

УДК 528.8.04:504.064.3] (477) КП 04778363

В. І. Лялько, В. С. Оголенко

Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України, Київ
E-mail: casre@casre.kiev.ua

Про науково-прикладну програму використання даних в результаті експлуатації космічного апарату «Січ-2»

Представлено 25.06.07

Розглядаються основні елементи та структурні особливості розробленої науково-прикладної програми використання даних КА «Січ-2», що є складовою частиною цільового проекту «Зондування» З(Н)КПУ на 2003—2007 рр., який виконувався Науковим центром аерокосмічних досліджень Землі ГНН НАНУ в рамках Державного контракту з НКАУ.

За роки виконання Першої (1993—1997) та Другої (1998—2002) космічних програм України в рамках цільового проекту «Зондування», що виконувався з метою забезпечення науково-методичного супроводу робіт з ДЗЗ шляхом розробки та виконання наукових програм для космічних апаратів «Січ-1» та «Океан-О», створення нових методик та комп’ютерних технологій тематичної інтерпретації космознімків, було вирішено цілий ряд актуальних для України природоресурсних та природоохоронних задач (пошуки нафтогазових покладів, оцінка впливу Чорнобильської катастрофи на довкілля, контроль екологічного стану та пожежонебезпечності лісів, прогнозування врожайності зернових культур, дослідження морів та океанів, синоптичних прогнозів та ін.).

Результати цих досліджень неодноразово доповідались на вітчизняних та міжнародних наукових форумах, знайшли відображення у трьох Атласах тематично дешифрованих космознімків України («Україна з Космосу», 1997, 1999 рр. та «Космос — Україні», 2001 р.), збірниках «Нові методи в аерокосмічному землезнавстві» (1999), «Аерокосмічні дослідження Землі» (2002), монографіях «Інформатизація аерокосмічного землезнавства» (2002) та «Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування» (2006), сотнях статей і були практично впроваджені в організаціях Міністерств екології і природних ресурсів, надзвичайних ситуацій, НАК «Нафтогаз України», держадміністраціях міста Києва і ряду областей України та ін.

При виконанні цільового проекту «Зондування» в

1998—2002 рр. виконано дослідження на основі застосування методу системного аналізу. Проведено системний аналіз апаратурних комплексів ДЗЗ, обґрутовано методику та розроблено комп’ютерну програму оцінки ефективності апаратурного комплексу «Січ-1М» на основі системних досліджень та імітаційних технологій, виконано оцінку ефективності вирішення тематичних задач науково-прикладної програми ДЗЗ, створено концептуальну модель КС «Січ». Розроблено та узгоджено ТЗ на системний аналіз КС «Січ».

Науково-прикладну програму використання даних КА «Січ-2» (далі — Програма) розроблено згідно з З(Н)КПУ на 2003—2007 роки (цільова програма «Наукові космічні дослідження», напрям «Дослідження Землі та навколоземного простору» та цільова програма «Дистанційне зондування Землі», напрям «Створення та експлуатація системи геоінформаційного космічного забезпечення»).

Космічні експерименти (КЕ) Програми, відповідно до розв’язуваних у процесі їхнього проведення задач науково-методичного і прикладного характеру, цільового призначення та ареалів досліджень, об’єднані у три розділи:

- 1) науково-методичні дослідження;
- 2) прикладне використання даних;
- 3) науково-освітні заходи.

Сучасні супутникові системи ДЗЗ містять у своєму складі прилади зі значним числом спектральних каналів у видимому та інфрачервоному діапазонах, прилади для проведення радіолокаційних і радіометричних вимірювань, що дозволяє проводити дослідження в інтересах широкого кола науково-

вих і господарських задач.

Запуск і експлуатація КА «Січ-2», оснащеного комплексом приладів оптичного діапазону високої просторової розрізненості, дозволить створити систему безперервного забезпечення даними ДЗЗ суб'єктів виробничо-господарської, наукової та управлінської діяльності державного, регіонального і місцевого рівнів, зв'язаних із захистом і контролем навколошнього природного середовища, раціональним використанням природних ресурсів, захистом населення від несприятливих змін погодних умов і клімату.

Серед переліку робіт, які будуть виконані протягом 2003—2007 років, зупинимось більш детально на розробці науково-прикладної програми використання даних КА «Січ-2» (надалі — Програми).

ОСНОВНІ ЗАДАЧІ ПРОГРАМИ

Основним цільовим призначенням «Науково-прикладної програми використання даних КА «Січ-2» є:

- відпрацювання, апробація, дослідна експлуатація та атестація методик і технологій рішення тематичних задач ДЗЗ і задач моніторингу навколошнього середовища при безпосередньому залученні до участі в космічних експериментах організацій-споживачів космічної інформації;

- підготовлення методик і технологій рішення тематичних задач ДЗЗ до впровадження у виробництво;

- практичне вирішення широкого кола тематичних задач ДЗЗ у конкретних регіонах України на основі використання даних КА «Січ-2» та інших космічних апаратів;

- підготовлення фахівців організацій-споживачів даних ДЗЗ для рішення природоресурсних, екологічних, народногосподарських і інших задач на основі космічної інформації;

- аерокосмічна освіта студентів вищих навчальних закладів України.

Проект Програми розроблено колективом авторів під керівництвом директора Наукового центру аерокосмічних досліджень Землі НАН України, чл.-кор. НАН України В. І. Лялька.

Основний внесок у розробку проекту Програми зроблено колективами фахівців таких організацій:

- Наукового центру аерокосмічних досліджень Землі (ЦАКДЗ) НАН України (наукові керівники: член-кореспондент НАН України В. І. Лялько і член-кореспондент НАН України О. Д. Федоровський);

- Морського гідрофізичного інституту НАН України (науковий керівник доктор фізико-математичних наук, професор Г. К. Коротаєв);

- Інституту космічних досліджень НАНУ та НКАУ (науковий керівник академік НАН України В. М. Кунцевич);

- ДП «Дніпрокосмос» (науковий керівник кандидат технічних наук В. І. Волошин);

- Конструкторського бюро космічних апаратів і космічних систем ДКБ «Південне» НКАУ (науковий керівник авторського колективу головний конструктор космічних апаратів та космічних систем ДКБ «Південне» О. Л. Макаров).

- Державного науково-природничого центру НКАУ — ДНВЦ «Природа» (науковий керівник кандидат геол.-мін. наук В. С. Готянян).

Склад космічних експериментів проекту Програми та їхні організації-виконавці наведені в табл. 1.

Доопрацьована Програма погоджена зі всіма зацікавленими організаціями та Радою з космічних досліджень НАН України; затверджена НАН України і передана на розгляд і затвердження в НКАУ.

У табл. 2 наведені дані про основні характеристики супутника спостереження Землі «Січ-2» та встановленої на ньому наукової апаратури ДЗЗ.

«Січ-2» є супутником дистанційного зондування Землі з оптико-електронними приладами багатозонального спостереження високої роздільної здатності. Це спеціалізований малогабаритний супутник, комплекс оптико-електронної апаратури якого дозволяє вирішувати ряд практичних і наукових завдань регіонального й локального рівня з моніторингу кризових ситуацій, рослинних і ґрунтових покривів суходолу, створення цифрових карт місцевості, керування ресурсами й планування в урбанізованих і прибережних зонах та ін. Споживачами інформації можуть бути: державні відомства, дослідницькі й екологічні організації, агропромислові, геологорозвідувальні, будівельні, транспортні, страхові, туристичні фірми, громадські організації, засоби масової інформації.

ПРОБЛЕМИ, ЩО БУДУТЬ ВИРІШУВАТИСЯ

При виконанні проекту буде вирішено одну з найважливіших проблем — проблему розроблення та виконання науково-прикладної програми використання даних КА «Січ-2».

Нові науково-технічні результати та розробки

Протягом 2003—2007 рр. буде

1. Розроблено «Науково-прикладну програму використання даних КА «Січ-2», розроблено та затверджене Національним космічним агентством України (НКАУ) технічне завдання (ТЗ) на космічні експерименти (КЕ) та Програми КЕ вказаних науково-прикладних програм.

2. З метою забезпечення науково-прикладних

Таблиця 1. Космічні експерименти проекту Програми та їхні виконавці

Назва розділу	Програми і космічного експерименту	Шифр	Постановник
1. НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ			
1.1. Відпрацювання методів оцінки екологічного стану ландшафтів України	«Екологія суходолу»		ЦАКДЗ НАНУ
1.2. Відпрацювання методів оцінки стану і прогнозу врожайності озимої пшениці на основі комплексної обробки наземної і космічної інформації	«Прогноз урожаю»		ЦАКДЗ НАНУ
1.3. Відпрацювання методів оцінки екологічного стану водних екотонів (гирлових зон та ін.) на основі ландшафтно-системного підходу	«Вода»		ЦАКДЗ НАНУ
1.4. Відпрацювання методів оцінки впливу геодинамічних факторів на екологічний стан урбанізованих територій	«Місто»		ЦАКДЗ НАНУ
1.5. Відпрацювання методів моніторингу опадів на суходолі з використанням комплексної інформації КА «Січ-2» та КА ENVISAT	«Дощ»		ЦРЗЗ НАНУ та НКАУ
1.6. Відпрацювання методів та супутникової технології пошуків покладів нафти і газу на суходолі	«Нафта та газ суходолу»		ЦАКДЗ НАНУ
1.7. Відпрацювання методів пошуку нафтогазових покладів на шельфи	«Нафта та газ шельфу»		ЦАКДЗ НАНУ
1.8. Відпрацювання методів комплексного моніторингу акваторій Чорного і Азовського морів та морів Середземномор'я	«Катран»		МГІ НАНУ
1.9. Відпрацювання методів зовнішнього контролю параметрів оптичної апаратури ДЗЗ КА «Січ-2»	«Контроль»		ЦАКДЗ НАНУ
1.10. Відпрацювання методів калібрування даних оптичних сенсорів	«Калібрування»		ІКД НАНУ та НКАУ
1.11. Оцінка геометричної та радіометричної точності космічних знімків з КА «Січ-2» за допомогою досліджень на науково-дослідному фотограмметричному полігоні	«Січ-Полігон»		ДНВІЦ «Природа»
2. ПРИКЛАДНЕ ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ			
2.1. Дослідна експлуатація та атестація МОД «Визначення видового складу і стану лісів» (спільно з користувачем)	«Стан лісу»		ЦАКДЗ НАНУ
2.2. Дослідна експлуатація та атестація МОД «Виявлення лісових та степових пожеж» (спільно з користувачем)	«Ризик»		ЦАКДЗ НАНУ
2.3. Дослідна експлуатація та атестація МОД «Пошук родовищ нафти та газу» (спільно з користувачем)	«Пошук ВВ»		ЦАКДЗ НАНУ
2.4. Дослідна експлуатація та атестація МОД «Дистанційний контроль снігового покриву» (спільно з користувачем)	«Сніг»		ЦРЗЗ НАНУ та НКАУ
2.5. Дослідна експлуатація та атестація МОД «Класифікація підстильної поверхні за покривними елементами ландшафту» (спільно з користувачем)	ПЕЛ		ДП «Дніпрокосмос»
2.6. Дослідна експлуатація та атестація МОД «Оцінка стану озимих культур» (спільно з користувачем)	«Озимина»		ДП «Дніпрокосмос»
2.7. Дослідна експлуатація та атестація МОД «Високочастотна атмосферна корекція даних оптичних сенсорів» (спільно з користувачем)	«Атмосферна корекція»		ІКД НАНУ та НКАУ
2.8. Вивчення можливих потреб в інформації з КА «Січ-2» в регіонах України	«ДЗЗ в регіонах»		ДНВІЦ «Природа»
3. НАУКОВО-ОСВІТНІ ЗАХОДИ			
3.1. Аерокосмічна освіта студентської молоді	«Освіта»		НІЦАОМУ
3.2. Відпрацювання каналу наддалнього зв'язку з використанням апаратури електронної пошти КА «Січ-2»	«Полюс»		ДП «Дніпрокосмос» НІЦАОМУ

Таблиця 2. Основні характеристики космічного апарату «Січ-2»

Характеристика	Очікувані значення
Маса	160 кг
Тип орбіти	сонячно-синхронна
Висота орбіти	668 км
Нахилення орбіти	98.074°
Місцевий час низхідного вузла	10 год 30 хв
Термін активного існування	5 років
Ракета-носій	«Дніпро-1»
НАУКОВА АППАРАТУРА:	
Сканер середнього інфрачервоного діапазону (ССІК)	
Ширина спектрального діапазону	1.51—1.7 мкм
Проекція кроку пікселів в надирі	39.5 м
Кількість пікселів у сканері	1400
Кількість бітів для кодування одного піксела	8
Ширина смуги огляду в надирі	55.5 км
Ширина охоплення	±500 км
Режими зйомки	режим інфрачервonoї трасової зйомки
Багатозональний сканувальний пристрій (МСУ)	
Кількість спектральних діапазонів	4
Ширина діапазонів:	
— зелений	0.51—0.59 мкм
— червоний	0.61—0.68 мкм
— близький ІЧ	0.80—0.89 мкм
— панхроматичний, інтегрований у багатозональний сканувальний пристрій	0.51—0.89 мкм
Розрізненність в надирі (проекція піксела)	7.8 м
Розрізненність при відхиленні від надиру 35°	13 м
Ширина полоси огляду в надирі	46.6 км
Ширина охоплення	±500 км
Режими зйомки	режим панхроматичної трасової зйомки, режим багатоспектральної трасової зйомки, режим стереоскопічної панхроматичної трасової зйомки в полосі довжиною 140 км
АПАРАТУРА КОРИСНОГО НАВАНТАЖЕННЯ:	
Підсистема передачі даних	
Частотна смуга для радіолінії «Космос — Земля»	8025—8400 МГц
Тип модуляції	QPSK
Тип кодування	FEC
Емність запам'ятовувального пристрою	2 Гбайт
Швидкість передачі	32 Мбіт/с
Електронна пошта (інтегрована)	
Частотна смуга радіолінії «Земля — Космос» для абонентського терміналу	144—146 МГц
Частотна смуга радіолінії «Космос — Земля» для абонентського терміналу	435—438 МГц
Частотна смуга радіолінії «Земля — Космос» для вузлової станції	2025—2110 МГц
Частотна смуга радіолінії «Космос — Земля» для вузлової станції	2200—2290 МГц
Потужність бортового передавача	10 Вт
Швидкість передачі повідомлень	9600 біт/с
Об'єм пам'яті	8 Мбайт

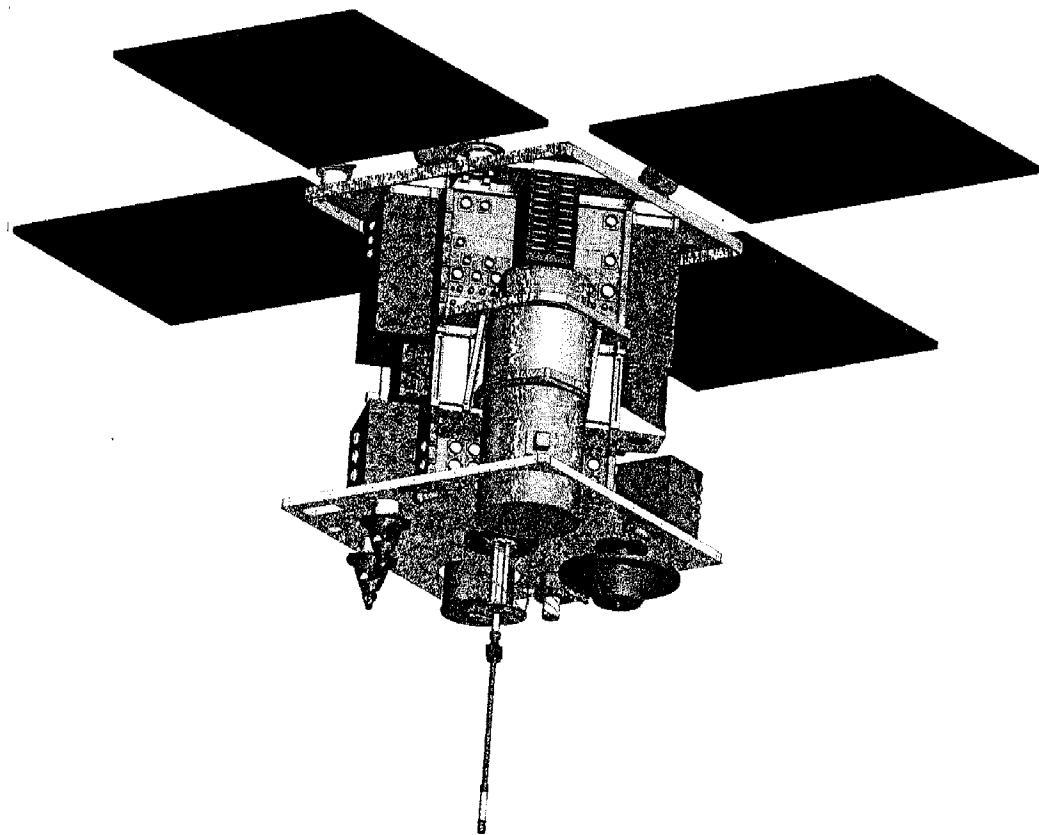


Рис. 1. Загальний вигляд супутника «Січ-2»

програм використання даних КА виконано наступні роботи:

- проведено імітаційне моделювання вирішення типових тематичних задач «Науково-прикладної програми використання даних КА «Січ-1М»;
- актуалізовано завіркові дані на тестових ділянках і полігонах;
- проведено субсинхронні авіаційні зйомки з АКДЗ-30 та наземні полігонні дослідження;
- виконано експериментальні дослідження з використанням океанічної платформи на полігоні Кацивелі;
- визначено актуальні для України задачі спутникового кризового моніторингу повеней, лісових пожеж та екологічного стану Чорного моря; обґрунтовано можливості їхнього вирішення за даними ДЗЗ.

3. Виконано «Науково-прикладну програму використання даних КА «Січ-1М» (в частині задач, вирішення яких дозволили функціональні можливості КА) та дослідження з використанням даних зйомок з КА «Метеор-3М».

4. Розроблено та відпрацьовано з використанням даних КА методи вирішення наступних тематичних задач ДЗЗ:

- визначення складу та стану лісів;
- дослідження снігового покриву;
- визначення вологості та вологозапасів ґрунтів.

5. Спільно з одним із провідних підрозділів ESA — Нансенівським центром дистанційного зондування навколошнього середовища (NERSC, Nansen Environmental Remote Sensing Centre, Norway, Bergen) у серпні — вересні 2005 р. проведено космічний експеримент з використанням океанографічної платформи (полігон Кацивелі), автономної буйкової станції та космічної зйомки з КА ENVISAT.

Експеримент проводився з метою відпрацювання організаційних питань при проведенні спільно з ESA оперативних спутниковых спостережень та отримання натурних даних на океанографічній платформі синхронно із зйомками КА ENVISAT для їхнього подальшого аналізу в цілях розвитку алгоритмів оброблення радіолокаційних даних.

Таблиця 3. Рівні оброблення даних ДЗЗ

Етап оброблення	Рівень оброблення	Зміст операцій оброблення
Бортове оброблення	S (супутникove)	Аналого-цифрове перетворення, стиснення, упаковування інформаційних та необхідних службових даних для передавання через радіоканал
Передавання	R (сирі дані)	Реєстрування інформації у вигляді, в якому вона приймається наземним інформаційним комплексом
Попереднє оброблення	рівень 0	Розпаковування у відповідності до каналів і приладів; формування вихідного космознімка з первинних даних та доповнення його необхідними метаданими
	рівень 1	Здійснення необхідних процедур геометричного та радіометричного коригування і просторового прив'язування за орбітальними даними
Геореференціювання	рівень 2	Перетворення зображення у задану картографічну систему координат з використанням наземних опорних точок
Тематичне оброблення	рівень 3	Оброблення космознімка, змістом якого є отримання значень дешифрувальних ознак або визначення фізичних параметрів об'єктів зондування
	рівень 4	Оброблення космознімка, змістом якого є дешифрування космознімка та складання легенди

6. Виконано роботи щодо розширення міжнародного співробітництва з ДЗЗ:

- забезпеченено участь НКАУ в CEOS;
- забезпеченено участь НКАУ в GEO;
- визначено напрями та етапи розширення міжнародного співробітництва в GMES; розроблено програму «GMES-Україна» та робочі матеріали до семінару ЄК/ЄКА/НКАУ;
- разом з НКАУ та Президією НАНУ розроблено:
- проект концепції та зміст Державної цільової програми раціонального природокористування із залученням сучасних космічних та інформаційних технологій дослідження Землі (Національний блок міжнародного проекту «Система систем глобального дослідження Землі — GEOSS»);
- проект «Моніторинг навколошнього середовища та безпеки» (GEOSS-GMES-Україна);
- проведено підготовку до співпраці Європейського Союзу і країн Причорноморського регіону в Сьомій рамковій програмі;
- проведено підготовку до інтеграції Чорноморської системи спостережень в пан-європейську систему оперативного спостереження і прогнозу стану околичних та шельфових морів;
- розроблено пропозиції щодо спільніх досліджень в напрямку «Перспективи співробітництва Україна-НАТО у сфері космічного моніторингу і захисту довкілля».

ПЕРСПЕКТИВА ПРОДОВЖЕННЯ РОБІТ

Перспектива продовження робіт витікає з:

- необхідності постійного виконання науково-прикладних програм використання даних вітчизняних та закордонних КА для вирішення в інтересах України актуальних тематичних задач

ДЗЗ;

— необхідності створення на основі космічної інформації ДЗЗ комплексу інформаційних технологій та засобів підтримки прийняття рішень раціонального використання природних і соціально-економічних ресурсів України з урахуванням техногенного навантаження на природне середовище;

— необхідності постійної співпраці фахівців України з закордонними колегами для виконання міжнародних забов'язань нашої держави щодо виконання програм GEO та GEOSS і міжнародних проектів, особливо в галузі вивчення та моніторингу трансрегіональних природних і техногенних процесів.

Запуск і експлуатація КА «Січ-2», оснащеного комплексом приладів оптичного діапазону високої просторової розрізnenності дозволить створити систему безперервного забезпечення даними ДЗЗ суб'єктів виробничо-господарської, наукової та управлінської діяльності державного, регіонального і місцевого рівнів, зв'язаних із захистом і контролем навколошнього природного середовища, раціональним використанням природних ресурсів, захистом населення від несприятливих змін погодних умов і клімату.

ON THE SCIENTIFIC-APPLIED PROGRAM FOR THE USE OF «SICH-2» SATELLITE DATA

V. I. Lalko, V. S. Oholenko

The general elements and structural features of the developed scientific-applied program for the use of Sich-2 satellite data are considered. The program is a constituent part of the goal-oriented Project «Zonduvannya» for 2003—2007 which was performed by the Scientific Center for Aerospace Research of the Earth (CASRE) within the framework of the State Contract with the National Space Agency of Ukraine.