, а також гелікоптерів КА-18.

Літак АН-2 використовується зазвичай для аерофотознімання великих масштабів (від 1:25000 до 1:100000), при зйомці невеликих ділянок і трас.

Літак ІЛ-14 використовується для проведення аерознімання в середніх і великих масштабах. Устаткування дозволяє робити польоти в складних метеоумовах удень і вночі.

Літак АН-30 використовується для аерофотознімання в масштабах від 1:5000 до 1:200000.

Гелікоптери (МІ-1, МІ-4, КА-18, КА-26) використовуються для аерофотознімання невеликих територій, промислових майданчиків.

Космічні носії. Класифікація КА є завданням досить трудомістким, оскільки кожен апарат унікальний, а коло завдань, що розв'язують КА, постійно розширюється. Найбільш необхідними на сьогоднішній день є супутники зв'язку, навігаційні, дистанційного зондування Землі й наукові. Супутники військового призначення й супутники-розвідники

становлять окремий клас, але по суті своїй вони вирішують ті ж завдання, що і їх «мирні» побратими.

Інформацію з космосу одержують за допомогою знімальної апаратури, яка встановлюється на *космічних літальних апаратах*, що поділяються на: штучні супутники Землі (ШСЗ); пілотовані космічні кораблі (ПКК); пілотовані орбітальні станції (ПОС); автоматичні міжпланетні станції (АМС). ШСЗ залежно від призначення, устаткування знімальними системами і приладами реєстрації підрозділяються на: дослідницькі, технічні і природні. *Дослідницькі ШСЗ* призначені для вивчення верхніх шарів атмосфери й іоносфери, фізичних явищ у навколосезному і

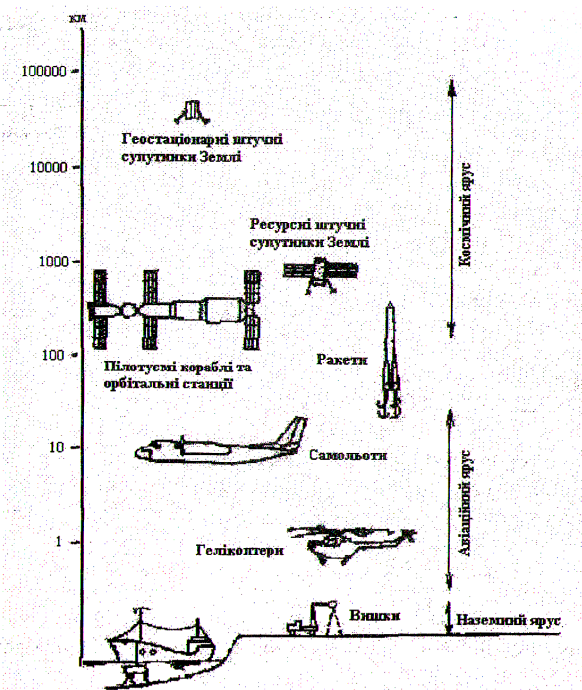


Рисунок 13 – Багаторушні дослідження [37]

міжпланетному просторі, вивчення Сонця, планет, уточнення фігури і розмірів Землі і планет.

3.Особливості застосування даних ДЗЗ у ГІС. Дані дистанційного зондування (ДДЗ, син. дані аерокосмічного зондування) (англ. *remote sensing data, remotely sensed data, remote surveying data, aerospace data*) - це дані про поверхню Землі і об'єкти, розташовані на ній або у її надрах, які отримані в процесі зйомок будь-якими неконтактними, тобто дистанційними методами.

До ДДЗ відносяться дані, отримані за допомогою знімальної апаратури наземного, повітряного або космічного базування, яка дозволяє отримувати зображення у одному чи декількох частинах електромагнітного спектра. Характеристики такого зображення залежать від багатьох природних умов і технічних факторів. До *природних умов* відносять сезон зйомки, освітленість поверхні, що знімається, стан атмосфери і т.ін. До основних *технічних умов* належать тип платформи, яка несе знімальну апаратуру, тип датчика (або сенсора), метод управління процесом зйомки, орієнтація оптичної вісі знімального апарата та метод отримання зображення. Головні характеристики ДДЗ визначаються числом та градаціями спектральних діапазонів, геометричними особливостями отриманого зображення (видом проекції, розподілом викривлень), *розрізнюванням* цього зображення (англ. *image resolution, resolution*).

Датчики (сенсори) дистанційного зондування можуть сприймати різні ділянки електромагнітного спектра, як у видимому діапазоні, так і поза ним. Вони забезпечують повторну зйомку тих же ділянок поверхні Землі через певний інтервал часу, а також можуть створювати стереозображення. Кожна система ДЗ унікальна і характеризується власними особливостями. А проте, незалежно від типу чутливих елементів, сенсори передають зображення у вигляді прямокутної матриці *пікселів* (скорочення від англ. «*picture elements*» - «*елемент зображення*»).

Отже, *піксел* (англ. *pixel*) - це двовимірний елемент зображення, найменший з його складників, який отримується в результаті дискретизації (квантування) зображення (поділу на далі неподільні елементи, - *комірки растра*). Піксел характеризується *прямокутною формою і розмірами*, що визначають просторове розрізнювання зображення (або просто просторове розрізнювання), під яким у цілому розуміється *розмір порції земної поверхні, що охоплюється одним, пікселом*. Чим меншим є розмір піксела, тим вищим є просторове розрізнювання. В залежності від призначення, апаратури, способів та умов зйомки, зображення дистанційного зондування можуть мати розмір піксела, тобто розрізнювання, від декількох сантиметрів до декількох кілометрів²⁹.

Кількість електромагнітної енергії, що потрапляє в один піксел, перетворюється у число і у бінарному вигляді передається на землю. *Число бінарних розрядів (бітів)*, якими кодується кожен піксел, зветься радіометричним розрізнюванням зображення (або просто радіометричним розрізнюванням). Чим більше бітів використовується на кожний піксел, тим вищим є радіометричне розрізнювання.

Для кожного піксела визначаються *декілька відліків* — по одному на кожну зону спектра. Позаяк кожна система ДЗ працює у визначених зонах спектра, для того, щоб обрати належний сенсор, потрібно визначитись не тільки з вимоговими значеннями просторового і радіометричного розрізнювань, а і з зоною спектра, у якій відображаються досліджувані явища та об'єкти.

²⁹ Інколи, особливо при характеристиці можливостей апаратури ДЗ тощо, застосовують термін «розрізнювальна здатність» (англ. *resolution ratio, resolution*) як синонім терміна «розрізнювання». Для подавання тіл (поверхонь) або багатопарих комбінацій зображень (цифрових тривимірних зображень) використовується тривимірний аналог піксела - найменший тривимірний елемент об'ємного зображення, що несе в собі інформацію, тобто своєрідна «кубічна» комірка, яка зветься **воксел** (англ. *Voxel* як скорочення від «*volume element*» або «*volume pixel*»). Крім того, піксел, утворений змішуванням декількох суміжних з ним комірок з відмінними значеннями класів, а також піксел, що не піддається віднесенню до жодного з класів з визначеного їх набору, у технології цифрової обробки зображень отримав назву **міксел** (англ. *mixel* як скорочення від «*mixed element*»).

4. Головні проблеми використання даних ДДЗ у ГІС. До найбільш складних проблем, пов'язаних з використанням ДДЗ, відносяться їх *геометрична корекція* та *отримання корисної інформації із знімків (дешифрування)*.

Стосовно *проблеми геометричної корекції ДДЗ* слід зазначити, що квантування простору на піксели створює ще один рівень спрощення зображення наземних об'єктів. Об'єкти, які є істотно меншими за розмір пікселів, не можуть бути виявлені (випадок недостатнього просторового розрізнення), а проте їх присутність впливає на кількість випромінювання, що потрапляє на сенсор, створюючи *проблему змішаних пікселів або мікселів*, про які вже йшла мова. Практично завжди піксели містять більше або менше число різних об'єктів чи їх частин - питання лише у тому, як таке змішування вплине на наступний аналіз інформації. Коли на знімок потрапляє ділянка з відносно невеликою часткою дрібних «сторонніх» об'єктів, можна вважати, що такі об'єкти, менші просторового розрізнення зображення на знімку, не впливають на результати аналізу. Але у випадку, наприклад, міського середовища, знімки із низьким розрізненням можуть істотно спотворити результати дешифрування, позаяк в окремих пікселях будуть змішуватися суттєво різні за класом об'єкти.

Іншою проблемою є *дешифрування ДДЗ*, процедури якого поділяються на дві групи:

1) процедури поліпшення читабельності знімків (*англ. Enhancement*) їх призначення - полегшення сприйняття зображення людиною-аналітиком. Сюди входять такі дії, як зміна яскравості та контрастності всього зображення чи окремих його частин, згладжування (в основному для шуму, який створює ефект зйомки через «снігопад»), а також підкреслювання контурів та дрібних деталей;

2) процедури класифікації (категорування) об'єктів (*англ. categorization*). Класифікація по відношенню до ДДЗ є схожою до всіх інших видів класифікації у ГІС тим, що вона зазвичай вносить додаткове спрощення даних у кінцевий продукт, переводячи ці дані з шкали відношень у більш «грубі» шкали - інтервальну, порядкову і номінальну. А проте, аналітична парадигма потребує забезпечення доступності вихідних даних для користувача з метою отримання максимуму інформації, чому недешифровані знімки все частіше стають частиною баз даних ПС, особливо пов'язаних з фактографічною геоекологічною інформацією.

Всі методи класифікації (категорування), які застосовуються при дистанційному зондуванні, мають один результат - *групування пікселів за категоріями, яким можуть бути присвоєні назви (або які воює мають назви)*³⁰.

Таким чином, можна вирізнити три основних методи класифікації і/або категорування при дешифруванні ДДЗ:

1) *автономна класифікація* з наступним категоруванням, коли для визначення її інтервалів використовуються спеціальні алгоритми, які забезпечують потрібні умови розподілу пікселів за класами (категоріями). Деякі з цих алгоритмів вимагають від користувача введення числа класів, інші реалізуються повністю «самостійно»;

2) *класифікація і категорування за еталонами*, коли оператор вибирає набір заздалегідь встановлених еталонів, які визначаються за існуючими класифікаційними схемами або за характеристиками вказаних користувачем областей знімка тощо, після чого програма автоматично «класифікує і категорує» всі піксели цього знімка;

3) *інтерактивне категорування*, коли користувач задає програмі декілька пікселів (навіть один), які повинні подавати обраний об'єкт, після чого програма «відшукує і показує» всі інші сусідні піксели з аналогічними значеннями.

Усі перелічені методи класифікації і/або категорування тією чи іншою мірою є автоматизованими, а проте навіть автономна класифікація потребує від користувача певного уявлення про зміст знімка, не кажучи вже про інтерактивне категорування.

З огляду на останнє, не дивлячись на спорідненість, взаємопоседнання і вживання як синоніми термінів «класифікація» і «категорування», доцільним для цього посібника, на наш погляд, є їх певне змістовне розрізнення. Згідно з ним класифікацію слід більшою мірою ототожнювати з обґрунтуванням класифікаційних ознак і власне створенням універсальних предметних класифікаційних схем, а категорування - з безпосереднім процесом розподілу і віднесення об'єктів до категорій прийнятої класифікаційної схеми. За таких умов категорування є близьким до поняття «типизація за класифікаційними ознаками».

Окрім вищезазначених проблем використання ДДЗ, можна окреслити ще й такі.

По-перше, це проблеми, які виникають у зв'язку з тим, що отримані при дешифруванні категорії можуть бути погано зіставними з тими, які раніше створювалися при ручній інтерпретації знімків і інших картографічних шарів і з якими порівнюються актуальні знімки у середовищі ГІС.

По-друге, існують також певні труднощі, пов'язані із порівнянням знімків території, зробленими у різний час при відмінних між собою погодних умовах, у т.ч. з різних супутників, проблеми корекції геометричних та часових викривлень, обумовлених постійним рухом Землі і супутника та деякі інші проблеми.

Проте, не дивлячись на відносну складність використання ДДЗ у ГІС, ці дві колись абсолютно окремі технології наразі невпинно інтегруються і можливість швидкого створення актуальних карт відчутно «переважає» всі розглянуті проблеми.

Література:

1. Куценко М.В. Вступ до географічних інформаційних систем та моделювання стану довкілля: Навчюпос.- Харків: Екограф, 2008.- 204 с.
2. Митчелл Э. Руководство по ГИС анализу. - Часть 1: Пространственные модели и взаимосвязи.; Пер. с англ. - Киев, ЗАО ЕСОММ Со; Стилос, 2000. - 198 с.
3. Національний атлас України. Електронна версія.- ІСГЕО&ІГНАНУ.- CD,1999-2000 рр.
4. Романчук С.В., Кирилюк В.П., Шемякін М.В. Геодезія. Навчальний посібник. Умань,2008.- 294 с. іл..
5. Самойленко В.М. Основи геоінформаційних систем. Методологія: Навчальний посібник. – К.- Ніка-Центр, 2003.- 276 с.
6. Свентэк Ю.В. Теоретические и прикладные аспекты современной картографии. -М.: Эдиториал УРСС, 1997. -80 с.
7. Светличный А.А., Андерсон В.Н., Плотницкий С.В. Географические информационные системы: технология и приложения. - Одесса: Астропринт, 1997.,
8. Світличний О.О., Плотницький С.В. Основи геоінформатики. Навчальний посібник.- Суми:Університетська книга, 2006.- 295 с.
9. Сонько С.П., Кулішов В.В., Мустафін В.І. Ринок і регіоналістика. Навч.посібник. - К.:Ельга, Ніка Центр, 2002-287 с.
10. Сонько С.П. Інтернет-проект відкритої регіональної географічної бази даних./ Вісник Дніпропетровського національного університету. Серія геологія, географія. 2003.- С.106-117.
11. Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии.-М.:Финансы и статистика,1998.-С.12.