

УДК 528.8:630\*2(477)

**Г. М. Жолобак**

Науковий центр аерокосмічних досліджень землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України, Київ

## **ВІТЧИЗНЯНИЙ ДОСВІД СУПУТНИКОВОГО МОНІТОРИНГУ ЛІСОВИХ МАСИВІВ УКРАЇНИ**

---

*Узагальнено вітчизняний досвід вивчення лісових масивів України за допомогою супутникових знімків, накопичений з середини 1990-х років. Описано здобутки установ і організацій, де проводяться дистанційні дослідження лісовкритих територій шляхом обробки і аналізу космічної інформації. Виявлено, що вітчизняні фахівці застосовують багатозональні знімки (здебільшого з космічних апаратів SPOT та «Landsat») головним чином для розрахунку зміни площ лісових масивів, визначення типів лісів, їхнього породного складу та віку переважно на регіональному рівні.*

---

### **ВСТУП**

Ліси були першими екосистемами, з яких розпочалось дистанційне вивчення вкритої рослинністю земної поверхні шляхом отримання аерофотознімків заліснених територій. У 1919 р. аерозйомка була використана для обліку лісових ресурсів у Канаді, а у 1921 р. — у США. В колишньому Радянському Союзі перші спроби застосування авіації для таксації лісів Підмосков'я були здійснені у 1922 р. [14]. З того часу аерофотознімання стало невід'ємною частиною картування лісів. Виготовлені на підставі цих знімків ортофотоплани і нині з успіхом застосовують при лісовпорядкуванні. Після Другої світової війни до арсеналу дистанційних методів було залучено спектрональну аерофотозйомку, а з 1960-х рр. — фотографічні і телевізійні знімки зі супутників чи пілотованих космічних апаратів. Тоді ж були створені нові знімальні оптико-електронні системи — сканери, які надавали інформацію про земні покриви як у видимій, так і в інфрачервоній області спектру. Це дозволило помічати з космосу такі зміни стану рослинності, які не сприймалися неозброєним оком. З 1970—1980 рр. за допомогою супутникових знімків стало можливим виявляти лісові пожежі в Австралії, контролювати вирубування лісів в басейні Амазонки та оцінювати обсяги лісових запасів на великих територіях [11].

Стрімкий розвиток сучасних вимірювальних засобів і комп'ютерних технологій, знімальної апаратури і методів опрацювання багатозональних супутникових знімків значно розширив можливості одержання інформації про лісові об'єкти. Цьому посприяла й поява в кінці ХХ — на початку ХХІ ст. доступних знімків з космічних супутникових систем. Окремі технічні характеристики сучасних космічних апаратів та сканерів наводяться у монографії [3]. Тут же подано інформацію про особливості інтерпретації багатоспектральних даних при вивченні лісів. Адже дешифрування різночасових космознімків за допомогою автоматизованих програмних комплексів, таких як ERDAS Imagine чи ENVI, дозволило вивчати не лише структурні, але й функціональні параметри лісових екосистем, зокрема потенційну продуктивність лісів, швидкість розвитку ураження ділянок лісу хворобами чи шкідниками, уможливило оперативне виявлення осередків усихання деревостанів чи виникнення лісових пожеж тощо. Деякі аспекти дистанційного моніторингу лісового покриву аналізуються в огляді [30].

Звісно, у практиці лісового господарства однією з найактуальніших є проблема оновлення тематичних лісових карт, тобто встановлення меж лісовкритої площі, визначення породного та вікового складу деревостанів. У поєднанні з іншими картами вони можуть стати основою

геоінформаційних систем для лісогосподарського виробництва та організації раціонального землекористування. Сучасні комп'ютерні технології дозволяють на основі аерофотознімків і багатозональних супутникових знімків створювати такі карти.

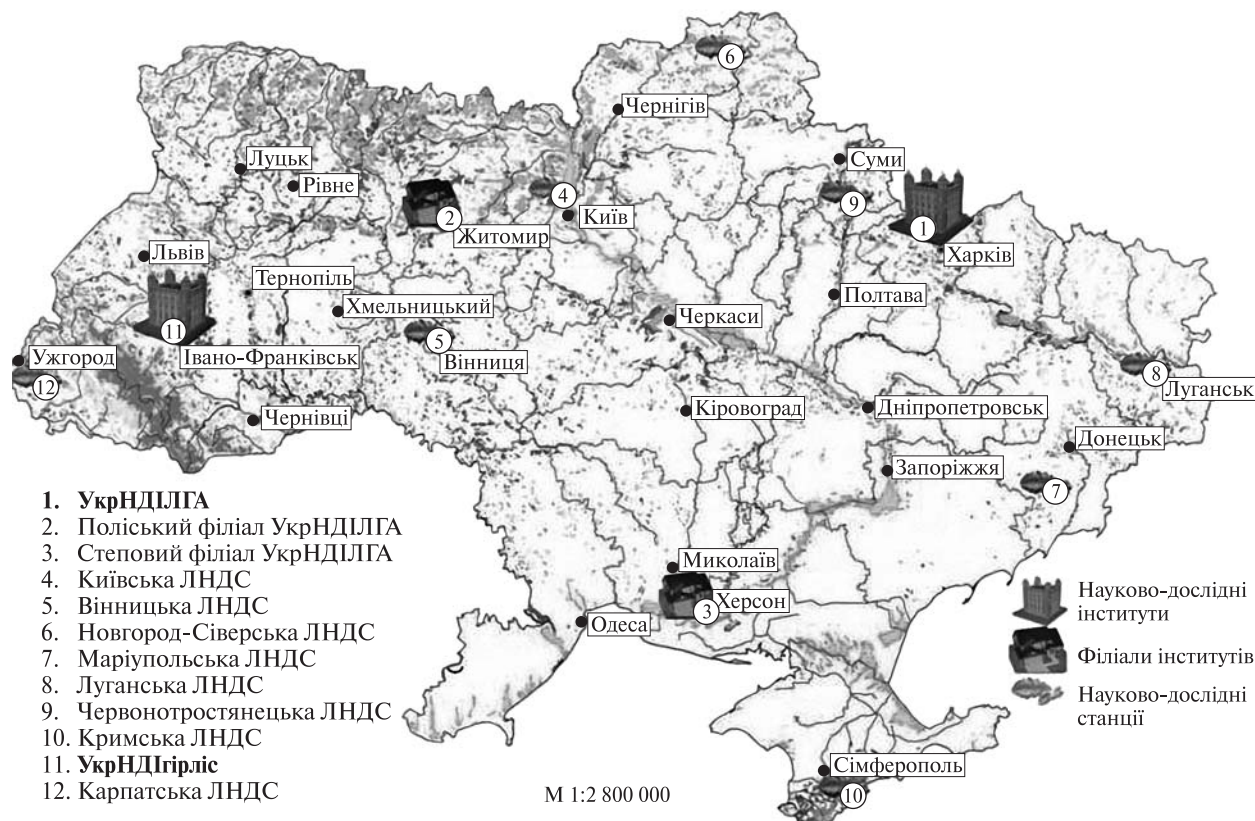
Метою статті є огляд стану вітчизняних досліджень лісового фонду України за допомогою супутникових знімків.

## МОНІТОРИНГ ЛІСІВ ЯК ЗАВДАННЯ ЛІСОВПОРЯДКУВАННЯ

За даними Державного комітету лісового господарства (ДКЛГ) України, лісистість території держави відносно невисока і становить 15.7 %, лісовою рослинністю вкрито 9.7 млн га (<http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/>). Ліси зростають у різних природних зонах (Полісся, Лісостеп, Степ, Українські Карпати та гірський Крим), що істотно відрізняються за лісорослинними умовами, методами ведення лісового господарства та

використанням лісових ресурсів. Для ведення лісового господарства ліси надані у постійне користування підприємствам, установам, організаціям кількох десятків міністерств і відомств. Моніторинг лісів є спільною діяльністю виробничих та наукових установ ДКЛГ України. Наукові дослідження в галузі лісового господарства (див. рисунок) здійснюють підвідомчі наукові установи: у Харкові — Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького (УкрНДІЛГА, <http://uriffm.org.ua/uk/links>), який є провідним науковим центром лісівничої науки й наукових шкіл в Україні, та у Івано-Франківську — Український науково-дослідний інститут гірського лісівництва ім. П. С. Пастернака (УкрНДІгірліс), який визначено в країні основною організацією з розробки науково-технічних питань ведення лісового господарства в гірських умовах.

Функції національного координаційного центру моніторингу лісів виконує УкрНДІЛГА. Од-



Мережа науково-дослідних організацій ДКЛГ України (зі сайту <http://uriffm.org.ua/uk/lnsds>)

ним з підрозділів його є лабораторія моніторингу і сертифікації лісів, яка організовує наукове, методичне та інформаційно-аналітичне забезпечення діяльності з моніторингу та інвентаризації лісів в Україні, досліджує різномасштабні антропогенні впливи на лісові екосистеми, розробляє методи сценарного аналізу, моделювання та планування для інформаційної підтримки сталого лісоуправління, впроваджує передові технології польового збору інформації про ліси з допомогою мобільних електронних засобів. За цими напрямками впродовж 1996—2008 рр. її співробітниками видано 275 публікацій (<http://www.uriffm.org.ua/labmonpublication>). Очолює лабораторію відомий лісознавець І. Ф. Букша, який свого часу схарактеризував перспективи використання аерокосмічної інформації для потреб моніторингу лісів, назвав переваги дистанційних методів та першочергові роботи з розвитку методології використання супутникових даних для дослідження лісових екосистем [5].

Проте й досі у практиці лісового господарювання спостереження за станом лісів проводяться наземними методами на ділянках моніторингу. Так, у 2007 р. спеціалісти Українського державного проектного лісовпорядного виробничого об'єднання (ВО) «Укрдержліспроект» (м. Ірпінь, [www.lisproekt.gov.ua](http://www.lisproekt.gov.ua)) провели спостереження в лісах на території 24 областей, ними було охоплено 1551 ділянку моніторингу і детально зафіксовано стан 36596 облікових дерев. Розподіл ділянок моніторингу за групами лісотвірних порід загалом відповідає особливостям породного складу лісів в областях. Методика обстежень гармонізована з вимогами Міжнародної спільної програми моніторингу лісів у регіоні Європейської Економічної комісії ООН (UN-ECE ICP Forests).

На даний час вдосконалення спостережної системи йде в напрямку освоєння нових технологій інвентаризації лісів (використання таких інструментів, як лазерні далекоміри, електронні висотоміри, електромагнітні компаси, супутникові навігаційні системи, електронні мірні вилки, польові комп'ютери). Але наступним кроком слід очікувати впровадження дистанційних технологій, оскільки вони забезпечують спрощення інвентаризаційних робіт, здешевлюють їх, прак-

тично унеможливають впливи суб'єктивних факторів та дозволяють охопити моніторингом більші площі за коротший проміжок часу.

Для прикладу варто зазначити, що застосування космічних технологій в лісовому секторі економіки Російської Федерації (РФ), де зосереджена п'ята частина всіх лісів світу і половина світових хвойних лісів (<http://www.forest.ru/rus/basics/>), є важливим напрямком спільної діяльності академічної, вузівської науки, державних, відомчих служб і комерційних організацій Росії [15, 27, 28, 39]. Зокрема, у 2005 р. дистанційним моніторингом порядку лісокористування було охоплено понад 52 млн га лісів у зонах інтенсивного освоєння семи суб'єктів Федерації. Обстежено 16 000 вирубок, великомасштабне підсупутникове аерофотознімання проведено приблизно на 100 тис. га. За два роки в РФ створено систему космічної зйомки лісів зі суцільним покриттям території панхроматичними матеріалами високої розрізненності (6—10 м) і багатозональними середньої розрізненності (20—30 м). Слід відмітити, що це перша в Росії діюча програма дистанційного моніторингу з високою просторовою розрізненністю [20].

На жаль, в Україні поки що не розроблено державної програми дистанційного (аерокосмічного) моніторингу лісів. З 1997 р. навіть припинилося бюджетне фінансування аерофотозйомки, в результаті чого лісовпорядкування змушене було перейти до спрощення технології, зазначає представник ВО «Укрдержліспроект» М. Швець [34]. На його думку, матеріали космічної зйомки досі не використовуються в лісовпорядкуванні через недостатню точність і їхню високу вартість. Проте в Україні фахівцями різних організацій вже отримані певні напрацювання та здобутки в цьому напрямку.

### **ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ СУПУТНИКОВИХ ЗНІМКІВ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЛІСІВ УКРАЇНИ**

Застосування матеріалів дистанційного супутникового зондування для дослідження лісових масивів України розпочалось в нашій державі з середини 1990-х рр., коли відбувся поступальний прорив в розвитку геоінформаційних систем,

викликаний появою персональних комп'ютерів. Розвиток комп'ютерних технологій, які уможливили переведення даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) в цифровий формат для їхньої наступної обробки, спричинив появу нового і дуже ефективного методу проведення просторового аналізу поверхні Землі.

Одними з перших багатозональні знімки різної просторової розрізненності для вивчення екологічного стану лісів та ландшафтів застосували спеціалісти Наукового центру аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України (ЦАКДЗ, м. Київ). На знімку SPOT-4 від 23.08.1995 р. в районі зони впливу аварії на Чорнобильській АЕС ними було відокремлено чорновільхові ліси від дубово-грабових та осиково-березових [25, 37], а серед соснових лісів Зони відчуження виявлено лісові площі, уражені сосновим шовкопрядом, що підтвердилось наступними наземними дослідженнями [16].

Для класифікації лісового покриву гірських територій в Центрі було розроблено новий метод топографічної корекції даних багатозональних космознімків, який зменшує значення яскравостей пікселів зображень більш освітлених схилів, збільшує — для менш освітлених і не змінює ці значення, коли поверхня горизонтальна [18]. Цією ж групою вчених здійснено спробу з'ясувати можливості використання даних відеоспектрометра MERIS для класифікації земного покриву Українських Карпат. Дослідження показали, що зображення ENVISAT MERIS з грубою просторовою розрізненністю 1200 м забезпечує середній результат класифікації: добре виділяються лише хвойні ліси та вкриті снігом вершини. Класифікація з використанням множин індексів REP та MTCI дає кращі результати, ніж класифікація на основі значень відбиття [19].

У роботі [38] В. І. Лялько, О. І. Сахацький, А. Я. Ходоровський у співпраці зі спеціалістами Міжнародного інституту системного прикладного аналізу (IIASA, м. Відень) зробили спробу дослідити особливості використання багатозональної космічної зйомки для вивчення стану лісових масивів України, бореальних лісів Сибіру та оцінки кругообігу вуглецю в природі.

Впродовж останніх п'яти років триває успішне співробітництво спеціалістів ЦАКДЗ з фахівцями УкрНДІгірліс, завдяки якому започатковано організацію Карпатського полігону ДЗЗ. Дослідження стану його лісистості зроблено на підставі супутникових зображень низької та середньої розрізненності (NOAA/AVHRR, ENVISAT/MERIS, SPOT Vegetation, TERRA/MODIS, «Landsat-7/ETM»). Найбільш наближеними до фактичних даних розмірів площ лісовкритих територій були результати класифікації космознімків «Landsat-7/ETM». При аналізі цих знімків за період з 1979 до 2000 рр. встановлено, що тренд співвідношення площ листяних і хвойних лісів на дослідженій території вказує на збільшення площі листяних лісів [17, 29]. На підставі наземних обстежень та лісотаксаційних даних виконано керовану класифікацію гірських лісів Карпатського національного природного парку (КНПП) з метою виділення породного складу лісових насаджень. У межах гірських лісів найбільш вдало визначаються листяні ліси з перевагою бука (83 %), хвойні ліси надійно відокремлюються від листяних (понад 80 % випадків), легко ідентифікується рослинність на луках та вирубки різного віку, а також населені пункти, техногенні об'єкти у межах населених пунктів, хмари (100 %) [26]. Дослідження в цьому напрямку в Центрі тривають і тепер. З іншими публікаціями можна ознайомитись на його сайті [www.casre.kiev.ua](http://www.casre.kiev.ua).

Треба відзначити, що фахівці вузівської лісознавчої науки з Національного лісотехнічного університету України (НЛТУУ, <http://www.forest.lviv.ua>), що у Львові, теж наприкінці 90-х рр. почали залучати супутникові знімки для класифікації лісових насаджень [9, 10]. О. Г. Часковським визначено особливості застосування супутникових знімків SPOT для дослідження стану лісових насаджень природного заповідника «Розточчя» і прилеглих територій. Для диференціації рослинного покриву використано комбіноване зображення, складене з оригінальних каналів і додатково обчисленого за допомогою алгебраїчних операцій NDVI-каналу. В результаті автоматичного дешифрування супутникових знімків достовірно інтерпретовано по дві вікові категорії для класів листяних, хвойних та мішаних на-



саджень: молодші (вік насадження до 50 років) та старші (вище 50 років) [32]. Нині на кафедрі лісової таксації та лісовпорядкування НЛТУУ О. Г. Часковський читає курс «Дистанційна оцінка лісів». Роботи в цьому напрямку плідно продовжуються, зокрема О. Г. Часковським та С. І. Миклушем на підставі обробки знімків «Landsat-7» за 04.05.2000 р. і «Aster» за 28.10.2001 р. виявлено вирубки серед зімкнутих смерекових насаджень в районі Чорногори та створено карту лісових насаджень басейну Тиси. Зроблено висновок, що застосування для геометричного коригування орторектифікування і сегментування зображення для виділення лісової маски підвищує точність опрацювання супутникових знімків [33]. У співпраці з американськими та німецькими колегами на підставі аналізу знімків «Landsat» за 1988—2007 рр. та даних офіційної статистики в Українських Карпатах на рівні адміністративних районів чотирьох областей (Львівської, Івано-Франківської, Чернівецької та Закарпатської) виявлено зміни лісового покриву, викликані нелегальним вирубуванням та природним лісовідновленням на покинутих землях сільськогосподарського призначення. Отримані дані проаналізовано в контексті переходу України до сталого ведення лісового господарства [36].

Для виділення окремих класів лісових ділянок (листяні, хвойно-листяні чи листяно-хвойні та хвойні насадження, лісові культури (молодняки до 20 років), нелісові землі) С. А. Гаврилюк та С. І. Миклуш використали сканерні космічні знімки «Landsat» [8]. На основі цих знімків ними створено тематичну карту вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок («лісова маска») та цифрову карту лісів Західного Лісостепу України за групами порід. У докторській дисертації С. І. Миклуша представлено теоретико-методичні засади дешифрування модальних букових деревостанів України за сканерними космічними знімками, причому вказано на можливість виділення букових лісів з поділом за віком [22].

Отже, завдяки поєднанню наземної площинної інформації про ліси з інформацією дистанційних зйомок, використанню сучасної обчислювальної техніки і різноманітних математичних моделей вчені та викладачі НЛТУУ досягли

вагомих успіхів у дистанційному дослідженні лісів західної частини України.

В останні роки до впровадження ДЗЗ і ГІС-технологій долучились ще й представники вузівської лісознавчої науки з Національного університету біоресурсів і природокористування (НУ-БіП) України (Київ, <http://www.nubip.edu.ua>), де з 2003 р. функціонує кафедра геоінформаційних систем і технологій, яка є складовою Навчально-наукового інституту земельних ресурсів та правознавства. Тут працюють фахівці з цифрової обробки даних дистанційного зондування Землі, які з метою вивчення стану лісів Надвірнянського лісгоспу Івано-Франківської області провели керовану класифікацію знімків SPOT-5 з використанням матриці нечітких множин [13] та «Landsat-5» [23] і отримали цифрову карту лісових насаджень цієї території.

Співробітники координатора моніторингу лісів УкрНДІЛГА (м. Харків) також здійснювали розробку методичних підходів до використання матеріалів дистанційного зондування для виявлення осередків пошкодження насаджень [4]. Зараз у цьому науковому закладі в рамках чесько-українського проекту «Співробітництво в області інвентаризації лісових екосистем – ТехІнЛіс-2» у співпраці із спеціалістами Інституту дослідження лісових екосистем (IFER, Чеська Республіка) та ВО «Укрдержліспроект» розроблено ефективну технологію для створення і актуалізації ГІС у лісовому господарстві з допомогою Field-Map ([www.field-map.cz](http://www.field-map.cz)), яка може легко поєднуватися з супутниковими знімками [6]. Тому залучення космічних знімків для дистанційного моніторингу лісовкритих територій в УкрНДІЛГА має непогані перспективи в плані розвитку та впровадження передових технологій у лісовому і садово-парковому господарстві.

Фахівці різних організацій Харківщини, об'єднавшись в один науковий колектив, зробили спробу застосувати для дослідження лісів ще й радіолокаційні знімки з борту літака-лабораторії та космічного апарата «Алмаз». Ними виявлено, що текстура радіолокаційних зображень соснових борів більш дифузна, ніж текстура зображень дібров [2]. Дешифрування даних РСА

(радіолокатора з синтезованою апертурою) із залученням результатів апіорних спеціальних наземних досліджень інфраструктури окремих лісотворних порід (сосни та дуба) дозволило їм з високою точністю дистанційно оцінювати таксаційні параметри виділів і кількість ділової деревини. Також виявлено різницю радіолокаційних та радіотеплокаційних контрастів лісопосадок та природних деревостанів за рахунок рядності структури. Показано вплив нагрівання фітоелементів і ажурності крони дерев на формування власного й вторинного випромінювання природних лісових масивів та лісопосадок рядної структури [1].

Крім наукових та освітніх організацій, до справи застосування супутникових знімків для вивчення лісів залучаються і фахівці, що працюють у підвідомчих установах Національного космічного агентства України (НКАУ). Одним із підприємств НКАУ є науково-дослідний і виробничий центр аерокосмічної інформації «Природа» (м. Київ, <http://www.pryroda.gov.ua>). Першочерговим його завданням стало створення архіву аерокосмічної інформації. Згодом Центр, окрім підтримки фонду аерокосмічної інформації, забезпечував збір заявок на космічні дані, їхню систематизацію, обробку інформації та надання її користувачам. З 2002 р. він щорічно проводить Регіональні наради «Можливості сучасних ГІС/ДЗЗ-технологій у сприянні вирішення проблем регіонів України». На таких нарадах у 2006—2008 рр. спеціалісти цього центру доповідали, зокрема, про створення цифрових карт лісів та об'єктів природно-заповідного фонду Рівненщини та Тернопільщини з використанням космічних знімків [21], а також давали оцінку зміни площ лісових масивів за допомогою ГІС/ДЗЗ технологій (на прикладі західних територій Закарпатської області) [24].

Центр прийому і обробки спеціальної інформації та контролю навігаційного поля (ЦПОСІ та КНП), що є філією Національного центру управління та випробувань космічних засобів НКАУ і розташований в Дунаєвському районі Хмельницької області (<http://www.dzz.gov.ua/CPOSI>), одним з видів своєї наукової діяльності також визначає вивчення лісової рослинності дистан-

ційними методами. Тут за допомогою програмного продукту ENVI на основі даних «Landsat-5» і «Landsat-7» з метою відпрацювання алгоритму моніторингу лісів Західної України спільно з Західним науковим центром НАН і МОН України проведені дослідження на базі Долинського р-ну Івано-Франківської області та розпочаті роботи зі створення векторних карт лісонасаджень [7].

До робіт із застосування даних ДЗЗ для моніторингу лісу залучались також колективи недержавних установ. Однією з них є Міжнародна асоціація «Український Центр Менеджменту Землі та Ресурсів» (УЦМЗР) — одна з перших неприбуткових недержавних науково-технічних організацій в Україні, яка створена у січні 1999 р. Інститутом проблем національної безпеки при Раді національної безпеки та оборони України та інститутом США «Altarum» (Київ, <http://ulrnc.org.ua>). Зокрема, фахівцями УЦМЗР на підставі аналізу мозаїки знімків «Landsat-4» та «Landsat-7» для вкритої деревами території гірського Криму були виділені такі класи як «хвойний ліс», «листяний ліс», «чагарники і рідколісся», «згарища» і «сади». Найбільші зміни в лісовій рослинності зафіксовано у передгір'ї та місцях високого рекреаційного навантаження [31]. Крім цього, за екстремальними значеннями випромінювання у третьому каналі знімка NOAA/AVHRR визначались пожежі лісових масивів в окремих областях України [12].

Підсумовуючи викладене, можна стверджувати, що в Україні накопичено власний досвід обробки багатозональних космічних знімків для дистанційного моніторингу лісових екосистем. Основні здобутки в цьому напрямку отримані науковими колективами, що зосереджені в чотирьох містах держави (таблиця).

Оскільки в Україні систематично готуються молоді кадри що оволодівають новітніми технологіями обробки супутникової інформації, то слід очікувати подальшого прогресу у впровадженні дистанційних методів для потреб дослідження лісовкритих територій. Тому вбачається перспективним створення в Україні вітчизняної системи рентабельного дистанційного лісового моніторингу, яка була б заснована на принципах, узгоджених та гармонізованих з відповід-

## Установи супутникового дослідження лісів України

Назва установи	Місцезнаходження	Лісові об'єкти дистанційного вивчення	Використані супутникові знімки
Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України	Київ	Ліси Чорнобильської зони, Українських Карпат (КНПП), Волині (Шацький НПП)	NOAA/AVHRR, ENVISAT/MERIS, SPOT Vegetation, TERRA/MODIS, «Landsat-7/ETM»
Національний лісотехнічний університет України	Львів	Ліси природного заповідника «Розточчя», Західного Лісостепу України, Українських Карпат	SPOT, «Landsat-7», «Aster», «QuickBird»
Національний університет біоресурсів і природокористування	Київ	Ліси Надвірнянського лісгоспу Івано-Франківської області	SPOT-5, «Landsat-5»
Науково-дослідний і виробничий центр аерокосмічної інформації «Природа»	Київ	Ліси Північного Полісся (Рівненщина), північної частини Тернопільщини, західних районів Закарпатської області	«Landsat-7», «Aster», «QuickBird», «Ikonos»
Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, Науково-виробниче об'єднання «КВАНТ», Харківський національний університет ім. В. Каразіна, Харківська державна лісовпорядна експедиція	Харків	Ліси Співаківського і Скрипаївського полігонів-стаціонарів (Харківська область)	Радіолокаційні знімки з КА «Алмаз»
ЦПОСІ та КНП	Дунаївці	Ліси Долинського р-ну Івано-Франківської області	«Landsat-5», «Landsat-7»
Український центр менеджменту землі та ресурсів	Київ	Ліси України, зокрема гірських територій (Крим, Закарпаття).	NOAA/AVHRR, «Landsat-4», «Landsat-7»

ними програмами, що здійснюються під егідою Європейської Комісії. На широкому розумінні поняття «лісовий моніторинг», яке охоплює й оптимальну технологію збору даних про лісові екосистеми, в тому числі із застосуванням ДЗЗ, наголошується у висновках міжнародної конференції «Майбутнє лісового моніторингу в Європейському Союзі. Надання інформації для багатофункціонального управління лісами», що відбулась у м. Упсала, Швеція, 11—12 листопада 2009 р. [35].

## ВИСНОВКИ

Розвиток технічних засобів, висока періодичність, оперативність і доступність матеріалів дистанційного зондування дозволяють нині реалізувати такі задачі, які раніше можна було виконати лише на дорогих професійних апаратно-програмних комплексах. Це спричинило активне застосування методів ДЗЗ для отримання інформації про лісові екосистеми. В Україні

планомірні й систематичні дослідження лісовкритих територій із залученням супутникових даних ведуться з середини 1990-х рр. Отримані багатозональні знімки (здебільшого з космічних апаратів SPOT та «Landsat») аналізуються по-різному: візуально (за кольором, текстурою, щільністю фототону тощо) — в ДНВЦ «Природа», різними методами контрольованої (керованої) класифікації — в ЦАКДЗ, НЛТУУ, НУБіП. Набутий вітчизняними фахівцями досвід дозволяє використовувати результати обробки цих знімків для розрахунку зміни площ лісових масивів, визначення типів лісів, їхнього породного складу та віку переважно на регіональному рівні. Простежується тенденція до впровадження у практику масштабної лісової інвентаризації високоточних знімків «QuickBird» та «Ikonos», які є гідною альтернативою традиційним аерофотознімкам, і в недалекому майбутньому будуть значно дешевшими. Запорукою успішного впровадження дистанційних методів у практику

лісового господарства є співпраця спеціалістів технічного профілю з лісогосподарниками або ж оволодіння лісознавцями сучасними методами обробки даних ДЗЗ.

*Автор висловлює вдячність В. І. Ляльку, В. І. Парпану, О. І. Сахацькому та Ю. С. Шпорику за підтримку та корисні поради.*

1. Атрошенко Л. М., Гайкович К. П., Горобець Н. Н. и др. Особенности радиолокационных контрастов лесонасаждений // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2008. — Т. 2. — С. 251—256.
2. Атрошенко Л. М., Горобець Н. Н. Перспективы изучения методами радиолокации таксационных характеристик и степени техногенной загрязненности лесов // Вісник Харків. нац. ун-ту ім. В. Н. Каразіна. Радіофізика та електроніка. — 2004. — № 622. — С. 132—136.
3. Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування / За ред. В. І. Лялька, М. О. Попова. — К.: Наук. думка, 2006. — 357 с.
4. Богомолов В. В., Костяшкін С. І., Мешкова В. Л. та ін. Методичні підходи до використання матеріалів дистанційного зондування для виявлення осередків пошкодження насаджень // Лісівництво і Агролісо-меліорація. — 2004. — Вип. 107. — С. 194—200.
5. Букуша І. Ф. Перспективи використання аерокосмічної інформації для потреб моніторингу лісів // Матер. третьої Укр. наради користувачів аерокосмічної інформації (20—24 листопада 2000 р., м. Київ). — К.: Знання України, 2001. — С. 85—91.
6. Букуша І., Черни М. Передові технології у лісовому господарстві України // Лісовий і мисливський журн. — 2006. — № 6. — С. 18—19.
7. Вишняков В. Ю., Долинний В. В. Динаміка змін вегетаційної маси в період 1992 — 2003 років за даними ДЗЗ (на прикладі Долинського району Івано-Франківської області) // Матер. регіональної наради «Можливості сучасних ГІС/ДЗЗ-технологій у сприянні вирішення проблем Буковини», Чернівці, 19—20 вересня 2006 р. — <http://www.pryroda.gov.ua/ua/index.php?newsid=739>
8. Гаврилюк С. А., Миклуш С. І. Класифікація земель лісового фонду Західного Лісостепу України за матеріалами дистанційного знімання // Наук. вісник Нац. лісотехнічного ун-ту України. — 2007. — Вип. 17.3. — С. 26—35.
9. Горошко М. П., Миклуш С. І., Часковський О. Г. Використання супутникових знімків для класифікації лісових насаджень на територіях, які підлягають особливій охороні (на прикладі заповідника «Розточчя») // Проблеми та перспективи розвитку лісового господарства. — 1998. — Вип. 9.2. — С. 109—112.
10. Горошко М. П., Часковський О. Г., Миклуш С. І. Аспекты использования дистанционных методов исследований и ГИС-методов для интенсификации лесоинвентаризационных работ // Матер. міжнар. наук.-техн. конф. «Лес — экология и ресурсы». — Мінськ, 1998. — С. 61—63.
11. Гэтланд К. Космическая техника. — М.: Мир, 1986. — 292 с.
12. Дубровський В. В., Пархісенко Я. В., Петроченко О. Ю. та ін. Космічний моніторинг лісових пожеж за знімками NOAA // Космічна наука і технологія. — 2002. — 8, № 2/3. — С. 246—248.
13. Кохан С. С. Дані дистанційного зондування Землі і ГІС-технології у дослідженнях лісових ресурсів // Перспективи використання даних дистанційного зондування Землі в лісовому господарстві: Матер. міжнар. наук.-практ. семінару. — Київ, 2009. — С. 5—9.
14. Лесная энциклопедия: В 2-х т./ Гл. ред. Г. И. Воробьев. — М.: Сов. энциклопедия, 1985. — Т. 1 — 563 с. — <http://forest.geoman.ru/forest/item/f00/s00/e0000006/index.shtml>.
15. Лупяна Е. А., Мазуров А. А., Еришов Д. В. и др. Спутниковый мониторинг лесов России // Оптика атмосферы и океана. — 2007. — 20, № 5. — С. 443—447.
16. Лялька В. І., Сахацький О. І., Азімов О. Т. та ін. Використання багатозональних космічних знімків з метою вивчення рослинності Зони відчуження ЧАЕС // Матер. наук.-техн. семінару «Нові методи в аерокосмічному землезнавстві», 27—28 травня 1999 р. — Київ, 1999. — С. 105—113.
17. Лялька В. І., Сахацький О. І., Жолобак Г. М. та ін. Динаміка і sukcesії гірських лісів Карпатського національного природного парку (за матеріалами космічних знімків та ГІС) // Матер. регіональної наради «Можливості сучасних ГІС/ДЗЗ-технологій у сприянні вирішення проблем Прикарпаття», Івано-Франківськ, 15—17 листопада 2005 р. — Івано-Франківськ, 2005. — С. 7—9.
18. Лялька В. І., Шпортюк З. М., Сахацький О. І., Сибірцева О. М. Застосування методу топографічної корекції даних багатозональних космознімків для класифікації лісового покриву гірських територій // Космічна наука і технологія. — 2003. — 9, № 4. — С. 94—98.
19. Лялька В. І., Шпортюк З. М., Сахацький О. І., Сибірцева О. М. Класифікація земного покриву Карпат за використанням наземного хлорофільного індекса та позиції червоного краю за даними відеоспектрометра MERIS // Космічна наука і технологія. — 2006. — 12, № 5/6. — С. 10—14.
20. Маслов А. А. Космический мониторинг лесов России: современное состояние, проблемы и перспективы // Лесной Бюллетень. — 2006. — № 31. — <http://www.forest.ru/rus/bulletin/31/3.html>.
21. Мельник І. В., Томченко О. В., Шандра О. В. та ін. Створення цифрових карт лісів та об'єктів природ-



- но-заповідного фонду з використанням космічних знімків // Регіональна нарада «Можливості сучасних ГІС/ДЗЗ-технологій у сприянні вирішення проблем Рівненщини», Рівне, 12–14 грудня 2006 р. — <http://www.pryroda.gov.ua/ua/index.php?newsid=687>.
22. *Миклуш С. І.* Продуктивність рівнинних букових лісів та особливості організації сталого господарства в них: Дис. ... д-ра с.-г. наук. — Київ: НУБіП, 2009. — Машинопис. — <http://disser.com.ua/content/350639.html>.
  23. *Миронюк В. В.* Особливості визначення породного складу лісових насаджень із використанням даних ДЗЗ // Перспективи використання даних дистанційного зондування Землі в лісовому господарстві / Матер. міжнар. наук.-практ. семінару. — Київ, 2009. — С. 21–23.
  24. *Норчевський Р. В., Цебенко І. Л.* Оцінка зміни площ лісових масивів за допомогою ГІС/ДЗЗ-технологій (на прикладі західних територій Закарпатської області та північної частини Румунії) // Регіональна нарада «Можливості супутникових технологій у сприянні вирішення проблем Закарпаття», Ужгород, 11 грудня 2008 р. — <http://www.pryroda.gov.ua/ua/index.php?newsid=1140>.
  25. *Сахацький О. І., Ходоровський А. Я.* Класифікація ландшафтів за допомогою космічного знімка. Зона впливу аварії на Чорнобильській АЕС // Україна з космосу. Атлас дешифрованих знімків території України з космічних апаратів / За ред. В. І. Лялька, О. Д. Федоровського. — К.: НАН України, НКА України, ЦАКДЗ ІГН НАНУ, 1997. — С. 20–21.
  26. *Сахацький О., Жолобак Г.* Використання багатоспектральних космічних знімків для класифікації угідь та гірських лісів різного породного складу // Перспективи використання даних дистанційного зондування Землі в лісовому господарстві: Матер. міжнар. наук.-практ. семінару. — Київ, 2009. — С. 16–20.
  27. *Седых В. Н.* Аэрокосмический мониторинг лесного покрова. — Новосибирск: Наука, 1991. — 238 с.
  28. *Сухих В. И.* Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве и ландшафтном строительстве: Учебник. — Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. — 392 с.
  29. *Парпан В., Шпарик Ю., Лялька В. та ін.* Космічні знімки Українських Карпат // Лісовий і мисливський журн. — 2006. — № 3. — С. 13.
  30. *Поліщук Б. В.* Сучасні досягнення і проблеми в дослідженнях розвитку та стану лісів // Геодезія, картографія і аерофотознімання. — 2008. — Вип. 70. — С. 38–45. — <http://vlp.com.ua/node/915>.
  31. *Придатко В. И., Штепа Ю. Н., Ищук А. А.* Опыт применения ERDAS Imagine для анализа изменений лесов горного Крыма в 1988–2001 гг. с использованием снимков Landsat // Материалы Пятой Международной Конференции «Геоинформационные технологии в управлении территориальным развитием», 27–31 мая 2002 г., Партенит (АР Крым). — 2002, CD — ECOMM ([http://www.ulrnc.org.ua/publication/env-manag\\_ua.html](http://www.ulrnc.org.ua/publication/env-manag_ua.html)).
  32. *Часковський О. Г.* Інвентаризація лісових насаджень Розточчя з використанням дистанційних методів: Автореф. дис... канд. с.-г. наук / Нац. аграр. ун-т. — К., 2001. — 18 с.
  33. *Часковський О. Г., Миклуш С. І.* Застосування гіперспектральних супутникових знімків для спостережень за лісовими масивами // Наук. вісник Укр. держав. лісотехнічного ун-ту. — 2004. — Вип. 14.6. — С. 190–193.
  34. *Швець М. І.* Лісовпорядкування в Україні: історія і сучасність // <http://www.derevo.info/content/detail/4032>
  35. *Forest monitoring for Europe.* Conclusions, Uppsala, Sweden, 11–12 November 2009. — [http://www-conference.slu.se/futforestmon/forestmon\\_conclusions.pdf](http://www-conference.slu.se/futforestmon/forestmon_conclusions.pdf).
  36. *Kuemmerle T., Chaskovskyy O., Knorn J., et al.* Forest cover change and illegal logging in the Ukrainian Carpathians in the transition period from 1988 to 2007 // Remote sensing of environment. — 2009. — **113**, N 6. — P. 1194–1207.
  37. *Lyalko V. I., Sahatsky A. I., Voolfson L. D., et al.* Remote ecological monitoring in the Chernobyl disaster area using GIS TRIAS // Pollution Monitoring and Geographic Information Systems : proc. of the EARSeL Workshop, Brandys nad Labem, Gzech Republic, 15–18 May, 1995. — Brandys nad Labem., 1995 — P. 89 — 97.
  38. *Lyalko V. I., Sakhatsky A. I., Hodorovsky A. Ya., et al.* Features of the space control of forests of Ukraine and Siberia for an estimation of their state, fire risk and carbon cycle // Abstract Book. Proc. of 24th EARSeL Symposium «New Strategies For European Remote Sensing», IUC, Dubrovnik, Croatia, 25–27 May 2004. — P. 91.
  39. *Malysheva N., Shvidenko A., Nilsson S., Petelina S., Oesko A.* An overview of remote sensing in Russian forestry // IIASA Interim Report IR-00-034. — 2000. — 89 p. — <http://www.iiasa.ac.at/cgi-bin/pub/pubsrchK>.

Надійшла до редакції 20.01.10

G. M. Zholobak

#### DOMESTIC EXPERIENCE OF SATELLITE MONITORING OVER FOREST STANDS IN UKRAINE

The overview generalizes the domestic experience on the study of forest stands in Ukraine using satellite images stored from the mid-1990s. We represent the achievements of the various institutions and enterprises where remote sensing studies of woodlands are conducted using the satellite data processing and analyses. It is shown that domestic experts use multispectral images (acquired mostly by SPOT and Landsat) as a rule to estimate forest cover changes and to identify forest types, their natural composition and age mainly at the regional scale.