

*Ю.П. Стародуб, д-р фіз.-мат. наук, професор, Т.Є.Рак, канд. техн. наук, доцент, Я.І. Федюк
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ ЕКОГЕОФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ, ПОВ'ЯЗАНИХ ІЗ ЗНЕЛІСНЕННЯМ ТЕРИТОРІЙ, ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

Обґрунтовано основи проекту супутникового моніторингу регіонів України із застосуванням даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), що дає змогу своєчасно вживати заходів щодо втручання при виявленні знеліснення, пожежної небезпеки та вогнищ спалаху в регіонах. Розроблено основи використання проекту застосування даних дистанційного зондування Землі для моніторингу і оперативного вияву знеліснення в областях України.

Ключові слова: супутниковий моніторинг, пожежна небезпека, оперативне виявлення, знеліснення.

Україна, незважаючи на незначну лісистість території, за площею та запасами лісу є європейською лісовою державою. За площею лісів Україна посідає восьме місце в Європі (не враховуючи Росію через Євразійську приналежність країни). Ліси України за призначенням і розміщенням виконують переважно екологічні (водоохоронні, захисні, санітарно-гігієнічні, оздоровчі та інші) функції, забезпечують обмежені експлуатаційні потреби.

Ліси та лісове господарство України мають певні особливості порівняно з іншими європейськими країнами:

- відносно низький середній рівень лісистості території країни;
- переважно екологічне значення лісів до 50% з обмеженим режимом використання;
- низький відсоток заповідних лісів (13,7%), який має стійку тенденцію до зниження;
- історично сформована ситуація із закріпленням лісів за численними постійними лісокористувачами (для ведення лісового господарства ліси надані в постійне користування підприємствам, установам і організаціям більш ніж п'ятдесяти міністерств і відомств);
- значна площа лісів перебуває в зоні радіоактивного забруднення;
- близько половини лісів України є штучно створеними і потребують посиленого догляду.

Ліси по території України розташовані дуже нерівномірно. Лісистість у різних природних зонах має значні відмінності й не досягає оптимального рівня, за якого ліси найбільш позитивно впливають на клімат, ґрунти, водні ресурси, пом'якшення наслідків ерозійних процесів, а також забезпечення одержання більшої кількості деревини.

Ліси, будучи одним з основних типів рослинності України, займають 15,7% її території. Завдання оперативного виявлення і моніторингу знеліснення набуває особливої актуальності в зв'язку з незначною територією, зайнятою лісами.

При детальнішому розгляді адміністративні території України, які вкриті лісовою рослинністю, такі: АР Крим 27,0 тис.га, Вінницька 26,5 тис.га, Волинська 20,2 тис.га, Дніпропетровська 31,9 тис.га, Донецька 26,5 тис.га, Житомирська 29,9 тис.га, Закарпатська 12,8 тис.га, Запорізька 27,2 тис.га, Івано-Франківська 13,9 тис.га, Київська 28,9 тис.га, Кіровоградська 24,6 тис.га, Луганська 26,7 тис.га, Львівська 21,8 тис.га, Миколаївська 24,6 тис.га, Одеська 33,3 тис.га, Полтавська 28,8 тис.га, Рівненська 20,1 тис.га, Сумська 23,8 тис.га, Тернопільська 13,8 тис.га, Харківська 31,4 тис.га, Херсонська 28,5 тис.га, Хмельницька 20,6 тис.га, Черкаська 20,9 тис.га, Чернівецька 8,1 тис.га, Чернігівська 31,9 тис.га, всього по Україні – 603,7 тис.га. Карта лісистості України, отримана з використання програми MAPINFO, показана на рис. 1.

Своєчасне виявлення знеліснення, пов'язаного з пожежами та вирубкою – одна з серйозних народногосподарських проблем. Найбільш поширений спосіб її вирішення в регіональному масштабі – організація авіапатрулювання, що потребує значних матеріальних витрат. Однак, зниження асигнувань, що виділяються на охорону лісів, найбільшою мірою відбилося на можливостях авіації. Наслідком цього стало істотне збільшення числа вирубок лісових порід та лісові пожежі, що виходять з-під контролю, набуваючи характеру стихійного лиха (АРК Крим).

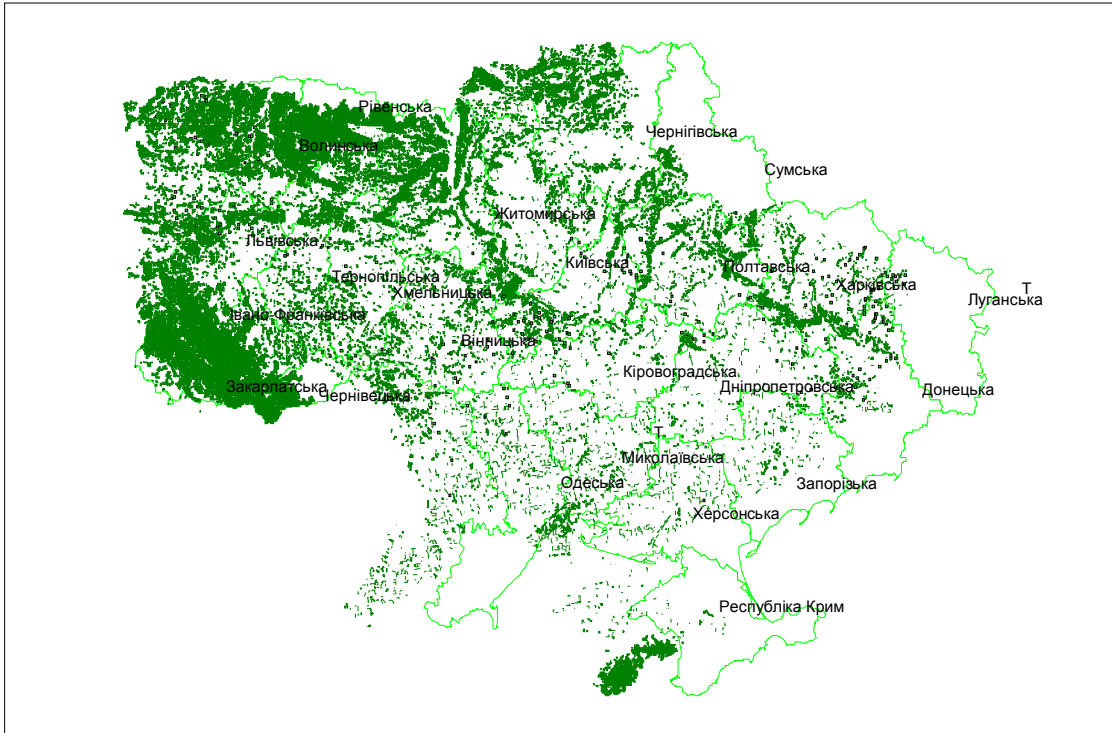


Рис. 1. Лісистість України станом на 2010 рік

У зв'язку з цим виникає необхідність залучення всіх доступних засобів оперативного виявлення знеліснення та лісових пожеж на ранній стадії, що пояснює зростаючу роль у цьому супутникових систем дистанційного зондування Землі. Космічний моніторинг має ряд переваг у порівнянні з авіарозвідкою: високу оперативність, велику площу контрольованої земної поверхні і менші операційні витрати. На території, що охороняється, супутникові дані служать істотним доповненням до традиційних методів виявлення знеліснення, а на території, що не охороняється – єдиним засобом моніторингу і оцінки лісових масивів.

Метою роботи є створення проекту оцінки лісових територій за даними дистанційного зондування Землі, зокрема, прийнятими спектро радіометром AVHRR з супутника NOAA рис. 2.

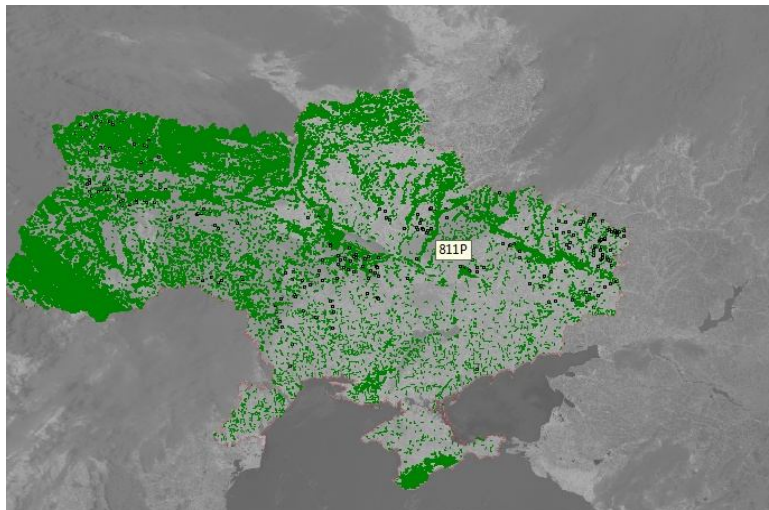


Рис. 2. Геометрична прив'язка знімка супутника NOAA з накладанням шару лісистості (програмне забезпечення *MapInfo*, стан на 2011 р.)

У проєкті роботи оцінки лісових ресурсів були використані матеріали, надані Дунайським центром прийому та обробки спеціальної інформації та контролю навігаційного поля національного космічного агентства України «ЦПОСІ та КНП НКАУ».

Методика обробки супутникової інформації

Методика обробки даних дистанційного зондування Землі включає:

- первинну обробку даних у пакеті програм IMAPP; (для супутників Modis)
- геометричну трансформацію зображень у географічні проєкції в середовищі ENVI;
- використання алгоритмів обробки в програмі Scanex Modis Processor.

Головним в успішному застосуванні даних дистанційного зондування Землі є наявність простих у використанні і доступних програмних засобів. Щоб отримувати із знімків найбільш корисну і точну інформацію, ці засоби з самого початку розробляються з розумінням всіх аспектів дистанційного зондування, включаючи конструкцію сенсора, його геометрію, радіометричні, орбітальні параметри і складні формати даних.

Програмні продукти, що використовуються при обробці і аналізі матеріалів дистанційного зондування, розділяються на спеціальні і універсальні. Комерційні пакети програм, як правило, мають універсальне ядро і модулі, що настроюються на конкретні завдання. Спеціальні програмні продукти прив'язані до вирішення вузького класу завдань і часто згодом за їх рахунок наращується кількість модулів, пов'язаних з універсальним ядром комерційних програмних пакетів.

Для обробки даних дистанційного зондування Землі можуть використовуватися будь-які програмні засоби, що забезпечують достовірність і якість отримуваних результатів. Обов'язковою вимогою при виборі програмного забезпечення є можливість працювати з даними дистанційного зондування Землі, що мають географічну прив'язку.

За наслідками проведених експериментів для комп'ютерної дешифровки даних дистанційного зондування Землі рекомендуємо використовувати такі програми: Scan Viewer, IMAPP, ENVI, ERDAS, IMAGINE. При цьому перевага віддається програмному забезпеченню ENVI. Програма універсальна і має значні можливості візуалізації і аналізу даних дистанційного зондування Землі.

ENVI передбачає всі режими векторизації результатів, дешифровки і їх експорт у формати поширеного пакету програм MapInfo, який рекомендується використовувати при оформленні карт.

У наведеному прикладі при обробці використовувалися програмні продукти Envi, IMAPP. Для тематичної обробки використана програма Scanex Modis Processor.

Загальну схему системи прийому і обробки даних дистанційного зондування Землі представлено на рис. 3.

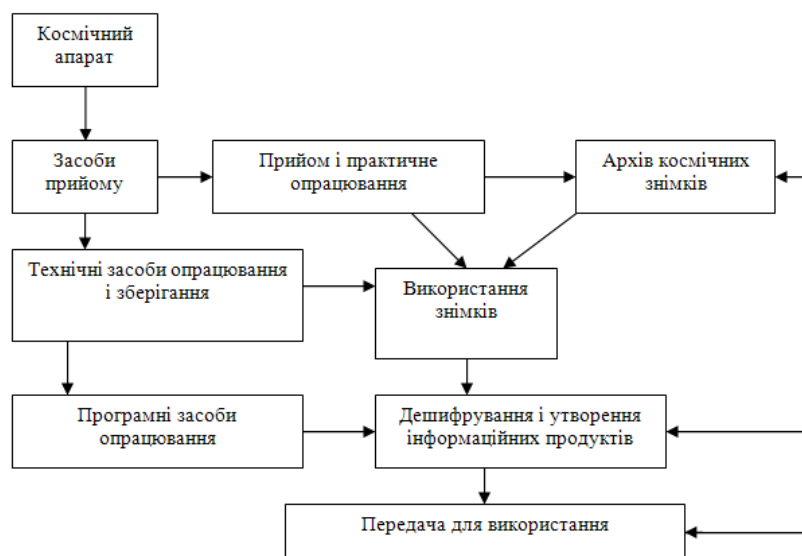


Рис. 3. Загальна схема системи прийому і обробки даних дистанційного зондування Землі

Космічний апарат – це власне супутник з системою управління, просторового орієнтування, отримання інформації і передачі даних. Наземний сегмент у цьому випадку це – центр прийому даних дистанційного зондування Землі на базі «ЦПОСІ та КНП НКАУ».

Обробка даних. Попередня обробка даних здійснюється для підготовки отримуваних даних дистанційного зондування для подальшого аналізу і тематичної інтерпретації.

У програмному середовищі MS Windows здійснюються такі основні операції із зображеннями:

- перегляд зображень на дисплеї ПЕОМ у представленні з довільним вибором розміру і цілочисельного масштабу фрагмента зображення;
- географічна прив'язка зображення по орбітальних елементах супутника з накладенням на зображення координатної сітки, географічної карти з можливістю корекції прив'язки безпосередньо по зображенню;
- вибір довільного фрагмента зображення для збереження його в новому файлі того ж формату або експорту в графічний формат (Windows BMP);
- вивід на друк окремого зображення або групи зображень з накладенням географічної прив'язки.

Відповідно аналіз якості зображень і придатності їх для подальшого тематичного аналізу, підготовка фрагментів для такого аналізу. Основний акцент при його побудові роблять на функціях завантаження і візуального сприйняття. Це дасть змогу вибирати дані для завантаження як за іменем файлу, так і за основними його атрибутами: іменем супутника, часом запису і іншими, залежно від типу даних.

Для роботи із зображеннями великих розмірів існує можливість «послідовного» вибору фрагментів з послідовним збільшенням масштабу. Ніяких обмежень на розмір початкового файлу зображення не накладається. Число одночасно завантажених у пам'ять різних зображень обмежене тільки об'ємом пам'яті ПЕВМ і ресурсами Windows.

В наступній таблиці представлені дані в файлах формату Level 1B (продукти MOD02), які відкалібровані і супроводжуються географічною прив'язкою.

Таблиця 1

Обробки	Склад операцій	
Попередня	0	Розпаковка бітового каналу
Нормалізація	1А	Поділ на кадри
		Радіометрична корекція за паспортними даними з датчика
		Оцінка якості зображення (% збійних пікселів)
	1Б	Геометрична корекція за паспортними даними датчика
		Географічна прив'язка за орбітальними даними і кутовим положенням супутника
	1С	Географічна прив'язка за інформацією бази даних опорних точок
		Оцінка якості зображення (% хмарності)
Стандартна	2	Перетворення в задану картографічну проекцію
		Повна радіометрична корекція
		Прив'язка за цифровою картою місцевості
		Повна геометрична корекція
		Корекція міжканального зміщення
Замовна	3	Редакція зображень (сегментація, зшивка, повороти, пов'язання та інше)
		Покращення зображень (фільтрація, гістограмні операції, контрастування, ін.)
		Операції спектральної обробки і синтез багатоканальних зображень
		Математичні перетворення зображень
		Синтез різночасових зображень і зображень з різним розширенням
		Конвертація зображень в просторі дешифрувальних ознак

	4	Ландшафтна класифікація
		Виділення контурів
		Просторовий аналіз, формування векторів і тематичних шарів
		Виміри і розрахунок структурних ознак (площі, периметра, довжини, координати)
		Формування тематичних карт

В процесі перетворення з рівня 1A в рівень 1B дані різної просторової роздільної здатності розділяють на різні файли. Всього існує чотири продукти MODIS цього рівня:

- MOD021KM (дані всіх 38 каналів, приведені до роздільної здатності 1 км);
- MOD02HKM (дані 1 – 7-го каналів, приведені до роздільної здатності 500 м);
- MOD02QKM (дані 1-го і 2-го каналів з роздільною здатністю 250 м);
- MOD02OVC (бортові калібрувальні дані) – цей продукт додатком ScanViewer не використовується.

У файлах рівнів 1A, 1B дані записуються в 16-розрядних словах (одне слово на піксель на канал). Максимальні значення можуть відповідати 12 бітам у файлах рівня 1A і 15 бітам у файлах рівня 1B.

Всі формати продуктів MODIS, починаючи з рівня 1A, є похідними формату HDF. Для читання файлів цього формату в додатку ScanViewer використовують динамічну бібліотеку HDF NCSA, поширювану вільно.

Пакет IMAPP включає такі програми:

1. Програма розпаковування даних – unpack.exe.

Програма призначена для розпаковування даних рівня Level0 у файли рівня Level1 у форматі HDF. Файл даних MODIS рівня Level0 містить послідовність CCSDS пакетів, відновлених з сигналу, прийнятого з борту супутника. У термінології EOSDIS такий файл (точніше, набір файлів) називається Production Data Set (PDS). Файлом даних MODIS рівня Level1 є стандартний продукт EOSDIS з кодовою назвою MOD01. Він має формат HDF і містить масиви даних, отриманих детекторами, і дані бортової телеметрії.

2. Програма геолокації – geolocate.exe.

Програма здійснює географічну прив'язку файлу даних MODIS і створює файл формату HDF, що містить масиви значень широти і довготи, а також кути сканування для кожного пікселя з роздільною здатністю 1 км. Вихідний файл є продуктом MOD03 по номенклатурі EOS. IMAPP може обчислити поля геолокації, використовуючи дані супутника і додаткову інформацію, передану безпосередньо в потоці бортової телеметрії. Це дає змогу проводити прив'язку відразу після отримання даних. При цьому, однак, інформація передана в режимі прямої трансляції (DB) може містити похибки, які не дозволяють гарантувати точність прив'язки кращою ніж 10 км. Пакет IMAPP дає змогу також використовувати точні дані про орієнтацію, отримані команди управління, що надаються службами та орбітальним сегментом. Завдяки використанню цих даних точність прив'язки може бути підвищена до 1 км. Недолік використання точних даних полягає в тому, що вони мають значний об'єм і доступні тільки через декілька днів після початку прийому інформації.

3. Програма калібрування – calibrate.exe.

Остання з трьох основних програм пакету IMAPP призначена для калібрування даних MODIS у абсолютні значення спектральної щільності енергетичної яскравості (в одиницях $\text{Вт} \times \text{м}^{-2} \times \text{мкм}^{-1} \times \text{стер}^{-1}$). У результаті створюється стандартний продукт MOD02. Вихідний продукт містить чотири окремі файли:

- MOD02QKM – дані 1-го, 2-го каналів, що калібруються з роздільною здатністю 250 м;
- MOD02HKM – дані 3-го, 7-го каналів, що калібруються, з роздільною здатністю 500 м і 1-го, 2-го каналів, приведені до роздільної здатності 500 м;

- MOD021KM – дані каналів, що калібруються з роздільною здатністю 1 км, розділені на дві категорії: видимий бітовий інформаційний канал і тепловий інформаційний канал. Файл також містить дані каналів з роздільною здатністю 250 м і 500 м, приведені до роздільної здатності 1 км;
- MOD02OVC – дані бортового калібрування, що містяться в інформації рівня Level1A.

Як вхідні дані програма калібрування використовує файли рівня Level1A і файли геолокації, що створюються на попередніх етапах обробки.

У результаті обробки і аналізу космічних знімків, прийнятих з супутника TERRA, є можливість створити проект будь-якої вибраної області, що складається з векторних даних (адміністративні райони області, районні центри і водні об'єкти), растрових даних (космічні знімки) і масок лісів.

При створенні проекту використовується методика підготовки даних і дешифрування космічних знімків, отриманих в «Дунаївському ЦПОСІ та контролю навігаційного поля НКАУ», методика маскуванню лісів та пожеж, розроблена інформаційно-технічним центром «Сканекс». Прийняті знімки пройшли повний цикл обробки, кінцевим етапом якого є створення проекту з включенням у нього геоприв'язаних супутникових зображень України, в тому числі АРК Крим і масок лісів.

Базуючись на отриманих результатах, робимо висновок: використання проектів застосування даних дистанційного зондування Землі для моніторингу і оперативного виявлення знеліснення в регіонах України необхідне і можливе. Системи супутникового моніторингу дають змогу вживати заходів щодо своєчасного втручання та виявлення вогнищ спалаху.

Останнє – важливо, оскільки знеліснення і лісові пожежі залишаються одним з могутніх чинників, що впливають на глобальні зміни навколишнього середовища. Сліди цих катастрофічних явищ можна знайти всюди. Часто виникають ситуації при яких відомі технології боротьби не приносять результатів і мабуть лише системи космічного моніторингу допоможуть зупинити знеліснення, що в даний час має тенденцію виходу з-під контролю.

Список літератури:

1. **Гарбук С.В.,** Гершензон В.Е. Космические системы дистанционного зондирования земли. – М.: Издательство А и Б, 1997. – 296 с.
2. **Исаева.С.,** Сухих В.И., Калашников Е.Н. Аэрокосмический мониторинг лесов. – М.: Наука, 1991.
3. **Методичні** рекомендації по прийому, архівації, обробці і наданню в користування інформації відомчої системи ДЗЗ Дунаївський ЦПОСІ НКАУ.
4. **Кашкин В.Б.,** Сухинин А.И. Дистанционное зондирование Земли с космоса. Цифровая обработка изображений: Учебное пособие. – М.: Логос, 2001. – 264 с.
5. **Кронберг П.И.** Дистанционное изучение Земли. Основы и методы дистанционных исследований в геологии. – М.: Мир, 1998.
6. **Перцова А.В.** Аэрокосмические методы геологических исследований. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2000. – 316 с.
7. **Сухих В.И.** Дистанционные методы в лесном хозяйстве и охране природы. «Лесное хозяйство», 1979 № 3, 41-45 с.
8. **Сухинин А.И.** Вероятность обнаружения лесных пожаров дистанционными методами. Лесные пожары и борьба с ними. – Красноярск: ВНИИПО, 1994 56-69 с.
9. **Новости** ГИС-ассоциации № 1 (33) – 2 (34) 2002 год.
10. **Новости** ГИС-ассоциации № 2 (4) 1996 год.
11. **Временные** требования по представлению в Государственный банк цифровой геологической информации и информации о недропользовании в России и использованию данных дистанционного зондирования Земли, получаемых с помощью спектрорадиометр MODIS космического аппарата TERRA . – М.: ГЛАВНИВЦ, 2001 – 28 с.

12. **Отчет** «Прием и обработка данных дистанционного зондирования Земли из космоса в целях решения задач мониторинга паводковой обстановки, выявления и оценки последствий лесных пожаров» за 2003 год. – Экт.: УРАЛРИКЦ, 2003 – 72 с.

13. <http://www.dataplus.ru/>

14. <http://www.scanex.ru/>

15. <http://www.sovzond.ru/>

16. <http://www.transparentworld.ru/>

17. <http://www.gisa.ru/>

18. <http://www.ntsomz.ru/>

19. <http://gis-lab.info/>

Ю. П. Стародуб, Т.Е. Рак, Я.И. Федюк

УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКОГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, СВЯЗАННЫХ С ИСЧЕЗНОВЕНИЕМ ЛЕСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДЗЗ

Рассмотрены основы проекта спутникового мониторинга регионов Украины с применением данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), что позволяет своевременно принимать меры по вмешательству при выявлении случаев обезлесения, пожарной опасности и очагов возгорания в регионах. Предложено общую систематизированную схему приема и обработки данных дистанционного зондирования Земли управления процессами, связанными с обезлесением территорий. Разработаны основы использования проекта применения данных дистанционного зондирования Земли с целью мониторинга и оперативного выявления обезлесения в областях Украины.

Ключевые слова: спутниковый мониторинг, пожарная опасность, оперативное выявление, исчезновение леса.

Yu. Starodub, T. Rak, Ya. Fedyuk

SECURITY MANAGEMENT OF ECOGEOPHYSICAL PROCESSES RELATED TO DEFORESTATION TERRITORIES USING REMOTE SENSING DATA

The basis of project of a satellite monitoring of Ukraine's regions using remote sensing (RS) is substantiated, this gives an opportunity to take measures of intervention in detecting cases of deforestation, fire hazards and fire flashes in the regions. A general systematic scheme of receiving and processing remote sensing data for management processes associated with deforestation areas is elaborated.

Key words: satellite monitoring, fire hazard, prompt detection, deforestation.

