

## ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ

*Проаналізовано розвиток дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) в Україні. Розглянуто перспективну систему космічного геоінформаційного забезпечення GEO-UA. Сформульовано основні тенденції розвитку ДЗЗ в Україні та світі.*

*The development of remote sensing of Earth (RSE) in Ukraine was analyzed. The perspective system of the cosmic geoinformative providing GEO-UA was considered. The basic tendencies of development of RSE in Ukraine and world were formulated.*

### 1. ВСТУП

Україна володіє розвиненим науковим та виробничим потенціалом у галузі створення та використання систем дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) [1-6]. Суверенною Україною було запущено природо-ресурсні бортові комплекси (БК) СІЧ-1, ОКЕАН-О, СІЧ-1М, створено бортову апаратуру для знімання поверхні Землі та вимірювання параметрів іоносфери, наземну інфраструктуру керування польотом космічних апаратів, приймання та оброблення супутникової інформації, розроблено методи та програмні засоби комп'ютерного оброблення космознімків. В Україні активно працюють визнані у світі наукові школи супутникової океанології, аерокосмічної радіолокації, моделювання природних процесів.

Головним розробником БК ДЗЗ є Державне конструкторське бюро “Південне”, а виготовлювачем – Виробниче об'єднання “Південний машинобудівний завод”.

Системи ДЗЗ знаходять усе ширше застосування в усіх галузях людської діяльності, тому виникає необхідність їх удосконалення та створення нових систем для забезпечення кращих характеристик. Саме тому даний напрямок досліджень залишається актуальним. При створенні нових систем ДЗЗ необхідно враховувати основні тенденції розвитку таких систем в Україні та світі.

Метою даної роботи є аналіз перспективних проектів ДЗЗ в Україні й виявлення та формалізація на основі такого аналізу основних тенденцій розвитку ДЗЗ в Україні та світі.

---

<sup>1</sup> Національний університет «Львівська політехніка»

## 2. РОЗВИТОК ДЗЗ В УКРАЇНІ

Перший крок у розвитку ДЗЗ в Україні здійснено запуском у 1995 році на навколосезну орбіту БК СІЧ-1 зі знімальною апаратурою в оптичному та радіодіапазонах. Дані космічного знімання використовувались для розв'язання задач в інтересах охорони довкілля та сільськогосподарства, контролю динаміки процесів в атмосфері та на океанічній поверхні, проведення льодової розвідки та моніторингу повеней.

У грудні 2004 року було запущено на орбіту БК СІЧ-1М і перший український мікро БК (МБК) МС-1-ТК.

БК СІЧ-1М створювався на конструктивній платформі БК СІЧ-1 з удосконаленим комплексом знімальної та зондуючої апаратури. Його відмінними рисами стали покращенні характеристики бортових сканерів і радіолокатора бічного огляду (РБО), оснащення оптико-мікрохвильовим сканером із можливістю одночасних вимірювань у видимому, інфрачервоному та НВЧ діапазонах довжин хвиль.

Мета іншого проекту МС-1-ТК полягала у відпрацюванні технології створення МБК, перевірці нових технічних рішень. При розробці МБК було реалізовано низку нових науково-технічних результатів, серед яких – створення МБК у негерметичному виконанні, використання на борту астронавігаційної системи, мініатюризація та інтеграція бортового обладнання, введення бортового обчислювального комплексу для керування підсистемами МБК, покращення характеристик його енергозабезпечення. Уперше гарантований ресурс вітчизняних БК був збільшений до 3-х років.

Виведення БК СІЧ-1М і МБК МС-1-ТК на нештатну орбіту скоротило період їх активного функціонування. За даними бортової наукової апаратури було виконано низку завдань науково прикладної програми ДЗЗ і проекту “Варіант”; досвід і дані проведених льотно-конструкторських випробувань БК застосовуються при розробленні перспективних БК відповідно до завдань четвертої Національної космічної програми України на 2008-2012 роки.

На сучасному технологічному та інформаційному рівні створено БК СІЧ-2, який готується до запуску в грудні 2010 року. Його базою є мікроплатформа МС-2, він оснащений багатозональними оптико-електронними пристроями в 5-ти спектральних діапазонах. БК призначений для одержання цифрових зображень поверхні Землі в панхроматичному й багатоспектральному діапазонах із просторовою розрізненістю не гірше 8 м, а також у середньому інфрачервоному – до 40 м.

Космознімання з такою розрізненістю необхідне для розвідки корисних копалин, контролю стану агропромислових ресурсів, землекористування, оцінки забруднень навколишнього середовища. БК ство-

рено в негерметичному виконанні із широким використанням полімерних і композиційних матеріалів, бортову апаратуру розроблено на базі мікротехнологій, управління підсистемами БК здійснюватиметься засобами бортового обчислювального комплексу. БК користується попитом на ринку космічних послуг. Близький за складом і конструкцією є БК EGYPTSAT-1, який виготовлено та виведено на орбіту спеціалістами України в 2007 р. на замовлення Єгипту і який успішно експлуатується спеціалістами Єгипту.

Нова космічна система СІЧ-2М створюватиметься на базі платформи МС-2 з установленням оптико-електронного сканера (СІЧ-2М-О) або радіолокаційної зондуючої апаратури (СІЧ-2М-Р).

Технічні характеристики БК СІЧ-2, СІЧ-2М-О й СІЧ-2М-Р наведені в табл. 1.

Таблиця 1

#### Технічні характеристики БК СІЧ

| Характеристика                             | СІЧ-2 | СІЧ-2М-О | СІЧ-2М-Р |
|--|-------|----------|----------|
| Маса БК, кг                                | ~160  | ~260     | ~500     |
| Орбіта:                                    |       |          |          |
| тип  | КСС*  | КСС*     | КСС*     |
| висота, км                                 | 668   | 490      | 650      |
| нахилення, °                               | 98    | 97,4     | 98       |
| Термін активного існування, не менше років | 5     | 5        | 5        |

\*КСС – кругова сонячно-синхронна

Інформаційні характеристики бортової апаратури БК СІЧ-2 наведені в табл. 2.

Таблиця 2

#### Інформаційні характеристики бортової апаратури БК СІЧ-2

| Багатозональний скануючий пристрій         |  |
|--|--|
| Робочі діапазони довжин хвиль, мкм         | 0,50...0,59 (зелений);<br>0,61...0,68 (червоний);<br>0,79...0,89 (ближній ІЧ);<br>0,50...0,89 (панхроматичний) |
| Просторова розрізненність, м               | 7,8  |
| Ширина смуги захоплення, км                | 46,5   |
| Сканер середнього інфрачервоного діапазону |  |
| Робочий діапазон довжин хвиль, мкм         | 1,51...1,70  |
| Просторова розрізненність, м               | 40   |
| Ширина смуги захоплення, км                | 46,5   |

Інформаційні характеристики бортової апаратури БК оптико-електронного спостереження Землі СІЧ-2М-О наведені в табл. 3.

Подальше нарощування можливостей національного супутникового угруповання планується шляхом розроблення й запуску БК оптико-електронного спостереження СІЧ-3-О з високою просторовою розрізненістю – панхроматична знімальна система ~ 0,6 м, багатозональна система ~2,4 м, а також БК радіолокаційного спостереження СІЧ-3-Р, оснащеного радіолокатором із синтезованою апертурою антени із просторовою розрізненістю ~ 2x2 м<sup>2</sup> у режимі смугового й кадрового знімання та 20x20 м<sup>2</sup> у режимі оглядового знімання.

Таблиця 3

Інформаційні характеристики бортової апаратури БК оптико-електронного спостереження Землі СІЧ-2М-О

| Багатозональний скануючий пристрій |   |
|------------------------------------|---|
| Робочі діапазони довжин хвиль, мкм | 0,51...0,59 (зелений)<br>0,61...0,68 (червоний)<br>0,80...0,89 (ближній ІЧ) |
| Просторова розрізненність, м       | 5,7   |
| Ширина смуги захоплення, км        | 34,1  |
| Панхроматична система              |   |
| Робочий діапазон довжин хвиль, мкм | 0,52...0,85   |
| Просторова розрізненність, м       | 2,02  |
| Ширина смуги захоплення, км        | 22,5  |

Інформаційні характеристики бортової апаратури супутника радіолокаційного спостереження Землі СІЧ-2М-Р наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Інформаційні характеристики бортової апаратури супутника радіолокаційного спостереження Землі СІЧ-2М-Р

| Радіолокатор бічного огляду  |                      |
|--|----------------------|
| Середня просторова розрізненність на місцевості:<br>у режимі бічного огляду з реальною апертурою антени, м <sup>2</sup><br>у режимі із синтезуванням апертури антени, м <sup>2</sup> | 1300x2000<br>200x200 |
| Ширина смуги огляду:<br>у режимі бічного огляду з реальною апертурою антени, км<br>у режимі із синтезуванням апертури антени, км   | 2x750<br>2x350       |
| Бортовий інфрачервоний радіометр   |                      |
| Спектральні діапазони, мкм   | 8...10, 10...12      |
| Просторова розрізненність, м   | ~ 200                |

ІОНОСАТ – ще один перспективний український проект, метою якого є моніторинг і вивчення динаміки іоносфери в інтересах фундаментальної науки та діагностики поточного стану “космічної погоди”. Особливе значення має встановлення зв’язків іоносферних збурень із природними та штучними джерелами енергії на Землі, що використовуватиметься для пошуку провідників землетрусів та інших небезпечних і катастрофічних явищ.

Проект планується реалізувати шляхом створення космічного угруповання на базі трьох низькоорбітальних МБК, які виводитимуться на орбіту одним ракетоносієм, що забезпечить багатопозиційність космічних вимірювань різномасштабних іоносферних неоднорідностей. Це дозволить здійснювати систематичне вивчення динамічного відгуку іоносфери на впливи згори (сонячну та геомагнітну активність) і знизу (метеорологічні, сейсмічні та техногенні процеси).

БК обладнуються науковою апаратурою для комплексних досліджень характеристик електромагнітних полів і параметрів нейтральної атмосфери та іоносферної плазми.

Технічні характеристики БК ІОНОСАТ наведені в табл. 5.

*Таблиця 5*

Технічні характеристики БК ІОНОСАТ

|  |      |
|--|------|
| Маса БК, кг                                | ~170 |
| Орбіта полярна<br>висотою, км              | 450  |
| нахилення, °                               | 97   |
| Термін активного існування, не менше років | 2    |

Різноманітність наукових і прикладних задач ДЗЗ формує широкий діапазон вимог до характеристик супутникових даних і, відповідно, до функціональних та інформаційних можливостей бортової апаратури. Завданнями Національної космічної програми на 2008-2012 роки заплановано створення бортових оптико-електронних і радіочастотних систем для оснащення запланованих перспективних БК національного космічного угруповання.

Провідною організацією України в сфері оптико-електронного приладобудування є казенне підприємство “Центральне конструкторське бюро “Арсенал”. Для оснащення БК СІЧ-2 на підприємстві розроблені, виготовлені та випробувані інженерні моделі високочотних оптико-механічних блоків багатоспектрального скануючого пристрою та сканера середнього інфрачервоного (ІЧ) діапазону. Льотні зразки цих блоків виготовлено та успішно експлуатуються в складі сканерів ДЗЗ природоресурсного БК EGYPTSAT-1. Параметри оптико-механічних

блоків багатоспектрального сканера та сканера середнього ІЧ-діапазону наведено в табл. 6.

Таблиця 6

Параметри оптико-механічних блоків багатоспектрального сканера та сканера середнього ІЧ-діапазону

| Характеристика              | Багатоспектральний сканер                             | Сканер ІЧ-діапазону         |
|-----------------------------|---|-----------------------------|
| Маса, кг                    | 16,5  | 7,5                         |
| Габарити, мм                | діаметр 216,<br>довжина 520                           | діаметр 150,<br>довжина 450 |
| Висота польоту БК, км       | 670   | 670                         |
| Просторова розрізненість, м | 7,8   | 40                          |
| Ширина смуги захоплення, км | 46,5  | 46,5                        |
| Спектральні діапазони, мкм  | 0,50...0,59; 0,61...0,68;<br>0,79...0,89; 0,50...0,89 | -                           |

На даний час у ЦКБ “Арсенал” розроблено новий оптико-механічний блок сканера з високою просторовою розрізненістю. Передбачено 4 канали – панхроматичний і 3 спектральних. З висоти орбіти 670 км панхроматичний канал має розрізненість не гірше 2,5 м і ширину смуги захоплення не менше 30 км у спектральному діапазоні 0,50...0,89 мкм. Спектральні канали мають розрізненість не гірше 8 м і ширину смуги захоплення не менше 29 км у діапазонах 0,50...0,59 мкм, 0,61...0,68 мкм та 0,79...0,89 мкм.

### 3. GEO-UA – УКРАЇНСЬКИЙ ПРОЕКТ СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ ВИКОРИСТАННЯ АЕРОКОСМІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В ІНТЕРЕСАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ Й БЕЗПЕКИ

Створення системи космічного геоінформаційного забезпечення GEO-UA обумовлено об’єктивними потребами органів влади та управління України, організацій і громадян в актуальних геопросторових даних. Національна космічна програма на 2008-2012 роки включає комплекс завдань із розвитку національної системи ДЗЗ: передбачено створення орбітального космічного угруповання СІЧ, розроблення бортової знімальної та зондувальної апаратури нового покоління.

Роботи спрямовані на підвищення ефективності застосування космічних даних, їх впровадження в практику господарської, наукової, управлінської діяльності державного, регіонального й місцевого рівнів для моніторингу й захисту довкілля, контролю загроз природного та техногенного походження, раціонального природокористування. Функціонування GEO-UA буде сприяти комерціалізації космічних техно-

логій, розвитку власного ринку та виходу на зовнішні ринки просторової інформації.

Мета системи GEO-UA – створення та розвиток міжгалузевої інформаційної системи підтримки прийняття рішень в інтересах сталого розвитку та безпеки на основі пріоритетного використання даних аерокосмічного моніторингу. GEO-UA є розподіленою інформаційною системою, що функціонує на базі існуючих галузевих центрів шляхом організації взаємодії у вирішенні конкретних завдань. Реалізація цього принципу дасть можливість забезпечити ефективну міжнародну співпрацю на рівні організацій, а також створити умови інтеграції української системи моніторингу до структур GMES і GEOSS.

Основні завдання, поставлені перед GEO-UA, полягають у наступному:

- забезпечення інтеграції даних аерокосмічних спостережень, результатів наземних вимірювань, а також моделювання природних процесів на основі єдиного проблемно-орієнтованого підходу;
- розроблення й впровадження методів та підходів міжвідомчої координації й кооперації, а також стандартизації методик оброблення даних та форматів інформаційного обміну;
- забезпечення ефективної взаємодії GEO-UA із системами GMES і GEOSS для розширення інформаційних ресурсів, збільшення кола вирішуваних завдань із моніторингу довкілля та збільшення внеску вітчизняної науки у вирішення глобальних проблем.

Створення інформаційної системи передбачає виконання комплексу організаційних, технічних заходів і наукових досліджень, основною ланкою яких є інтеграція зусиль і ресурсів різної природи, а також взаємодія організацій різного підпорядкування. Першим кроком на шляху створення GEO-UA стало розроблення Концепції державної цільової програми “Аерокосмічні спостереження в інтересах сталого розвитку й безпеки (Українська частина європейської ініціативи GMES та світової програми GEOSS)”. Концепція визначила основні принципи й напрями робіт зі створення GEO-UA, сформувала її перспективне бачення, яке базується на передових телекомунікаційних і геоінформаційних системах, системах ДЗЗ і Web- технологіях.

Основною функцією GEO-UA є забезпечення аерокосмічними даними та продуктами їх оброблення геоінформаційних систем користувачів. Взаємодія з ними реалізується шляхом організації спільних мережевих служб за тематичними напрямками.

Організаційною основою GEO-UA є консорціуми установ, залучених до вирішення конкретних тематичних задач. Джерелом супутникової інформації є перспективні вітчизняні, а також зарубіжні космічні

апарати, що надають на регулярній основі дані ДЗЗ із потрібними просторовими, спектральними та часовими характеристиками.

Технологічно інформаційна система забезпечує єдину ланку отримання, оброблення, архівування даних, надання тематичних послуг і розповсюдження готових продуктів в автоматизованому й інтерактивному режимах.

#### 4. ОСНОВНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ДЗЗ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ

Збільшення кількості держав, які прагнуть мати незалежні від інших країн системи космічного спостереження.

Розвинені космічні держави прагнуть створювати угруповання орбітальних БК, що дозволять вирішувати задачі ДЗЗ для будь-якої точки земної поверхні оперативного та цілодобово.

Стратегія нової Національної космічної програми України полягає в розгортанні на орбіті постійно діючого угруповання БК типу СІЧ.

На сучасних БК, як правило, розміщують апаратуру з різною просторовою розрізненністю, що працює в різних спектральних діапазонах для видимого та радіолокаційного способу спостереження.

Має місце зростання об'ємів та масштабів застосування матеріалів радарного знімання.

Спостерігається тенденція зменшення габаритів як самих БК, так і апаратури корисного навантаження на них.

Підвищується швидкість передавання даних по каналу БК-НК (наземний інформаційний комплекс) до 800 Мбіт/с.

Активізуються роботи зі створення БК ДЗЗ із високою просторовою розрізненністю в надирі (менше 50 см).

#### 5. ВИСНОВКИ

У роботі проаналізовано технічні характеристики та можливості перспективних українських космічних систем типу СІЧ та ІОНОСАТ. Розглянуто Український проєкт створення системи використання аерокосмічної інформації в інтересах сталого розвитку й безпеки – GEO-UA. На основі проведеного аналізу виявлено та сформульовано основні тенденції розвитку ДЗЗ в Україні та світі.

*1. Манойлов В.П., Омельчук В.В., Опанюк В.П. Дистанційне зондування Землі із космосу: Науково-технічні основи формування й обробки видової інформації. – Житомир: ЖДТУ, 2008. – 384 с. 2. [www.nkau.gov.ua](http://www.nkau.gov.ua). 3. [www.dzz.gov.ua](http://www.dzz.gov.ua). 4. [www.pryroda.gov.ua](http://www.pryroda.gov.ua). 5. [www.dnipro-kosmos.dp.ua](http://www.dnipro-kosmos.dp.ua). 6. [www.scanex.ru](http://www.scanex.ru).*