

Стан, перспективи та проблеми ринку послуг дистанційного зондування Землі з космосу

В. І. Волошин¹, В. Й. Драновський², Є. І. Бушуєв¹

¹Державне підприємство «Дніпрокосмос», Дніпропетровськ

²Державне конструкторське бюро «Південне», Дніпропетровськ

СТАН І ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СВІТОВОГО РИНКУ ПОСЛУГ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) забезпечує унікальні можливості оперативного збору даних у глобальному масштабі з високим просторовим, спектральним і часовим розрізненням, що і визначає великі інформаційні можливості космічних систем, можливість їхнього військового застосування і потенційну економічну ефективність. Дистанційне зондування Землі на комерційній основі перетворюється (за пріоритетом і обсягом) в другу після супутникових засобів зв'язку область діяльності в космосі.

Основні сегменти ринку космічних послуг: одержання, обробка та надання даних природо-ресурсного й екологічного моніторингу Землі, включаючи метеодані, постачання космічних апаратів (КА), платформ, наземного устаткування.

Космічні метеосистеми чи окремі КА експлуатуються у США (NOAA, GOES, DMSP), Росії («Метеор», «Електро»), Китаї (FY-1, FY-2), Японії (GMS), Індії («Insat») і європейській організації EUMETSAT («Meteosat»). Обмін метеоданими здійснюється в рамках угод про міжнародні метеоцентри і банки даних Всесвітньої служби погоди. Усі метеосистеми є системами подвійного призначення. Намічається тенденція створення регіональних метеосистем і малих спеціалізованих КА для спостереження за окремими метеоявищами на додаток до сформованих систем.

Ринок природо-ресурсного й екологічного моніторингу надає послуги з одержання, обробки та поширення інформації дистанційного зондування Землі із забезпеченням необхідних масштабів огляду, спектральних діапазонів спостереження, періодичності та регулярності зйомки, оперативності доставки інформації, просторового й спектрального розрізнення.

Найпопулярнішими діючими космічними системами природо-ресурсного та екологічного моні-

рингу є: «Spot» (Франція), «Landsat», EOS (США), IRS (Індія), ERS (Європейське космічне агентство), «Radarsat» (Канада), «Ресурс-О», «Ресурс-Ф» (Росія), «Океан-О1», «Океан-О» (Україна—Росія).

Зазначені системи забезпечують просторове розрізнення на рівні 5—50 м і орієнтовані в основному на потреби науковців, урядових і державних структур, тобто в інтересах усього суспільства, а тому практично цілком (на 90—100 %) дотуються урядами. Показовим у цьому плані є загальноприйнятий поріг розрізнення в 10 м для систем такого класу, як найбільш високе розрізнення, необхідне для міжнародних програм по контролю «здоров'я Землі». Космічні системи вищого розрізнення (1—5 м), що з'явилися в 1999—2000 рр., і ті, що заплановані на найближчі роки, орієнтовані на локальні зйомки і є головним чином чисто комерційними.

При цьому кожне підприємство приватного сектору проводить свою ринкову політику і вибирає просторові, спектральні й часові характеристики зйомки такими, щоб створити комерційно життєздатні супутникові системи. У результаті для комерційних систем просторове розрізнення обране 0.8—1.0 м у панхроматичному каналі та від 3.3 до 4.0 м у багатоспектральних каналах, як найбільш ймовірна комбінація, у даний час необхідна для задоволення ринку.

Однак деякі урядові системи з високим розрізненням, типу «Cartosat» (Індія) і «Helios» (Франція) потенційно можуть стати комерційно конкурентоздатними.

Щорічна вартість продукції дистанційного зондування Землі, що надійде на ринок у найближчі 5—10 років, оцінюється від 3.5 до 12 млрд дол. США. Щорічний ріст обсягу продажу продукції дистанційного зондування оцінюється на рівні 15—20 %. Маркетингова стратегія більшості західних програм зі створення комерційних систем ДЗЗ ґрунтується на експансії в область високого просторового розрізнення на рівні 0.5—1 м. «Spot Image»

Таблиця 1. Основні характеристики КА спостереження Землі високого розрізнення

Країна-власник	Найменування	Дата запуску	Маса, кг	Розрізнення/Смуга огляду
Австралія	ARIES 1	2001	450	PAN 10 м/15 км MS 30 м/15 км
Алжир	DMC (Alsat)	2003	100	PAN 2.5 м MS 5 м
Аргентина, Бразилія	SABIA-3	2003	300	MS 6-8 м/400 км
Великобританія	DMC («Topsat») (5 КА)	2003	400	PAN 2.5 м MS 5 м
Німеччина	«Rapid Eye» (4 КА)	2002	380	MS 6.5 м
Ізраїль, Німеччина	«David»	2000	180	MS 5 м/30 км
Ізраїль, США	EROS A (2 КА)	2000, 2001	280	PAN 1.8 м/12.5 км
	EROS B (6 КА)	2001—2004	350	PAN 0.8 м, MS 3.28 м/16.4 км
Індія	IRS-2A	2000	1500	PAN 5 і 10 м/70 км
	IRS-2B	2004	1150	PAN 2.5 м
	IRS-3	2005	1150	PAN 1 м
	«Cartosat-2»	2003	1350	PAN 2.5 м/30 км, MS 10 м/40 км
	«Cartosat-2A»	2003		PAN 1 м/30 км, MS 10 м/40 км
	«Cartosat-2B»	2008		
	«Cartosat-2C»	2010		
	«Resurcesat-1»	2000	1350	MS 10 м/40 км
	«Resurcesat-2»	2003		
Італія	«Sky-Med Cosmo» (7 КА)	2001—2007	600	PAN 1 і 2.5 м/15 км, MS 5 м/15 км, SAR 1 м/23—43 км
Канада	«Radarsat-2»	2003	1815	SAR 3-100 м/10—500 км
Китай, Бразилія	CBERS-2	2001	1450	PAN 20 м/120 км, MS 20 м і 160 м/120 км
Китай, Бразилія	CBERS-3	2003		PAN 3 м
Китай	CEMD SAR 1, CEMD SAR 2	2003	3000	SAR 4-25 м/25—125 км
Пакистан	«Badr-B»	2000	70	MS 10-20 м/205 км
Росія	«Ресурс-ДК»	«Монитор» (система малих КА)	2001, 2001—2006	6300
США	GDE	2001	400	PAN 1 м/15 км
	«Ikonos»	2000	817	PAN 1 м/11 км, MS 4 м/11 км
	«Resource 21» (4)	2001	400	10, 20, 100 м/205 км
	NEMO	2000	805	PAN 5 м/30 км, HS 10 м
	«OrbView-3»	2001	300	PAN 1 і 2 м/4 і 8 км, MS 4 м/8 км
	«OrbView-4»	2001	360	PAN 1 і 2 м/4 і 8 км, MS 4 м/8 км, HS 8 м
	«Quick Bird-2»	2001	400	PAN 0.8 м/21 км, MS 4.5 м/21 км
	EO (5 КА)	2000—2003	300	PAN 10 м, MS 30 м
	«Radar-1»	2001	500	SAR 1 м
	GEROS (4)	2001—2002	50	PAN, MS 10 м
Тайвань	«Rocsat-2»	2002	500	PAN 2 м
Франція	«Spot-3S-1»	2003	500	PAN 2-2.5 м/40 км
	«Spot-3S-2»	2005		
	«Spot-5»	2001	2600	PAN 2.5 м і 5 м/117 км, MS 10 м/117 км
	«Pheades»	2006	800	PAN 1 м, SAR 1-3 м
	XSTAR (2)	2001—2002	—	HS 20 м/320 км
Японія	«Ricesat»	2005	400	10—20 м
	ALOS-1	2002	3850	PAN 2.5 м/35 км
	ALOS-2	2005		SAR 10 і 100 м/70 і 360 км

Умовні позначення: PAN — панхроматичне (чорно-біле); MS — багатоспекральне (3—10 каналів); HS — гіперспектральне (більш 10 каналів); SAR — радіолокаційне.

потреби ринку зображень до 2006 р. оцінює в такий спосіб: 65 % — з розрізненням менше 1 м; 25 % — 1 м; 7 % — 2-3 м; 3 % — гірше 5 м.

Очікується, що супутники з високим розрізненням займуть ринок авіазйомок. Перші комерційні супутники з розрізненням від 0.8 до 1.0 м перекривають приблизно 50 % ринку зображень з літака. Цифрове супутникове зображення має перевагу у порівнянні з аерофотоплівкою через висо-

ку здатність до повторної зйомки і 11-бітовий формат подання даних, що особливо важливо при низьких рівнях освітленості. Зображення з дуже високим розрізненням (< 0.3 м), очевидно, залишаться за аерофотозйомками, що використовують нові цифрові камери розробки Німеччини, Японії і США. У космічній й авіаційній цифровій індустрії є сильний потенціал для спільної діяльності із забезпечення користувачів даними ДЗЗ.

Споживачами послуг ринку моніторингу Землі й океану є державні відомства, організації науково-дослідного характеру, організації екологічного контролю; національні військові й розвідувальні служби; агропромислові, геологорозвідувальні, будівельні, транспортні, страхові, туристичні фірми; урядові і військові структури тих держав, що не можуть розраховувати на допомогу провідних космічних держав в області космічної розвідки; громадські організації, засоби масової інформації.

Постачальники ринку послуг природо-ресурсного й екологічного моніторингу в залежності від форми власності на орбітальні та наземні засоби одержання космічної інформації:

— державні структури — власники й оператори космічних систем, переважно дослідницьких, створених на бюджетні засоби;

— приватні фірми, яким передані права на комерційну експлуатацію державних космічних систем;

— приватні фірми — власники й оператори космічних систем, створених на позабюджетні засоби;

— приватні фірми — співвласники й оператори космічних систем, переважно подвійного призначення, створених на основі часткового бюджетного і приватного фінансування.

Провідні фірми — постачальники комерційної космічної інформації дистанційного зондування Землі: «Spot Image» (Франція), «Radarsat International» (Канада), «MacDonald Dettwiller & Associates» (Канада), «Earth Watch Inc.» (США), «Orbital Imaging Corp. (Orbimage)» (США), «Space Imaging Eosat» (США), «ImageSat Int» (колишня «West Indian Space Ltd», Ізраїль, США), «Совинформспутник» (Росія).

В даний час попит на інформацію дистанційного зондування росте в основному за рахунок розвідувальних і військових відомств, а також органів державного управління.

У майбутньому фірми-постачальники космічної інформації орієнтуються на непрофесійних масових споживачів, що не є технічними фахівцями. Збільшення попиту на інформацію ДЗЗ із боку таких споживачів обумовлене насамперед появою високопродуктивної персональної обчислювальної техніки і відповідних програмних засобів, а також удосконаленням і розширенням сфери застосування геоінформаційних систем, основним джерелом даних для яких є матеріали космічної зйомки. Найперспективніші ті сегменти ринку космічних послуг, що є найближчими до кінцевого, масового споживача, адже саме тут реалізується головна перевага космічних технологій — глобальність і можливість багатодисциплінарного застосування даних.

Раніше створені системи ДЗЗ, орієнтовані на

централізоване обслуговування великих, переважно державних замовників інформації, не відповідають повною мірою змінам споживчого ринку. У зв'язку з цим зростаючі надії покладаються на перспективні комерційні системи ДЗЗ на базі недорогих малих космічних апаратів «Ikonos», «OrbView», «Quick Bird», EROS і ін.

Розробки КА спостереження Землі для одержання видових і радіолокаційних зображень із розрізненням порядку 1—5 м ведуться у Німеччині, Індії, Італії, Ізраїлі, Канаді, Росії, США, Франції, Півд. Кореї, Японії й інших країнах.

У табл. 1 приведені основні характеристики КА спостереження Землі високого розрізнення, планованих до запуску після 2000 р.

За прогнозом американської компанії «Mitrotek Systems» до 2003 р. на навколосемній орбіті буде знаходитися в експлуатації 24 супутника дистанційного зондування Землі, з них 14 супутників із установленою на них оптичною апаратурою зйомки поверхні Землі з розрізненням 1 м [1, 2], що відповідає даним таблиці, складеної авторами.

Експерти прогнозують збільшення обсягів ринку зображень супутникових систем високого розрізнення по наступних основних напрямках діяльності: військова розвідка; економічна розвідка; створення цифрових карт місцевості; керування ресурсами та планування в урбанізованих і прибережних зонах; планування телекомунікаційних і транспортних систем.

Положення на ринку зображень середнього розрізнення більш-менш стабільно. Зберігається лідируюче положення французької фірми «Spot Image» (порядку 60 % світового обсягу продажу). Однак надходження зображень з індійських КА IRS із розрізненням, подібним до КА «Spot», введення в експлуатацію американських КА «Landsat-7» і «Terра», бразильсько-китайської системи CBERS, очікувані запуски КА ADEOS-2, ALOS-1 (Японія), «Ресурс-ДК» (Росія) можуть загострити ситуацію.

Обсяги експорту космічних апаратів, платформ, апаратури ДЗЗ, наземних засобів прийому й обробки мають тенденцію до розширення, чому сприяє бажання багатьох країн мати незалежні засоби спостереження Землі подвійного призначення. Якщо провідні космічні держави спочатку розвивали космічну розвідку і тільки згодом стали розвивати ДЗЗ в інтересах науки і народного господарства, то зараз багато країн до військового використання космосу йдуть від створення систем спостереження Землі подвійного призначення. Динаміка галузі визначається попитом на малі КА видової й радіолокаційної зйомки, що, у свою чергу, залежить від успіху комерційних систем ДЗЗ. Основними виробниками платформ для КА спостереження Землі є «Aerospatiale Espace & Defense», «Alenia Spazio S. p.

А.» «Ball Aerospace and Technologies Corp.», «Dornier Satellitensysteme Gmb», «Hughes», «Lockheed Martin Astro Space», «Matra Marconi Space», «Orbital Sciences Corporation», «Surrey Satellite Technology Ltd».

Постачальники КА для одержання високоякісних зображень, як правило, володіють компаніями-операторами космічних послуг. Так, «Ball Aerospace Systems» контролює «Earth Watch Inc», «Orbital Sciences Corporation» контролює «Orbital Imaging Corp. (Orbimage)», «Lockheed Martin Missile and Space» контролює «Space Imaging Eosat», «Boeing Commercial Space Development Company» контролює «Space Remote Sensing Center» (система «Resource-21»), «Israel Aircraft Industries Ltd.» контролює «ImageSat Int». Це прагнення лідерів галузі одержувати максимальні прибутки.

Типовою стратегією проникнення на ринок є укладання контрактів на постачання інформації чи угод про обмін на ранніх стадіях розробки космічних систем.

ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ КОНКУРЕНЦІЇ

У конкурентній боротьбі розробників космічних систем до дійсного часу досягнуто істотного поліпшення інформаційних можливостей і технічних характеристик цивільних космічних систем спостереження Землі, у першу чергу за рахунок доведення просторової роздільної здатності до 1 м і менше, застосування багатозональної і гіперспектральної бортової апаратури і всепогодних радіолокаційних засобів, скорочення термінів розробки і виготовлення КА до 1—2 років, переходу до створення малих КА і формування з них багатосупутникових систем ДЗЗ.

Так, на ринку з'явилася супутникова знімальна апаратура метрового розрізнення корпорації «Kodak» [3].

Підвищення просторового розрізнення і точності географічної прив'язки дозволяє одержувати карти масштабу до 1:2500 по якості на рівні аерофотозйомки.

Важливим фактором у створенні в короткий термін дешевих КА є уніфікація бортової цільової і службової апаратури, використання універсальних платформ. Набуває розвитку тенденція практичного переходу до використання малорозмірних космічних апаратів масою 1000—100 кг і менш, що оснащуються одним цільовим приладом. Ведуться роботи по створенню наносупутників для застосування у складі угруповань КА чисельністю в десятки апаратів. Очікується, що в результаті мініатюризації через 5—10 років можливе широке використання угруповань взаємозалежних наносупут-

ників масою менше 10 кг, а через 10—20 років — масою порядку 1 кг, які зможуть установлювати зв'язок один з одним, обмінюватися інформацією, виконувати різні операції без втручання операторів.

У найближчій перспективі космічні апарати будуть оснащатися автономними системами навігації, що дозволить проводити автоматичне коригування орбіти чи пошук потрібного району і наведення на нього знімальної апаратури. Відпрацювання таких систем уже проводиться на експериментальних КА.

Дуже перспективна технологія керування зйомкою безпосередньо споживачем. Традиційна технологія передбачає централізований збір заявок від споживачів і закладку програми на зйомку, що обмежує гнучкість системи й оперативність одержання необхідної інформації. Керування зйомкою безпосередньо споживачем (так звана технологія SEE — Space Eyes & Ears) запропоновано українськими вченими й фахівцями ще п'ять років тому [4]. Ця ідея частково реалізована на німецькому супутнику «DLR-Tubsat» («Tubsat-3»), який був запущений 24.05.99 р. і призначений для льотного відпрацювання системи зйомки земної поверхні за замовленням користувачів [5].

Принципи керування зйомкою споживачем і розподіленого доступу до інформації найповніше реалізуються в ізраїльсько-американському проекті космічної системи спостереження Землі EROS [6]. Послугами цієї системи можуть скористатися клієнти, що бажають здійснювати незалежне супутникове спостереження, але не мають можливості фінансувати свою космічну програму. Клієнт зможе підтримувати автономну експлуатацію виділеного супутника в зоні радіовидимості наземної приймальної станції. Клієнту надається лінія зв'язку із супутником у S-діапазоні, апаратні засоби і програмне забезпечення, що дозволяють вести підготовку і виконання програми зйомки.

З появою супутника в зоні дії наземної станції між супутником і наземною станцією встановлюється зв'язок, і клієнт передає на КА завдання на зйомку в смузі огляду на даному витку і (чи) при наступному проході над наземною приймальною станцією. Бортова апаратура ідентифікує клієнта і санкціонує реалізацію плану зйомки і скидання інформації у режимі реального часу на наземну приймальну станцію.

Ефективність використання систем ДЗЗ у цілому вирішальним образом визначається ефективністю системи розподілу даних. Так, незважаючи на те, що США першими створили експлуатаційну систему ДЗЗ «Landsat», лідируючі позиції на світовому ринку ДЗЗ зайняла Франція, що зуміла організувати експлуатацію своєї системи «Spot» із мак-

симальною увагою до потреб користувачів. Розподільність і різnorodність користувачів даних ДЗЗ є принциповою відмінністю цих систем від систем стратегічної розвідки і навіть систем метеорологічного спостереження.

Ефективний розподіл і використання даних від космічних систем спостереження Землі передбачає рішення різноманітних задач, у тому числі:

- створення розподіленої мережі прийому, обробки і поширення інформації до запуску КА;
- створення національних регіональних центрів тематичної обробки і використання даних дистанційного зондування;
- перехід на використання універсальних приймальних станцій замість спеціалізованих;
- зменшення габаритів антенних систем, створення малих універсальних станцій прийому й обробки супутникових зображень абонентського класу;
- розробка рухливих універсальних наземних приймальних станцій;
- створення банків даних ДЗЗ із системою доступу до масивів високоякісних глобальних карт і зображень, у тому числі і через мережу Internet;
- розробка автоматизованих робочих місць (АРМ) аналітика даних ДЗЗ для оснащення користувачів;
- розробка прикладного програмного забезпечення (ПЗ) обробки зображень, орієнтованого на масовий споживчий ринок (наприклад, віртуальні польоти над тривимірною місцевістю, відеогри);
- навчання і підготовка користувачів.

Так, відповідно до рішення Конгресу США, почата реалізація прикладної програми дослідження Землі RESAC (Regional Earth Science Application Center program), що передбачає створення регіональних центрів використання даних про Землю, що надходять від супутників спостереження Землі. У число задач, розв'язуваних центрами, увійдуть проблеми, пов'язані з місцевими умовами навколишнього середовища, землекористуванням, використанням водних ресурсів, розведенням лісів і сільськогосподарським виробництвом. Центри будуть займатися також вивченням глобальних змін клімату на місцевому рівні.

Під патронажем Управління NASA по дослідженню Землі (NASA's Office of Earth Science) організовано дев'ять консорціумів, до складу яких включені університети, промислові підприємства і представники місцевих адміністрацій. Дев'ять консорціумів, що об'єднали 77 організацій, при фінансуванні на рівні 14 млн дол. США у 1999—2001 р. створять сім центрів RESAC і організують їхню роботу. Крім згаданих центрів, NASA намічає створити ще групу центрів для роботи винятково за сільськогосподарською тематикою. Вже є 160 пропозицій. На створення цих центрів передбачається затратити 2 млн дол. США бюджетних асигнувань.

Кожен центр зосередиться на рішенні місцевих проблем. Так, наприклад, університетський центр у Гранд Фокс (шт. Північна Дакота) використовує дані для вивчення сільськогосподарських проблем, боротьби з бур'янами і посухою, організації лісівництва. Інший центр RESAC, при університеті в Таксоні (шт. Арізона), буде займатися проблемами використання водних ресурсів на південному заході США. Центри RESAC будуть мати можливість звертатися за допомогою комп'ютерів у розподільні центри активного архівування, що створюються по всій країні. Частина виділених NASA засобів буде витрачена на придбання для цих центрів комп'ютерів, закупівлі програмних засобів обробки даних і оплати самих даних.

Передбачається створення центрів RESAC у штатах Арізона, Міннесота, Вісконсін, Каліфорнія, Канзас, Меріленд і в районі Великих озер [7, 8].

В останні роки в Росії були прийняті заходи щодо розширення інфраструктури прийому інформації ДЗЗ і кола її користувачів. У 1996 р. Російське космічне агентство (РКА) доручило Інженерно-технологічному центру «СканЕкс» розробку і випуск малих станцій прийому й обробки супутникових зображень, а також координацію роботи мережі цих станцій. Центром «СканЕкс» була розроблена персональна станція прийому супутникової природо-ресурсної інформації «СканЕР», що забезпечує прийом інформації від сканерів МСУ-Э і МСУ-СК у режимі безпосередньої передачі. Власник такої станції, оснащеної параболічною антеною діаметром 1.6 м, може самостійно одержувати в реальному часі відеоінформацію про райони, що знаходяться в радіусі близько 2000 км від місця перебування станції, й обробляти її на персональному комп'ютері.

Для малих станцій «СканЕР» установлюється можливість до 2006 р. безкоштовного прийому інформації приладу МСУ-СК на регулярній беззаявочній основі. Це дозволяє використовувати в оперативному режимі дані ДЗЗ для рішення різного роду моніторингових задач на регіональному рівні [9].

Опора на регіональні центри видається особливо актуальною для комерційного використання даних ДЗЗ. Створення розподіленої мережі прийому, обробки і поширення інформації вже привело в Росії до різкого зросту числа замовлень на зйомку і розширення застосування космічної відеоінформації в різних галузях народного господарства. В даний час загальне число споживачів складає кілька сотень, і спостерігається розвиток внутрішнього і міжнародного ринку інформації. Так, за даними [10] дотепер в Росії встановлено більш ніж 30 персональних приймальних станцій, а швидкість прийому на станціях такого типу доведена до 150 Мбіт/с.

Позитивні приклади побудови інфраструктур для розподілу і використання даних ДЗЗ є також у Канаді, Англії, Індії, Фінляндії.

Однак у цілому рішення цієї проблеми на національному рівні ще далеке від свого конструктивного втілення навіть для розвинутих країн.

За даними роботи [11] урядові програми витратили мільярди доларів на розвиток технологічних ноу-хау супутникових систем ДЗЗ, і у меншій мірі — на просування цифрової технології для переробки даних у кінцевий інформаційний продукт. Нові комерційні компанії дистанційного зондування витрачають сотні мільйонів доларів кожна, щоб побудувати й експлуатувати космічну систему. У меншій мірі, вони будують, здобувають чи співробітничують в області засобів переробки і використання даних (value-added exploitation capabilities). На жаль, космічні компанії недостатньо інформують користувачів даних про те, як вони планують експлуатувати систему і які в них є досягнення із забезпечення потреб користувачів, наприклад алгоритми, автоматизовані робочі місця, способи калібрування, технології швидкої автоматизованої обробки та ін. Таке положення частково пояснюється промисловим змаганням, а також обмеженим розумінням авіакосмічною промисловістю цієї першої лінії користувачів даних, і меншою мірою технічними проблемами.

З іншого боку, є велике міжнародне співтовариство фахівців, котрі щодня обробляють дані ДЗЗ і витягають з них корисну інформацію, але вони не залучені до рішення тих технологічних проблем, з якими їм доведеться зіштовхнутися в майбутньому. Багато хто з них може створювати нові алгоритми і технології обробки стосовно до своїх опорних дисциплін і галузей знань. Це їхній інтерес, тому що це — їхнє майбутнє!

Необхідно забезпечити співробітництво космічної промисловості і перших користувачів даних, що є для обох сторін кращим капіталовкладенням. Образно кажучи, жодна з сторін не повинна заривати свою голову в пісок у чеканні найближчого майбуття.

До кінця 2003 р. в експлуатації очікується 24 комерційних супутники дистанційного зондування. У таких умовах конкуренції успіх супутникового оператора насамперед зв'язаний з організацією мережі наземних приймальних станцій (у виді міжнародного консорціуму), що може вирішити ряд маркетингових і експлуатаційних проблем. ISPRS, уповноважена ООН неурядова організація, пропонує провести спеціальний форум для обговорень цих проблем.

Стратегічна мета для індустрії зображень Землі полягає в тому, щоб постачати просторову інформацію спокушеному споживачеві, якій не піклується про те, як була отримана ця інформація.

Хоча традиційними ринками спостереження Землі були прогноз і контроль погоди, картографія, океанографія, а також деякі спеціальні види зйомок, майбутній ринок — за просторово орієнтованою часовою інформацією. Вже з'явилася ринкова ніша в секторі транспортних задач (оперативна навігація) з використанням актуальних динамічних карт, отриманих за супутниковими знімками і даними з місцевизначення транспортних засобів, отриманих від глобальних супутникових навігаційних систем. Інший перспективний ринковий сектор — сільське господарство, що використовує своєчасні періодично повторювані зображення.

Застосування даних ДЗЗ безупинно розширюється, і можна чекати, що ця тенденція буде зберігатися й у майбутньому.

Чекання засновані на тім, що, подібно часу, просторовий компонент є загальним виміром до усіх видів діяльності, і тому ця інформація стане всюдисущою і необхідною.

СТАН І ШЛЯХИ РОЗВИТКУ УКРАЇНСЬКОГО РИНКУ ПОСЛУГ ДЗЗ

У загальнодержавній (національній) космічній програмі України спостереженню Землі приділяється значна увага. Так, у 1995 р. запущено перший український супутник «Січ-1», у 1999 р. запущено україно-російський супутник «Океан-О» для комплексних спостережень у видимому, інфрачервоному, і НВЧ-діапазонах спектру. За станом на 01.12.2001 р. ці супутники продовжують функціонувати за цільовим призначенням. Створено наземну інфраструктуру для керування супутником, прийому і попередньої обробки даних спостережень Землі.

У 2003 р. планується запустити модернізований супутник «Січ-1М» з оптичним сканером підвищеного розрізнення («»30 м), і багатодіапазонним (ВИД, ІЧ, НВЧ) комплексом оглядового спостереження; ведеться проектування космічних систем оптичного і радіолокаційного спостереження з розрізненням 1—8 м із введенням їх в експлуатацію у 2005—2007 рр.

Проте у даний час основним проблемним питанням у розвитку ДЗЗ залишається низька комерційна віддача космічних засобів, що характерно без винятку для всіх сучасних космічних систем. Незважаючи на низьку вартість зйомки одиниці площі і величезних обсягів зібраних даних, питома вага космічної інформації в загальному обсязі вихідної тематичної продукції для споживачів залишається досить низькою — до 10—15 %.

Таке положення визначається наступними факторами.

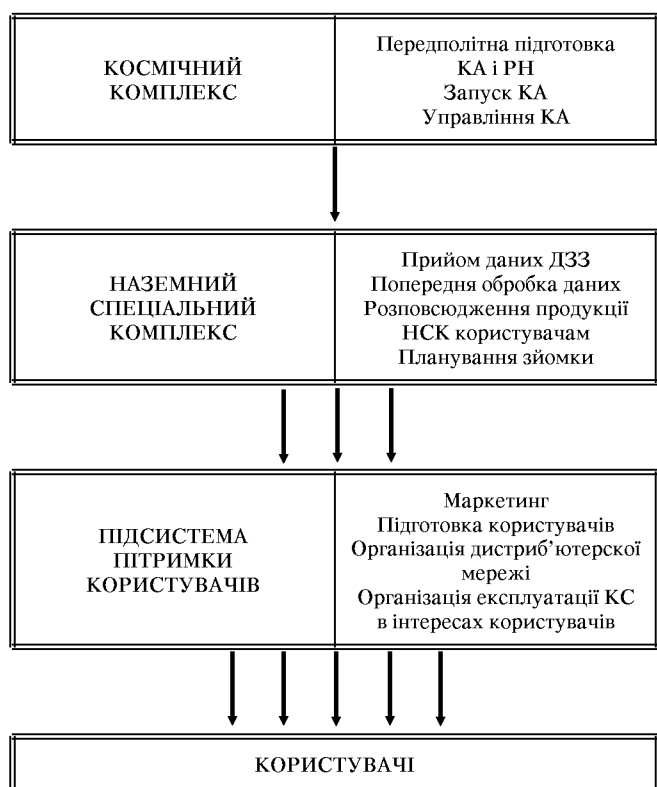


Рис. 1. Космічна система спостереження Землі

1. Дані дистанційних спостережень є лише електромагнітними образами досліджуваної поверхні і несуть у собі опосередковану інформацію про ті явища і процеси, котрі цікавлять кінцевого користувача (агронома, лісника, картографа, будівельника і т. д.). Для витягу потрібної для споживача інформації необхідно проводити досить трудомісткі міждисциплінарні операції щодо тематичного дешифрування знімка з залученням завірочних наземних даних.

У світлі викладеної інфраструктури космічної системи спостереження Землі можна представити у виді багатопірамової піраміди (рис. 1), де кожний із шарів піраміди створює свій товарний інформаційний продукт для передачі нижньому споживчому шару. При цьому структура вартості продукту, переданого кінцевому користувачеві, має вигляд, представлений на рис. 2 (отримано за даними аналізу продукції, що поставляється від ведучих космічних систем ДЗЗ «Landsat», «Spot»). Як видно з рис. 2, інформація, передана з борта КА, є лише сировиною й основна вартість кінцевого продукту (80 %) створюється при наземній обробці.

З метою одержання максимального прибутку від створюваних космічних систем і оволодіння між-

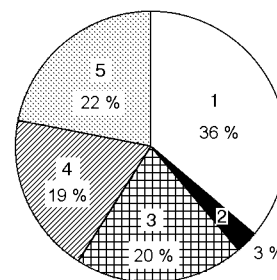


Рис. 2. Структура вартості продуктів ДЗЗ: 1 — інтерпретація, 2 — стандартні атрибути, 3 — дигіталізація (устаткування), 4 — зйомка, 5 — дигіталізація (трудові витрати)

народним ринком ДЗЗ провідні виробники космічних систем створюють розгалужені мережі приймальних станцій, дистриб'юторські мережі, ведуть активну маркетингову політику; витрати досягають 30 % від загальної вартості проекту.

Досвід робіт із КС «Січ-1М», «Океан-О» показав, що питанням просування послуг ДЗЗ на національний і міжнародний ринок не приділялося належної уваги: мережа приймальних станцій обмежувалася територією України і Росії, відсутня дистриб'юторська мережа поширення даних ДЗЗ і переробки цих даних у готовий інформаційний продукт для користувача.

2. Споживачу необхідна інформація «у заданий час і по необхідному регіону». У той же час при існуючій технології планування і проведення зйомки дуже важко забезпечити цю вимогу. Заявка на зйомку повинна подаватися за декілька діб, періодичність проходження супутника над заданим районом також вимірюється в добах (1—15), час доставки інформації споживачу складає від кількох діб до місяців. Для оптичних зйомок ситуація ускладнюється важко прогнозованим станом хмарного покриття. Так, за даними [12], ймовірність успішної зйомки одним супутником типу «Landsat» чи «Океан-О» протягом 16-добового циклу складає для території України (рис. 3) усього 0.1. Таким чином, для успішного рішення широкого класу оперативних прикладних задач необхідна корінна перебудова технології планування зйомки, одержання і доставка інформації.

3. Супутник є інструментом для глобального огляду всієї поверхні Землі. Тому його ефективне використання можливе лише при зацікавленості ділових і наукових кіл багатьох країн в одержанні інформації від супутника й організації широкої мережі приймальних станцій у різних географічних регіонах.

4. Більша частина космічної інформації в інтересах наук про Землю, прогнозу погоди і клі-

16 DAY ACQUISITIONS WITH CLOUD COVER

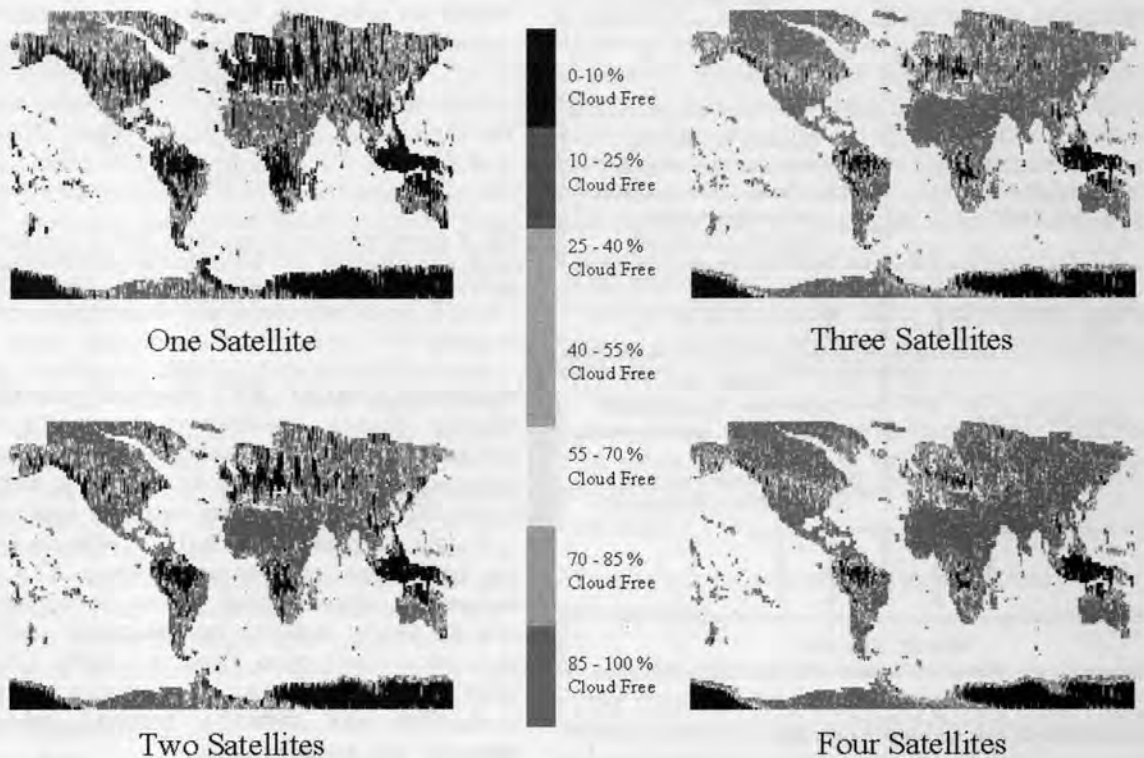


Рис. 3.

мату, екологічного контролю й ін. взагалі не носить комерційного характеру, і її економічна ефективність оцінюється величиною відверненого збитку.

5. Більша частина користувачів економічно не зацікавлена у створенні технологій рішення тематичних задач з використанням космічної інформації через великі початкові капіталовкладення і тривалі терміни реалізації (5—10 років). У той же час немає організаційних структур, які б інтегрували інтереси різних користувачів і могли б виступити замовниками космічної інформації.

У зв'язку з соціально-економічними реформами істотно змінився і склад користувачів. Дотепер основними акумуляторами інформації в країні були відомства, інформаційні потоки в яких, перш ніж потрапити в регіон, фільтрувалися, коректувалися і навіть спотворювалися. Тому в ізоляції від цього виду інформації виявилось широке коло споживачів на місцях: територіальні управління, наукові і галузеві організації, що безпосередньо займаються геологією, сільським і лісовим господарством та ін.

В даний час основними суб'єктами, зацікавленими в геоінформатизації, стають регіони разом із

усією своєю інфраструктурою, контролюючими і керуючими органами влади, підприємствами та організаціями. Ця зміна категорії споживача приводить до розуміння значення і вартості геоінформації.

Економічна самостійність регіонів і зв'язане з нею збільшення відповідальності за подальший їхній розвиток приводить керівників до розуміння дефіциту геоінформації. Цей дефіцит викликаний не стільки недоліком первинної інформації, скільки неможливістю зіставити всі обсяги різномірних даних, необхідних для рішення задач комплексного аналізу в тісному переплетенні процесів, що охоплюють різні сфери регіонів — від природних до соціально-економічних. І цю задачу можна вирішити тільки шляхом створення регіональних геоінформаційних систем, що повинні мати у своєму розпорядженні сучасні засоби прийому дистанційної інформації, забезпечувати автоматизовану інтерпретацію даних аерокосмічних зйомок, моделювання процесів зміни навколишнього середовища, комп'ютерний синтез тематичних карт, вихід у глобальні обчислювальні мережі і комплексний

Таблиця 2.

Технологія	Область застосування
Авіакосмічні спостереження Землі	Джерело об'єктивних (інструментальних) даних про навколишнє середовище і ресурси. Багатоцільовий і багатодисциплінарний характер даних ДЗЗ припускає можливість їхнього використання як основу для ув'язування розрізнених відомчих систем у єдину регіональну геоінформаційну систему (РГІС)
Координатна прив'язка за даними супутникових навігаційних систем (GPS-технології)	Високоточне й оперативне визначення координат стаціонарних і рухомих об'єктів у єдиній системі координат
Єдина супутникова система передачі інформації (ЄССПІ)	Супутникові і наземні канали передачі даних в ЄССПІ є технічною основою для створення великих ГІС регіонального і міського рівня з розподіленими базами даних
Географічні інформаційні системи (ГІС)	Апаратно-програмні засоби для засвоєння, обробки і візуалізації просторово-орієнтованої інформації



Рис. 4.

аналіз території з оцінкою спрямованості її вимірів.

Перспективні інформаційні технології в прикладних дистанційних дослідженнях Землі з космосу в найближче десятиліття, без сумніву, будуть предметом інтенсивних досліджень і розробок, метою яких є побудова якісно нової системи геоінформаційного забезпечення суспільства.

Указом Президента України «Про заходи щодо використання космічних технологій для інноваційного розвитку економіки держави» № 73 від 06.02.2001 р. затверджена концепція структурної перебудови та інноваційного розвитку космічної галузі. Головною метою структурної перебудови є створення економічно рентабельної і конкурентоздатної галузі, комерціалізація космічної діяльності. Цим же Указом передбачається розробити Міжвідомчу програму впровадження космічних тех-

нологій для створення і виготовлення високотехнологічної продукції для потреб внутрішнього ринку і на експорт на 2001—2005 р.

Даний Указ Президента є передумовою для формування нормативно-правової бази, необхідної для створення якісно нової індустрії геоінформаційного забезпечення суспільства із широким використанням новітніх супутникових і комп'ютерних технологій у різних напрямках (табл. 2).

Як видно з табл. 2, провідна роль у геоінформаційному забезпеченні належить космічним технологіям. Конструктивне рішення цієї задачі повинне знайти гідне місце в Міжвідомчій програмі і новій Національній космічній програмі України на 2003—2007 рр., які розробляються зараз.

У цьому плані інфраструктура космічної системи геоінформаційного забезпечення (рис. 4) повинна

передбачати можливість створення товарного інформаційного продукту для користувача, а також просування послуг ДЗЗ на міжнародний ринок.

ШЛЯХИ РОЗВИТКУ КОСМІЧНОГО СЕГМЕНТА

При виборі шляхів розвитку космічного сегмента національної системи спостереження Землі «Січ» враховувалися наступні фактори:

1. Необхідність створення власних засобів спостереження, що забезпечують виконання загальнодержавних і оборонних програм.

2. Можливість інтеграції у світову систему спостережень.

3. Використання накопиченого науково-технічного і методичного потенціалу.

Перші українські супутники «Січ-1» і «Океан-О» створювалися й експлуатувалися в тісній кооперації з Російською Федерацією. Надалі необхідно розвивати і поширювати інтеграційні зв'язки і з іншими зацікавленими країнами.

У цьому плані показовою є створювана україно-російська космічна система «Січ-1М», що орієнтована на інтеграцію у світову супутникову мережу спостереження Землі. Обраний склад дослідницької апаратури відповідає сучасному світовому рівню розвитку засобів ДЗЗ і дозволяє вирішувати ряд практичних задач як стосовно спостереження рослинних і ґрунтових покривів суші, так і по дослідженню Світового океану й атмосфери, контролю гідрологічної і льодової обстановки.

Так, супутник, оснащений комплексом апаратури мало розрізнення (оптичної — МСУ-М і радіолокаційної — РЛС БО), що працює в режимі сполученого кадру й забезпечує глобальні всепогодні спостереження морських і материкових льодів, приводного вітру, атмосферних фронтів, великих нафтових забруднень і ін. Комплекс успішно експлуатувався з 1983 р. на супутниках серії «Океан» і «Січ-1», має досить розвинене методичне і програмне забезпечення. Крім того, КА оснащено новою апаратурою МТВЗА-ОК для комплексного огляду у видимому, інфрачервоному і НВЧ-діапазонах спектру з широкою смугою огляду 2000 км, що забезпечує глобальний характер спостережень. У цілому зазначені прилади успішно доповнюють основні експлуатаційні системи NOAA, Метеор у частині складу параметрів, що вимірюються, і регулярності спостережень.

Установка даних приладів на КА «Січ-1М» дозволяє продовжити важливий ряд спостережень глобального характеру як для рішення поточних задач, так і для досліджень змін клімату по програмі «Global Change».

На супутник встановлено також удосконалений

комплект багатоканальної оптичної апаратури високого розрізнення МСУ-ЕУ в складі основного і резервного приладів для підвищення надійності. Досить високе просторове розрізнення (24 м×34 м), можливість перенацілювання в широкій смузі захоплення 700 км, розвинене методичне і програмне забезпечення визначають цю апаратуру як основний експлуатаційний інструмент ДЗЗ, поряд з оптичною апаратурою аналогічного класу, встановленою на супутниках «Spot», IRS, «Ресурс-01». Передача інформації від МСУ-ЕУ передбачена через цифрову радіолінію 8.2 ГГц, загальноприйняту для передачі даних високого розрізнення.

Відмітною ознакою супутника «Січ-1М» є використання широкого набору бортових радіоліній 137 МГц, 1.7 і 8.2 ГГц для передачі інформації, що дозволяють приймати сигнал від супутника практично всьому існуючому парку приймальних станцій на всіх континентах (більш ніж 1000 станцій каналу 137 МГц, понад 200 — 1.7 ГГц і понад 40 — 8.2 ГГц).

Так, у даний час станції 137 МГц і 1.7 ГГц використовуються в основному для прийому інформації від метеорологічних супутників NOAA при середньому завантаженні 1—2 години на добу, що дозволяє при незначних доробках використовувати їх для прийому даних РФА, МТВЗА-ОК і МСУ-М від КА «Січ-1М» і тим самим істотно підвищити віддачу від цих засобів.

Крім того, на платформі супутника «Січ-1М» можуть бути встановлені до 4 мікросупутників (масою до 50 кг кожний), що також надає можливість взаємовигідного співробітництва.

Таким чином, супутник «Січ-1М» має досить високі інформаційні можливості й експортний потенціал як за складом і характеристиками дослідницької апаратури, так (і це головне) за можливостями широкого й оперативного доступу користувачів до інформації.

Вдала реалізація проекту «Січ-1М» дозволить продемонструвати світовій громадськості можливості і достоїнства комплексних досліджень систем, що співробітничать, NOAA + «Метеор» + «Січ-1М», що надалі відкриває перспективу створення вже експлуатаційної системи з декількох малих супутників для безперервних метеорологічних і океанографічних спостережень.

Що стосується космічних апаратів високого розрізнення краще за 10 м, то їхнє створення також доцільно вести на кооперативній основі з зацікавленими закордонними партнерами і власниками аналогічних систем. Це дає можливість:

— скоротити як власні початкові капіталовкладення в розробку КА, так і терміни розробки;
— підвищити регулярність спостережень за рахунок створення кооперативної космічної системи з

Таблиця 3.

Космічний сегмент	Основні задачі	Закордонні аналоги
Система з 4 супутників оптичного багатозонального (гіперспективного) спостереження з розрізненням 6—8 м	Регулярне спостереження в інтересах сільського, лісового господарства, контролю екологічної обстановки і зон надзвичайних ситуацій (НС)	«Rapid Eye» (4 КА), DMC, «Resource 21» (4 КА), Geros (4 КА), «Монитор» (8 КА)
Супутники з підвищеним розрізненням 1—4 м	Вибіркове спостереження зон оперативного інтересу користувачів	«Ikonos», EROS, «Quick Bird», «Orb View», «Ресурс-ДК», «Radarsat-2», «Radar-1», «Монитор»
— Оптичне багатозональне спостереження — Радіолокаційне спостереження	Багатоспектральна та гіперспектральна зйомка, стереозйомка Всепогодне спостереження, стереозйомка, інтерферометрична зйомка	

оптимальним орбітальним угрупованням;

— використовувати вже існуючі міжнародні мережі розподілу й обміну інформацією (наприклад, мережа ImageNet системи EROS);

— ще до запуску власного КА використовувати на пільгових умовах дані від партнерських КА спостереження Землі.

Виходячи з накопиченого науково-технічного потенціалу і запитів національних користувачів, доцільно розглянути можливість реалізації наступних проектів космічних апаратів (табл. 3).

При створенні перспективних КА особлива увага повинна бути приділена підвищенню інформаційних можливостей системи. У цьому плані в Україні є ряд оригінальних розробок, у тому числі:

- технологія програмно-координатного керування з можливістю керування режимами зйомки в реальному масштабі часу безпосередньо користувачем (технологія SEE);
- відеоспектрометр на акусто-оптичному фільтрі з можливістю адаптивного програмного вибору спектральних каналів в залежності від розв'язуваної цільової задачі (спільна розробка України і Росії, макет такого приладу випробувався на супутнику «Океан-О»);

- багаточастотний радіолокатор із синтезованою апертурою (випробувано авіаційний макет).

Для ефективної експлуатації космічного сегмента в інтересах користувачів визначальною умовою є створення наземної інфраструктури, що забезпечує регулярний прийом інформації від національних і закордонних КА, її обробку і доведення до користувача у виді готового товарного продукту.

Успішне рішення цієї задачі можливо тільки об'єднаними зусиллями космічної галузі і захищених споживачів в особі відомств, центральних і місцевих органів державного керування.

1. Ракетно-космическая техника.—2000.—№ 25.—С. 5.
2. Space News.—2000.—11, N 13.—Р. 6.
3. Imaging Notes.—November/December 1999.—14, N 6.
4. Пат. Украины 17366 А. Способ наблюдения Земли из космоса / Бушуев Е. И., Драновский В. И., Салтыков Ю. Д. и др. — Заявка 95030965 с приоритетом от 01.03.95 г.
5. <http://backslash.backslash.www.orbimage.com>
6. Презентация программы Eros. Erospresentation 1/99 — 25/01/99
7. Ракетно-космическая техника.—1999.—№ 3.—С. 3.
8. Space News.—1998.—9. N 42.—Р. 6.
9. Положение о малых станциях приема в системе «Ресурс-01». — Российское космическое агентство, 1999.
10. Гершензон В. Е. Доклад на 3-м украинском совещании пользователей данных ДЗЗ, ноябрь 2000 г., Киев.
11. Lawrence W. Fritz, High Resolution Commercial Remote Sensing Satellites and Spatial Information Systems. Lockheed Martin Corporation.
12. Stoney W. Pecora Legace — Land Observation Satellites in the Next Century // Pecora 13 Symp., South Dakota, August 22, 1996.—Р. 19.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

- МСУ-Е — багатозональний оптико-електронний скануючий пристрій високої роздільної здатності.
 МСУ-ЕУ — багатозональний оптико-електронний скануючий пристрій високої роздільної здатності (модернізований).
 МСУ-СК — багатозональний оптико-електронний скануючий пристрій середньої роздільної здатності.
 МСУ-М — багатозональний скануючий пристрій малої роздільної здатності.
 РЛС БО — радіолокаційна станція бокового огляду.
 МТВЗА-ОК — багатоканальний оптико-мікрохвильовий сканер малої роздільної здатності з конічним законом сканування.
 РФА — радіофізична апаратура.
 НВЧ — надвисокочастотний (мікрохвильовий) діапазон.
 ВИД — видимий діапазон.
 ІЧ — інфрачервоний діапазон.