

УДК 528.11, 528.77, 528.855

ЗАСТОСУВАННЯ ДАНИХ СІЧ-2 ДЛЯ ОСТАТОЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ПОЖЕЖ, ОСОБЛИВОСТІ ЇХ ОБРОБЛЕННЯ ТА СПІЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ З ДАНИМИ MODIS (TERRA) ТА AVHRR (NOAA)

*В.Ю.Вишняков
(ЦПОСІ та КНП, м. Дунаївці)*

У статті розглянуто особливості оброблення даних «Січ-2» та їх спільне використання з даними MODIS (TERRA) та AVHRR (NOAA) в межах остаточного визначення пожеж на території України. Представлено розроблені алгоритми визначення пожеж за даними NOAA та «Січ-2» з застосуванням ГІС. Визначено метод оброблення та дешифрування даних «Січ-2» в межах моніторингу пожеж на території України.

В статье рассмотрены особенности обработки данных «Сич-2» и их совместное использование с данными MODIS (TERRA) и AVHRR (NOAA) в рамках определения пожаров на территории Украины. Представлено разработанные алгоритмы определения пожаров по данным NOAA и «Сич-2» с применением ГИС. Определен метод обработки и дешифрирования данных «Сич-2» в рамках мониторинга пожаров на территории Украины.

In the article the features of data processing "Sich-2" and sharing of data MODIS (TERRA) and AVHRR (NOAA) within the final determination of the fires on the territory of Ukraine. Presented algorithms determine fires according to NOAA and Sich-2 using GIS. Defined method of processing and interpretation of data «Sich-2», within the monitoring fires in Ukraine.

Накопичений досвід обробки даних з КА TERRA та NOAA дає дуже низьку вірогідність визначення пожеж на території України [1]. Це відбувається внаслідок великої кількості помилкових тривог. З метою максимального збільшення достовірності визначення пожеж доцільне використання знімків високого просторового розрізнення. Вартість замовлення зйомки закордонних апаратів достатньо велика. Так, станом на липень 2011 року вартість космічних знімків складала (табл. 1).

17 серпня 2011 року було виведено на орбіту вітчизняний супутник дистанцій-

ного зондування Землі «Січ-2». Цей супутник оснащено багатозональними оптико-електронними пристроями, що працюють у 5 спектральних діапазонах. Супутник надав змогу отримувати цифрові зображення поверхні Землі в панхроматичному і багатоспектральному діапазонах з розрізненням не гірше 8,2 м, а також у середньому інфрачервоному діапазоні – до 41,4 м. [2]

Таблиця 1

Вартість космічних знімків [3]

Назва КА	Розрізнення, м	Вартість за км2, USD	Мінімальне замовлення км2
«WorldView-1»	0,5	23,5	90
«WorldView-2»	0,5 або 2	23,4	90
«QuickBird»	0,61-0,72	23,5	90
«GeoEye-1»	0,5 або 2	29,3	100
«IKONOS»	1 або 4	23,6	100
«ALOS» (PRISM)	2,5	24,29	35
«ALOS» (AVNIR-2)	10	12,14	70
«IRS-1C/1D»	5,8 або 23	21,57	23,5 або 70,5
«IRS-P5» (Cartosat-1)	2,5	57,45	23,5
Січ-2 (БСП)	8,2	29,79/39,36 €	12

Україна отримала можливість здійснення зйомки на будь-якій території в будь-який час.

Дослідження можливості комплексного застосування інформації ДЗЗ з різних КА проводилось на прикладі даних КА NOAA, TERRA та Січ – 2.

Основні технічні характеристики обраних приладів представлені в таблиці 2.

Порівняльний аналіз вхідних даних показав необхідність врахування неточностей географічної прив'язки. Згідно з методом Корнфельда (1) довірчий інтервал прив'язки на території України склав від 1 до 8 км для КА NOAA, від 0.5 до 6 км для TERRA та 300-700 м для Січ -2.

$$\Delta X = \frac{X_{max} - X_{min}}{2} \quad (1)$$

Розглянемо питання про можливість визначення пожеж за даними Січ-2, виходячи з технічних можливостей скануючих пристроїв.

Відомо, що у пасивних методах зондування в оптичному діапазоні джерелом енергії є розігріті до високої температури тверді, рідкі та газоподібні тіла.

Згідно з першим законом Кіргофа, при термодинамічній рівновазі з навко-

Розділ 2. Основи природокористування та безпека життєдіяльності

лишнім середовищем всі тіла з однаковою температурою випромінюють однаково.

Таблиця 2

Основні технічні характеристики [4]

КА/Пристрій	NOAA/AVHRR	TERRA(AQUA)/MODIS	Січ – 2/БСП
Смуга огляду, км.	3000	2330	46,6
Радіометричне розрізнення, біт	10	12	12
Просторове розрізнення, м	1100	NIR-250-1000 SWIR-500 TIR-1000	7,8
Кількість спектральних каналів в ІЧ діапазоні	NIR-1 SWIR-1 TIR-2	NIR-6 SWIR-3 TIR-16	NIR-1 SWIR-1

Згідно з другим законом Кіргофа, у стані термодинамічної рівноваги енергія, що поглинається ділянкою поверхні дорівнює енергії, яка випромінюється цією ж ділянкою за той самий проміжок часу.

Інтенсивність випромінення I в певному напрямленні α від нормалі до поверхні випромінення абсолютно чорного тіла, визначається законом Ламберта:

$$I = I_0 \cdot \cos \alpha \quad (2)$$

де I_0 – інтенсивність випромінення при $\alpha = 0$, яка максимальна; при $\alpha = 90^\circ$ інтенсивність випромінення дорівнює нулю.

За формулою Планка щільність потоку потужності, що випромінюється у стані термодинамічної рівноваги одиницею поверхні абсолютно чорного тіла з температурою T в інтервалі довжин хвиль λ , $\lambda + d\lambda$ в тілісному куті 2π стерадіан (ср), дорівнює (3)

$$B(\lambda, T) = \frac{c_1}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{\left[\exp\left(\frac{c_2}{\lambda T}\right) - 1 \right]}, \quad (3)$$

де $c_1 = 1, 1911 \cdot 10^8$ Вт·мкм⁴/м²ср; $c_2 = 14388$ мкм·К; максимум випромінення потрапляє на $\lambda = 2898/T$ мкм.

Повна енергія у всьому інтервалі довжин хвиль описується формулою Стефана-Больцмана:

$$\int_0^{\infty} B(\lambda, T) d\lambda = a \cdot T^4, \quad (4)$$

де $a = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт·м⁻²·К⁻⁴

При спостереженні Землі з космосу в довжинах хвиль 2–3 мкм фіксується енергія Сонця, що відбилася та розсіялася поверхнюю суходолу, води або хмар.

Температура поверхні (фотосфери) Сонця дорівнює 5785 К, максимум випромінення припадає на 0,5 мкм (рис. 1).

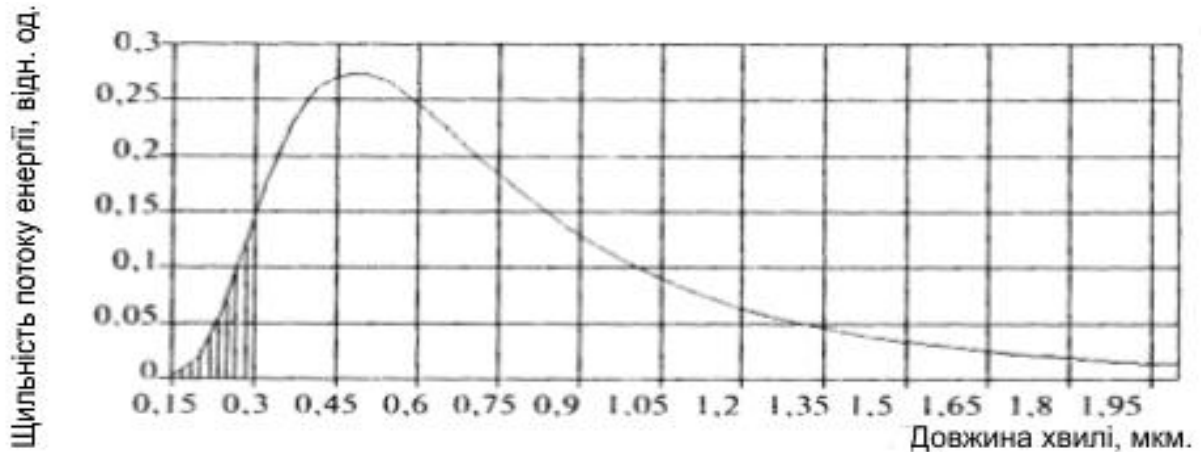


Рис. 1. Розподілення енергії в спектрі Сонця, згідно з законом Планка

На довжинах хвиль понад 4 мкм власне теплове випромінення Землі значно більше випромінення Сонця. Таким чином реєстрація інтенсивності випромінення в цих довжинах хвиль з космосу надає можливість достатньо точно оцінювати температуру суходолу та водної поверхні, яка є важливішим екологічним показником. [5].

Виходячи з спектральних характеристик сканеру Січ-2 (табл. 3), моніторинг пожеж стандартними методами утруднений. Таким чином, автором пропонується спільно зі стандартними методами [6] використання методу індикаційного дешифрування температурних аномалій, який полягає в використанні явищ або



об'єктів, недоступних для прямого дешифрування [7]. В якості індикаторів пропонується застосування температурних аномалій, визначених за даними NOAA, TERRA та димові шлейфи за даними Січ-2 (рис.2).

У результаті було розроблено алгоритм визначення пожеж з використанням вище-вказаних даних ДЗЗ (рис. 3).

Рис. 2. Димові шлейфи - основна ознака визначення

Розділ 2. Основи природокористування та безпека життєдіяльності

пожеж за даними ДЗЗ Січ-2

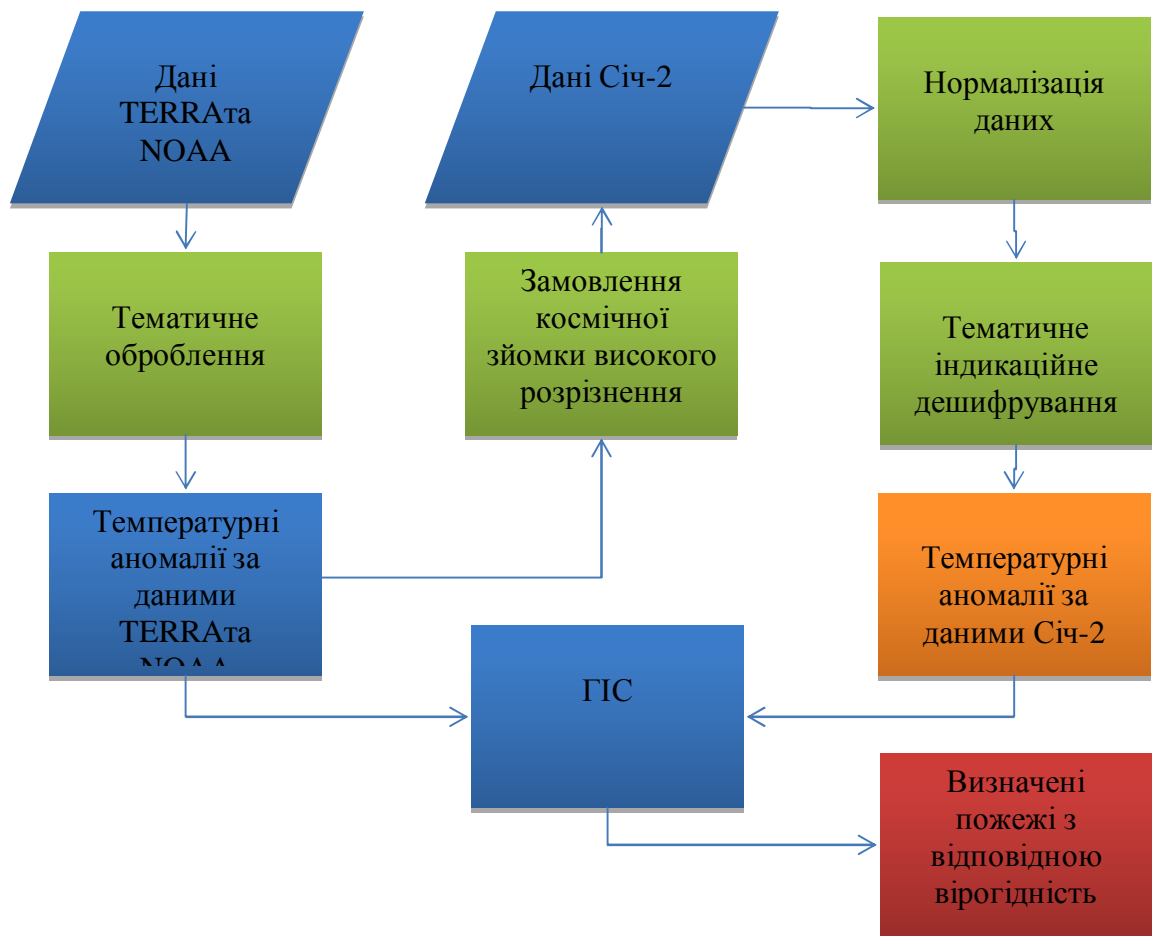


Рис. 3. Алгоритм визначення пожеж за даними TERRA, NOAA та Січ-2 із застосуванням ГІС

Таблиця 3

Технічні характеристики приладів супутника Січ-2

Спектральні діапазони	Ширина спектрального діапазону, мкм
Багатозональний скануючий пристрій	
Панхроматичний	0,51-0,9
Зелений	0,51-0,59
Червоний	0,61-0,68
Ближній інфрачервоний	0,8-0,89
Сканер середнього інфрачервоного діапазону	
Середній інфрачервоний	1,51-1,7

Для визначення особливостей даних Січ-2 та відпрацювання алгоритму відібрані знімки з КА NOAA-18 за 18 березня 2012 року (AVHRR), TERRA (MODIS) та з КА СІЧ-2.

Дані ДЗЗ оброблялися за наступними алгоритмами:

1. Оброблення даних AVHRR (NOAA), (MODIS) TERRA:

- нормалізація даних;
- уточнення географічної прив'язки;
- визначення температурних аномалій із застосуванням алгоритмів Кауфмана (NOAA):

- $T3 > 316, T3 - T4 > 10, T4 > 250,$ (5)

де $T3, T4, T5$ - радіо-яскравісна температура в 3 -, 4 - і 5-му каналах апаратури AVHRR відповідно та MOD 14 для даних TERRA [8, 9];

- формування географічних даних виявлених температурних аномалій;
- формування векторного шару хмарності на знімку;
- формування зображення - «підкладки» знімку.

2. Оброблення даних БСП (Січ-2):

-усунення міжканального зсуву зображень (відносний зсув каналів G з R складає від 1 до 5 пікселів, PAN з G - 150 пікселів по стовпцях та біля 1200 по рядках). Для автоматизованого усунення зсуву розроблено програму в середовище IDL програми ENVI [10], яка дозволяє здійснити відносне суміщення каналів(рис. 4);

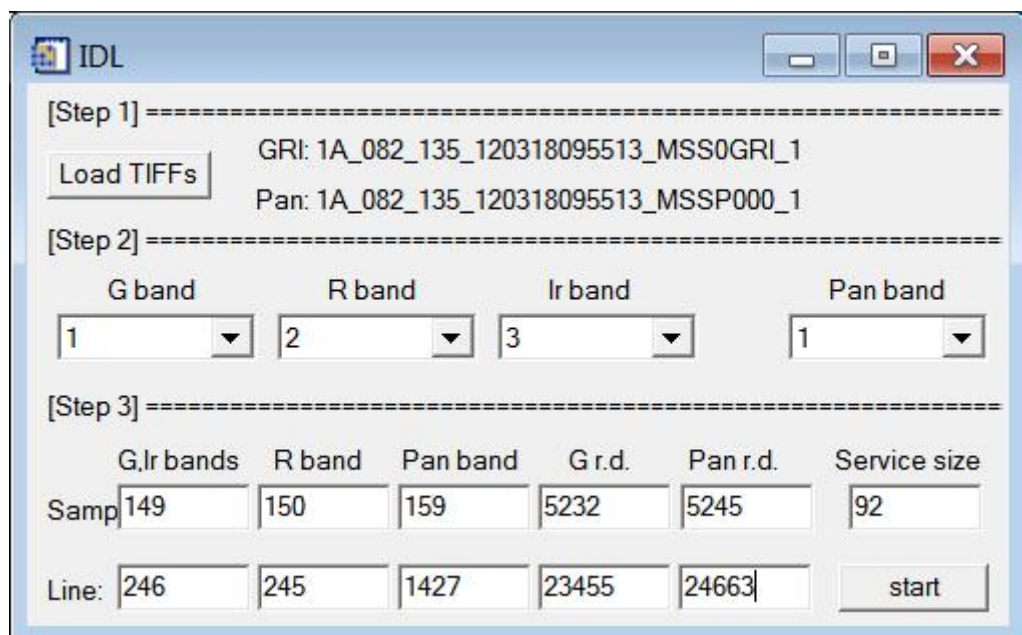


Рис. 4. Інтерфейс програми суміщення каналів даних Січ-2

- географічна прив'язка та орторектифікація даних із врахуванням рельєфу місцевості отриманого зображення та даних SMIR;
- атмосферна корекція зображення;
- індикаційне визначення температурних аномалій за даними Січ-2 (в якості індикаторів використовувалися температурні аномалії за даними NOAA) (рис. 5);

Розділ 2. Основи природокористування та безпека життєдіяльності

- визначення аномальних ділянок з наявними димовими шлейфами;
- формування географічно - інформаційних даних виявлених пожеж;
- формування векторного шару хмарності на знімку;
- формування зображення - «підкладки» знімку.

3. Аналіз визначених температурних аномалій з використанням географічної інформаційної системи ArcGIS [11]. Створення тематичної карти та звітної інформації щодо визначених пожеж.

На виході алгоритму формується тематична або ситуаційна карта визначених пожеж чи надзвичайних ситуацій (рис. 6, 7).

У результаті з визначених температурних аномалій було визначено 6 фактичних пожеж (підтверджені димовими шлейфами) та 30 сумнівних!

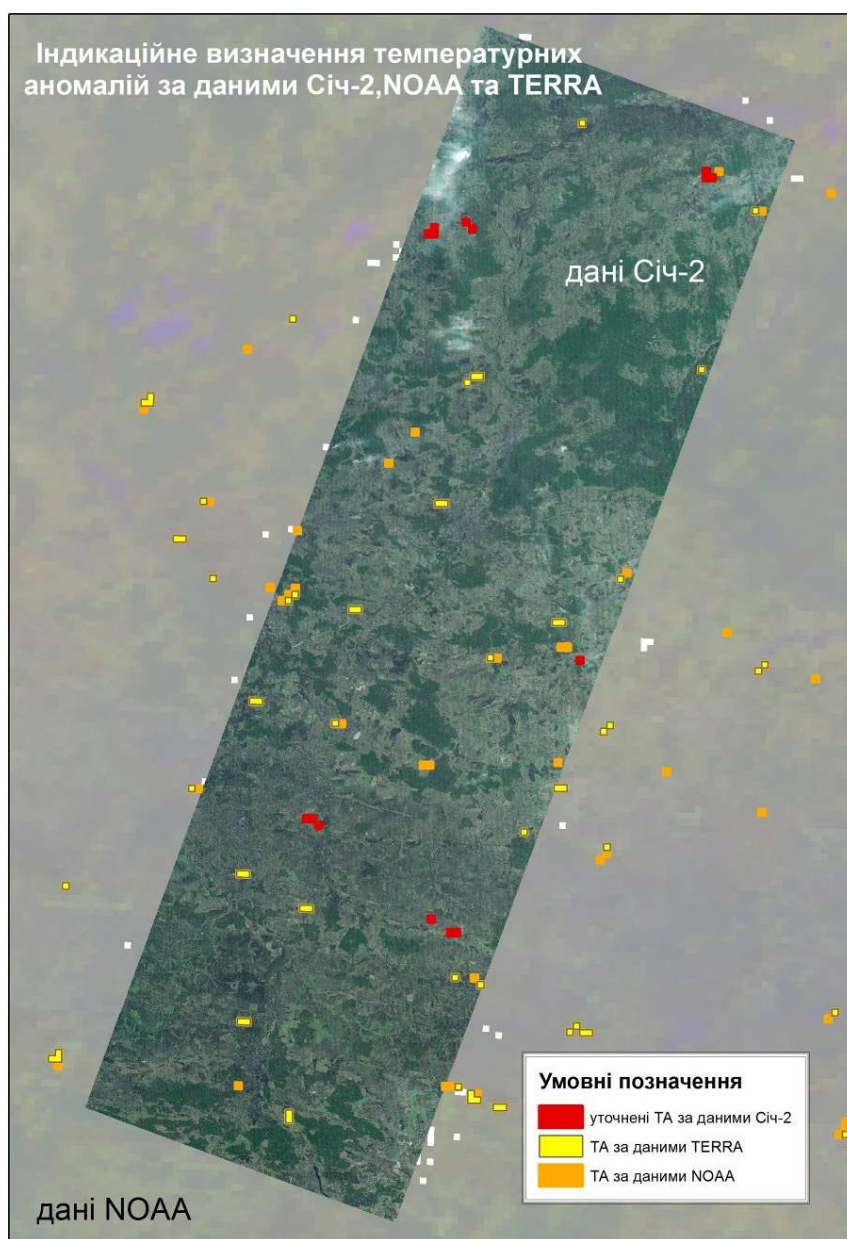


Рис. 5. Індикаційне визначення температурних аномалій за даними КА: Січ-2,

NOAA та TERRA

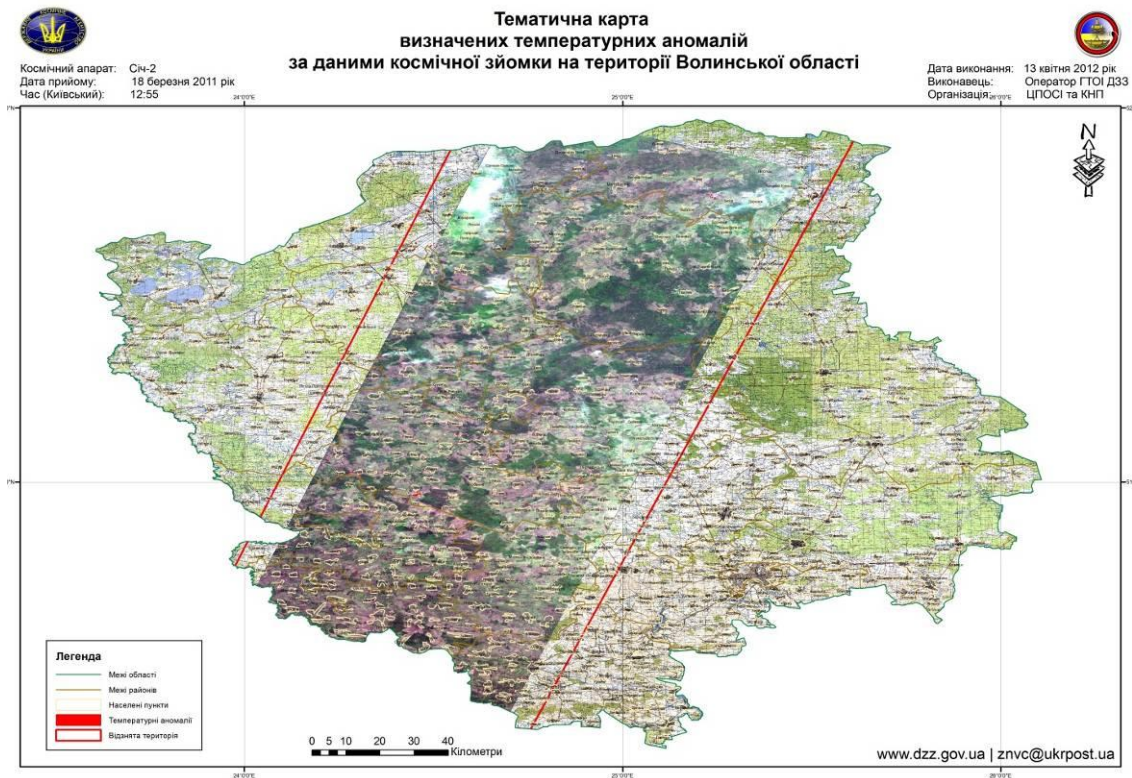
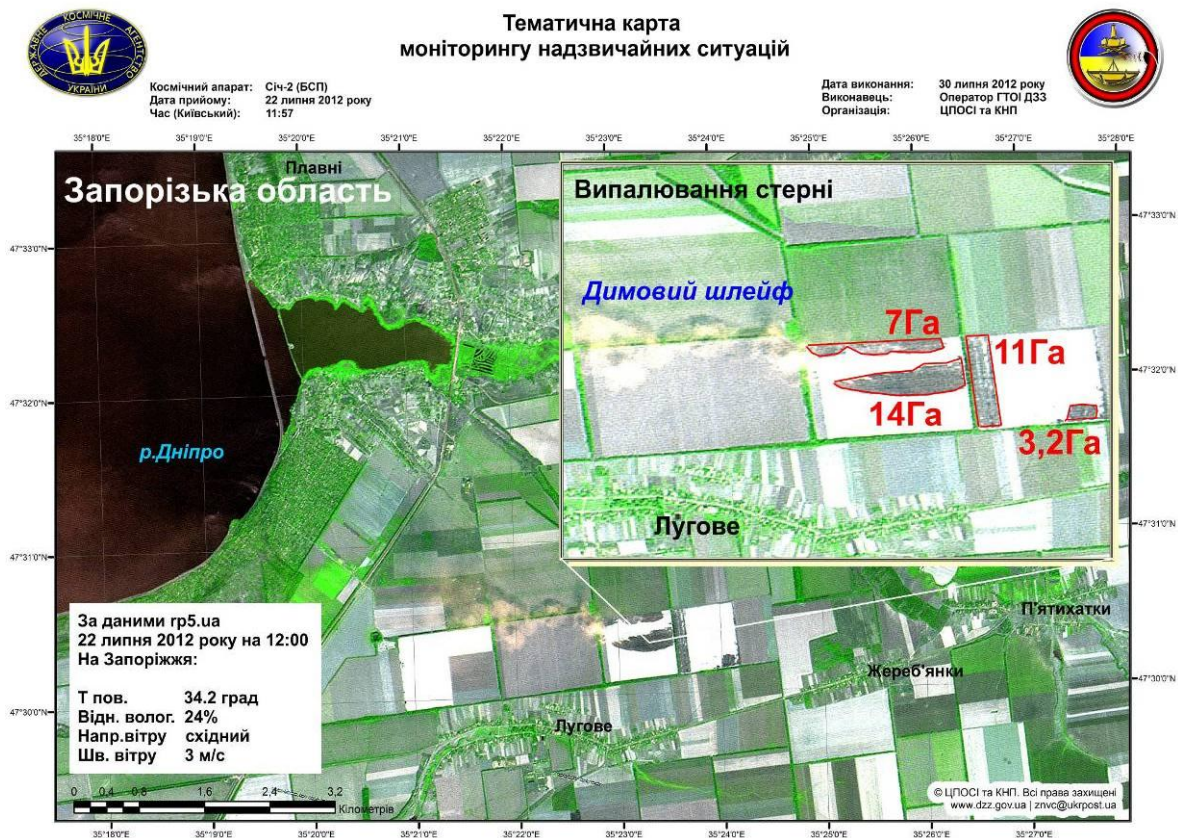


Рис. 6. Тематична карта визначених пожеж за даними космічної зйомки на території Волинської області



Розділ 2. Основи природокористування та безпека життєдіяльності

Рис. 7. Тематична карта моніторингу надзвичайних ситуацій

Висновок

У результаті дослідження доведено можливість та необхідність спільного застосування даних Січ-2 з MODIS (TERRA) та AVHRR (NOAA) для остаточного визначення пожеж на території України.

Вперше запропоновано використання комплексного методу дешифрування пожеж за даними національного супутника з використанням індикаційного методу разом зі стандартними.

Розроблено алгоритм та реалізовано скрипт компенсації піксельного зміщення каналів багатоспектрального та панхроматичного сканеру Січ-2 в середовище IDL.

Визначено формат кінцевого інформаційного продукту, який значно збільшує достовірність та інформативність результату моніторингу пожеж за даними ДЗЗ.

* * *

1. Звіт за результатами аналізу відповідності температурних аномалій, виявлених за даними NOAA (AVHRR), фактичним пожежам за даними МНС України за пожежонебезпечний період 2011. ЦПОСІ та КНП, 2011. 10.

2. Режим доступу: http://www.dzz.gov.ua/CPOSI/sich_2_reklama.php

3. Режим доступу: <http://www.pixelsolutions.com.ua/snimki/orderimage.html>

4. Офіційний сайт прибору MODIS Електронний ресурс містить детальний опис системи TERRA та сканеру MODIS. Режим доступу: <http://modis.gsfc.nasa.gov/about/specifications.php> – англійський.

5. Кашкин В.Б., Сухинин А.И. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений [текст]: / В.Б. Кашкин, А.И. Сухинин. - М.: Логос, 2001. - 264 с.

6. Режим доступу: http://mapexpert.com.ua/index_ru.php?id=25&table=news
Мониторинг пожаров и их последствий с помощью ДЗЗ.

7. Токарев О.С. Обработка и интерпретация данных дистанционного зондирования Земли. / Томский политехнический университет, 2010. – 147 с.

8. Justice, C. O., L. Giglio, et al. Algorithm Technical Background Document. MODIS fire products. Version 2.3, 1 October 2006

9. Режим доступу: <http://gis-lab.info/ga/mod14a1.html>

10. Електронна енциклопедія «Вікіпедія». Режим доступу: <http://ru.wikipedia.org/wiki/ENV1> – російська.

11. Електронна енциклопедія «Вікіпедія». Режим доступу: <http://ru.wikipedia.org/wiki/ArcGIS> - російська

Отримано: 29.08.2012 р.