

ведення класифікації рослинності з допомогою програмного продукту «ERDAS Imagine» найбільш придатною є класифікація з навчанням, яка виконується за методом найбільшої ймовірності. Вона краще за все відповідає даним контрольних точок спостережень.

Предложена методика визначення позиції «червоного краю» за даними мультиспектрального космічного знімка. Верифікація цієї методики показала, що в межах соснових лісів значення REР можуть служити індикаторами фітосанітарного стану лісової рослинності.

Нові методичні розробки були використані для побудови схеми фітосанітарного стану лісової Зони і оцінки природної пожегобезпеки рослинності в її межах.

Виконано класифікацію лісів Сибіри за знімками «Landsat-7» і «Spot» VGT. Класифікація за знімками «Landsat-7» показала достатню високу точність виділення основних лісових рослинних спільнот і дозволила здійснити класифікацію значно більшої території за знімками «Spot» VGT, використання яких дозволяє вести роботи в режимі моніторингу, а це значно підвищує інформативність дослідження і розширює коло розв'язуваних завдань.

Методичні прийоми, використані при обробці знімків «Spot» VGT при вивченні лісів Сибіри, можуть бути застосовані і для вивчення лісів України як за аналогічними знімками, так і за знімками з AVHRR NOAA. Останні мають додатково теплові канали, мають

більш високу періодичність зйомки (кілька разів на добу), аналогічне просторове роздільне здаття (1.1 км) і поширюються безкоштовно.

Дослідження змін спектральних яркостей і вегетаційних індексів на протязі вегетаційного циклу за даними знімків «Spot» VGT дозволяють говорити про можливість використання знімків «Spot» VGT з метою визначення просторового розташування основних рослинних спільнот лісів Сибіри.

1. Buschmann C. Fernerkundung von Pflanzen // Naturwissenschaften.—1993.—80.—P. 439—453.
2. Buschmann C., Nagel E. Reflexionsspektren von Blettern und Nadeln als basis fer die physiologische Beurteilung von Baumscheden. — Karlsruhe: Kernforschungszentrum, 1992.—165 p.—PEF-Report Nr.90.
3. ERDAS Field Guide (1999) Fifth Edition, Revised and Expanded. ERDAS c Inc., Atlanta, Georgia.
4. Лялько В. І., Азімов О. Т., Сахацький О. І., Ходоровський А. Я. Оцінка тенденцій зміни екологічного стану Зони впливу аварії на ЧАЕС за різночасовими багатозональними космічними знімками // Тез. доп. науково-практичної конф. «Наука. Чорнобиль-97». Київ, 11—12 лютого 1998.—С. 27—28.
5. Леса СССР. — М.: Наука, 1969.—Т. 4.—С. 350—387.
6. Сахацький А. І., Лялько В.І, Азімов О. Т. та ін. Використання багатозональних космічних знімків з метою вивчення рослинності Зони Відчуження ЧАЕС // Нові методи в аерокосмічному землезнавстві: Матер. науково-технічного семінару 27—28 травня 1999 р., Київ.—С. 105—113.
7. Харук В. І., Кожуховська А. Г., Пестунов І. А. і др. Зйомка NOAA/AVHRR в моніторингу вщпшек сибірського шелькопрядя // Исслед. Земли из Космоса.—2001.—№ 1.—С. 80—86.

## Космічний моніторинг лісових пожеж за знімками NOAA

В. В. Дубровський, Я. В. Пархісенко, О. Ю. Петроченко,  
Л. С. Потапенко, О. Д. Рябоконеко, Ю. Н. Штепа

Український центр менеджменту землі і ресурсів, Київ

Лісові пожежі руйнують ліси, фауну та ґрунти, забруднюють атмосферу і воду. В Україні лісові пожежі в деяких регіонах можуть привести і до поширення радіоактивного забруднення. Так, через забрудненість Полісся радіонуклідами пожежі на цих територіях можуть супроводжуватися підняттям радіоактивних речовин у повітря із подальшим перенесенням на значні території. Місця і час фіксації лісових пожеж, як показує практика, не

відповідають чітким закономірностям, а ступінь пожежонебезпечності лісів різко варіює по території країни і сезонах року. Тому своєчасне виявлення лісових пожеж та прийняття необхідних заходів з їхньої оперативної ліквідації є актуальною природоохоронною задачею. У зв'язку з цим необхідність залучення всіх доступних засобів оперативного виявлення пожеж на початковій стадії розвитку не викликає сумнівів. Традиційне викори-

стання авіації для патрулювання пожежонебезпечних районів потребує значних коштів, що обумовлює зростання інтересу до використання супутникових систем зондування земної поверхні для виявлення та моніторингу лісових пожеж. Сьогодні для проведення космічного моніторингу лісових пожеж, як правило, використовується інформація п'ятиканального радіометра AVHRR (супутники серії NOAA).

Спектральні діапазони каналів  $\lambda = 0.58-0.68, 0.725-1.1, 3.55-3.95, 10.3-11.3, 11.5-12.5$  мкм. Метод визначення пожеж базується на інформації каналу 3 AVHRR, бо на дану область припадає максимум випромінювання об'єктів при температурі горіння 800—1000 К. Необхідно зазначити, що

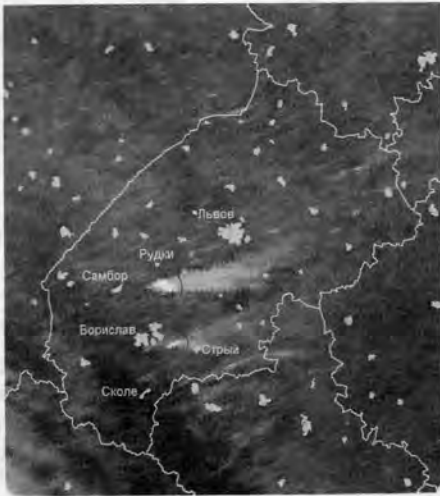


Рис. 1. Пожежі торф'яників 24.10.2000 р.

космічна зйомка апаратами NOAA дозволяє відслідковувати пожежі в основному у регіональному масштабі через невисоку роздільну здатність (1.1 км).

Тестовий моніторинг пожеж на території України провадиться в Українському центрі менеджменту землі і ресурсів (УЦМЗР). УЦМЗР отримує до трьох знімків NOAA на добу з різних супутників цієї серії, що дозволяє здійснювати регулярний моніторинг. Кожний знімок охоплює територію України.

Методи визначення пожеж базуються на використанні оцінки випромінювання за каналами 3, 4, 5 AVHRR [1—3], які відповідають інфрачервоному діапазону спектру. Пожежі визначаються як екстремальні значення випромінювання по 3 каналу AVHRR. Шлейфи диму, викликані пожежами, добре визначаються на каналах 1 та 2 AVHRR (відповідно видимий і близький інфрачервоний діапазони).

Для більш точної ідентифікації пожеж використовуються порогові алгоритми, за якими визначається температура випромінювання по 3-му і 4-му каналах. Прилад AVHRR відкалібровано за температурою до 330 К. Шлейфи диму добре визначаються за 1-м і 2-м каналами і також успішно використовуються для ідентифікації пожеж.

При аналізі пожежонебезпечних ділянок зображення розбиваються на три типи.

**Нічні.** Їхньою особливістю є низька вірогідність «помилкових пожеж», що могли б викликатися відбитим сонячним випромінюванням та нагрітими ділянками земної поверхні, якби знімок був денний, вранішній або вечірній. Однак, на жаль, нічні знімки NOAA УЦМЗР фактично не отримує.

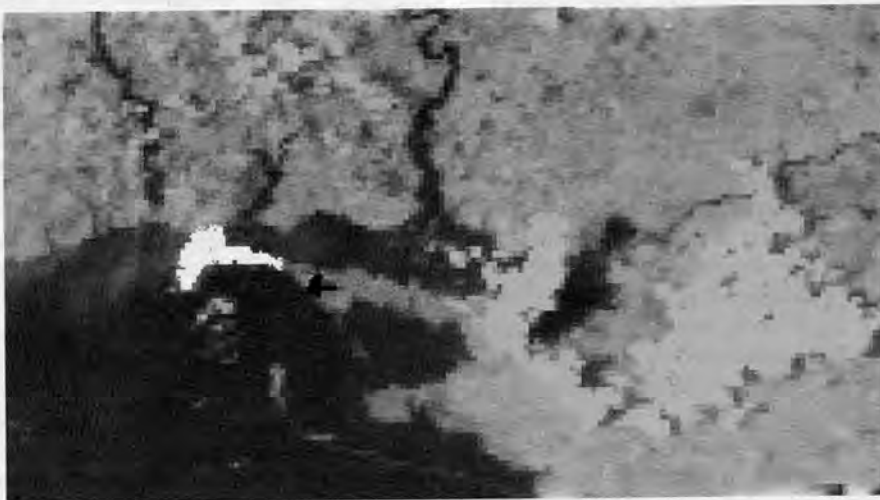


Рис. 2. Пожежа на Кінбурзькій косі 22 липня 2001 р. Чорним виділено територію, що горить, білим — дим від пожежі

*Ранкові/вечірні знімки.* Це ті знімки, що регулярно отримує УЦМЗР. На зображення цього класу сонячне випромінювання здійснює певний, але незначний вплив. «Пожежні» піксели мають відповідати критерію:  $T3 > 298 \text{ K}$ ,  $T3 - T4 > 6 \text{ K}$ ,  $T4 > 265 \text{ K}$ ,  $R2 < 35 \%$  ( $R2$  — альbedo в 2-му каналі,  $T3 - T5$  — радіояскравісні температури в 3—5-му каналі).

*Денні зображення.* Для них характерна велика вірогідність «помилкових пожеж» за рахунок нагрітих ділянок, сонячних блисків. Тому за денними зображеннями складно визначати пожежі. Піксел відмічається як «потенційна пожежа» при умовах  $T3 > 308 \text{ K}$ ,  $T3 - T4 > 8 \text{ K}$ ,  $T3 - T4 - 3(T4 - T5) > 4 \text{ K}$  (маскування відкритих нагрітих ділянок) и  $R1 - R2 > 1 \%$  (маскування відбиття від води) [1—3].

Для визначення місцезнаходження пожеж вихідні знімки геокодується і формуються карти з растрового зображення та векторних шарів географічних об'єктів (адміністративні границі, населені пункти, дороги). Для цих цілей використовуються програмні пакети «ERDAS Imagine» та «ArcView».

За допомогою знімку із супутника NOAA вранці 12 травня 2000 р. було отримано знімок, на якому зафіксовано пожежі в Білорусі. На знімку видно дим від пожеж в південній частині Білорусі, що розповсюдився на велику відстань і досяг території України. УЦМЗР надав ці матеріали Міністерству України з надзвичайних ситуацій. Дане зображення синтезовано за даними видимого і інфрачервоного каналів AVHRR. Ділянки з пожежами мають екстремально високий рівень інфрачервоного випромінювання в діапазоні 3.55—3.95 мкм (3-й канал AVHRR), що відповідає яскравим точками на зображенні. Це добре демонструють трьохмірні гістограми інфрачервоного випромінювання, що в місцях пожеж гістограми мають чітко виражені екстремуми. Космічне зображення є результатом синтезу інфрачервоного, ближнього інфрачервоного і видимого каналів AVHRR. Завдяки такому синтезу пожежі проявляються як точки яскраво червоного кольору, дим від пожеж і хмари мають блакитний колір, земля — зелений. Часто саме така

комбінація найбільш сприйнятлива для реєстрації пожеж. Так, наприклад, на рис. 1 чітко помітні пожежі торф'яників і дим від них, що мало місце у Львівській області 24 жовтня 2000 р.

В результаті моніторингу пожеж УЦМЗР у 2001 році зафіксував велику кількість пожеж, що слід пов'язувати із надзвичайно сухим та жарким літом (липень—серпень), особливо на півдні України. Так, тільки 2 серпня 2001 р. на території України зафіксовано понад 100 пожеж. Це в основному, горіння стерні і соломи, але також були зафіксовано і горіння торфовищ у Київській області, степових ділянок, у тому числі у заповідних зонах. Так, 22 липня 2001 р. УЦМЗР виявив пожежу на Кінбурзькій косі (рис. 2).

Пожежа була зафіксована вранці і до вечора інтенсифікувалась. 9 серпня 2001 р. УЦМЗР зафіксував пожежу поблизу перепускного пункту Зони відчуження ЧАЕС «Дитятки».

В усіх випадках УЦМЗР підтримував робочі контакти з МНС України, надаючи фрагменти знімків разом з відповідними коментарями.

## ВИСНОВКИ

Космічний моніторинг пожеж, за відповідних метеорологічних умов, дозволяє визначати зони потенційних пожеж, що сприятиме сталому екологічному менеджменту, допоможе органам виконавчої влади ефективніше вирішувати питання реагування та запобігання пожежам у природних екосистемах.

1. Барталев С. А., Беляев А. И., Ершов Д. В. и др. Разработка ГИС мониторинга лесных пожаров России // ArcView #1. Современные информационные технологии.—1998.—С. 7—8.
2. Колодяжний О. А., Луман С., Машковський А. Г. та ін. Організація космічного моніторингу пожеж // Матер. першої всеукраїнської конф. з космічних досліджень, 2001.
3. Ceccato P., Flasse S. P., Downey L. D. An automatic algorithm to detect vegetation fires globally from NOAA sub AVHRR data // EARSeL Advances in Remote Sensing.—1996.—4, N 4-XI.