

УДК 528.88 (914/919):629.783

В.В. Омельчук

к.т.н.

Центр космічних інформаційних технологій, м. Житомир

В.В. Опанюк

нач. центра

Центр космічних інформаційних технологій, м. Житомир

М.П. Фомін

к.т.н.

Житомирський національний агроекологічний університет

Л.В. Лось*

д.т.н.

Житомирський національний агроекологічний університет

Рецензент – член редколегії “Вісник ЖНАЕУ”, д.с.-г.н. Куян В.Г.

ОЦІНКА ПОТЕНЦІЙНИХ ПОТРЕБ УКРАЇНИ ЩОДО МАТЕРІАЛІВ КОСМІЧНОЇ ЗЙОМКИ

Оцінено потенційні потреби національного ринку України щодо матеріалів космічної зйомки поверхні Землі різного просторового й спектрального розрізнення для інформаційного забезпечення вирішення наукових, народногосподарських й безпекових задач. Обрано комерційні космічні апарати дистанційного зондування Землі для задоволення щорічних потреб України та оцінено щорічні витрати на придбання зазначених матеріалів космічної зйомки.

Постановка проблеми

Матеріали космічної зйомки (МКЗ) є об'єктивним і найбільш ємним джерелом фотограмметричної та семантичної інформації про стан поверхні Землі та об'єктів на ній. МКЗ формуються методами дистанційного зондування Землі в бортових сенсорах (системах реєстрації інформаційних електромагнітних полів) космічних апаратів, що рухаються навколо Землі згідно з законами небесної механіки на висотах від 200 км до 36 тис. км. “Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) з космосу – отримання даних про Землю з космосу, використовуючи властивості електромагнітних хвиль, випромінюваних, відбиваних, поглинених чи розсіяваних об'єктами зондування” [ДСТУ 4220-2003].

Космічні системи спостереження є надійним сучасним інструментом отримання глобальної геопросторової та семантичної інформації. Можливість одночасного отримання космічних знімків у багатьох спектральних діапазонах з різною детальністю дає змогу не тільки оцінювати просторовий розподіл і геометричні параметри великої кількості об'єктів, аналізувати взаємовплив об'єктів та навколишнього середовища, а й визначати певні їх фізичні характе-

© В.В. Омельчук, В.В. Опанюк, М.П. Фомін, Л.В. Лось

* Науковий консультант – д.т.н. Л.В. Лось

ристики. Навіть якщо споживачі не готові до практичного використання інформації космічного зондування через нинішні фінансові, кадрові, методичні та технічні проблеми, то існує об'єктивна необхідність збору даних у достатньо повному об'ємі для формування репрезентативного ряду спостережень, які забезпечать оцінку і прогноз стану природного середовища з необхідною якістю [1]. Важливим кроком у реалізації комерційного потенціалу космічних систем ДЗЗ є оцінка потенційних потреб України в матеріалах космічної зйомки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Космічна діяльність (“наукові космічні дослідження, створення та застосування космічної техніки, використання космічного простору” [Закон України № 502/96-ВР “Про космічну діяльність”]) є невід’ємною ефективною галуззю народного господарювання, утворивши новий сегмент міжнародного ринку – космічний (космічний зв’язок та телекомунікаційні послуги, дистанційне зондування Землі, космічне навігаційне, топогеодезичне та метеорологічне забезпечення), який сьогодні безпосередньо впливає на життя більшості населення Землі [6].

Дистанційне зондування Землі забезпечує унікальні можливості оперативного збору даних у глобальному масштабі з високим просторовим, спектральним та часовим розрізненням, що й визначає великі інформаційні можливості космічних систем, можливості їх воєнного застосування та потенційну економічну ефективність.

Завдяки відсутності кордонів у космосі та великій тривалості (до 10–15 років) активного функціонування космічних апаратів ДЗЗ, а також завдяки високій оглядовості, детальності й високому ступеню узагальнення даних матеріали космічної зйомки успішно конкурують з матеріалами аерозйомки. За фінансовим об’ємом ринок матеріалів дистанційного зондування Землі із космосу посідає друге (після космічного зв’язку та телекомунікаційних послуг) місце на світовому ринку космічної діяльності [10].

Дохід від продаж продукції ДЗЗ на світовому ринку в 2006 році склав близько 4 млрд дол. Щорічний приріст обсягу світових продаж продукції ДЗЗ в останні роки складає 9–14 %. За попередніми прогнозами міжнародних дослідницьких організацій, ємність світового ринку космічних знімків у 2012 році перевищить 6 млрд дол. Потреби світового ринку матеріалів ДЗЗ з просторовим розрізненням до 1 м складають 65 %, від 1 до 5 м – 32 %, більше 5 м – 3 %. До 2003 року широке розповсюдження даних космічного моніторингу Землі стримувалось їх відносно високою вартістю – до 20–30 \$ / км² стандартної мінімальної обробки, що зменшувало попит приватних компаній. З 2004 року почало значно зростати угруповання космічних апаратів ДЗЗ, що зумовлено появою малих космічних апаратів та зняттям обмежень на розповсюдження матеріалів космічної зйомки високого просторового розрізнення. Це призвело до

зменшення ціни мінімально стандартно оброблених супутникових знімків з просторовим розрізненням до 1 м – від 7 \$ за 1 км² [4].

Загальнонаціональна цільова науково-космічна програма України на 2008–2012 роки передбачає створення та використання національних технічних засобів дистанційного зондування Землі (на основі космічних апаратів серії “Січ”) для інформаційного забезпечення моніторингу ресурсів, раціонального природокористування, прогнозування техногенних та природних катаклізмів, національної оборони, розвитку міжнародного співробітництва у сфері дистанційного зондування Землі.

Попит національного ринку на МКЗ досліджено в роботі [1], але за десять років, що минули після її публікації, значно змінилась кон’юнктура та техніка й технології ДЗЗ: суттєво підвищилось просторове (до 0,5 м) й спектральне (до одиниць нанометрів) розрізнення матеріалів ДЗЗ; зменшилась вага космічних апаратів ДЗЗ від декількох тон до десятків-сотень кілограмів; зросла кількість діючих космічних апаратів ДЗЗ (з 41 КА ДЗЗ в 2004 році до 67 КА ДЗЗ у 2009); зменшилась ціна космічних апаратів ДЗЗ з сотень до десятків мільйонів доларів США; створено сучасні програмно-технічні комплекси прийому та автоматизованої обробки матеріалів ДЗЗ; розширились сфери використання матеріалів ДЗЗ у державному управлінні та комерційній діяльності [5, 7, 8, 11].

Метою досліджень є оцінка потенційних потреб внутрішнього ринку України щодо обсягу та якості матеріалів космічної зйомки й оцінка їх вартості для інформаційного забезпечення вирішення тематичних завдань.

Об’єкт та методика досліджень

Об’єктом досліджень є потенційні потреби внутрішнього ринку України щодо матеріалів космічної зйомки, які здобуваються методами ДЗЗ, для інформаційного забезпечення вирішення наукових, бізнесових, народногосподарських й оборонних задач.

Предметом досліджень є об’єми матеріалів космічної зйомки внутрішнього ринку України. Ціни на архівні матеріали космічної зйомки наведено на сайтах компаній-дистриб’юторів (www.digitalglobe.com, www.geoeye.com, www.imagesatintl.com, www.eurimage.com, www.tvvis.com.ua, www.scanex.ru, www.spotimage.com, www.mdacorporation.com/, www.scor.com.pl, www.primegroup.ru, www.ecomm.kiev.ua/, www.pryroda.gov.ua/ та ін.). Однак вартість ліцензій на прийом даних ДЗЗ власною наземною станцією, вартість замовлення оперативної космічної зйомки та вартість закордонних станцій прийому не афішується й зазвичай залишається комерційною таємницею.

Методи досліджень – системний аналіз властивостей космічних систем ДЗЗ із застосуванням декомпозиції їх загального призначення на тематичні (цільові) задачі та експертних оцінок вартості послуг й продуктів космічних систем ДЗЗ.

Результати досліджень

Для дистанційного зондування Землі із космосу використовують ультрафіолетовий, видимий, інфрачервоний та радіочастотний діапазони електромагнітних випромінювань. Варіант кількісного розподілу спектральних інтервалів у ДЗЗ із космосу наведено в таблиці 1 [2].

Безпосередньо у практиці ДЗЗ із космосу на даний час застосовують тільки частки вказаних діапазонів електромагнітних випромінювань через обмеження, що пов'язано з прозорістю атмосфери. Існує кілька спектральних інтервалів, в яких електромагнітне випромінювання майже цілком пропускається атмосферою – це так звані вікна прозорості атмосфери [9].

Таблиця 1. Розподіл спектральних інтервалів у ДЗЗ із космосу

| Спектральний інтервал | Позначення | Довжина хвилі |
|----------------------------------|------------|------------------|
| Ультрафіолетовий | УФ | < 0,38 мкм |
| Видимий | Вд | 0,38...0,76 мкм |
| Ближній інфрачервоний | БІЧ | 0,76...1,4 мкм |
| Середній інфрачервоний | СІЧ | 1,4...7,5 мкм |
| Дальній інфрачервоний (тепловий) | ДІЧ | 7,5 мкм...1,0 мм |
| Мікрохвильовий | МХВ | 1,0...10,0 мм |
| Радіочастотний | X-см | 2,9...3,3 см |
| | C-см | 5,7...6,1 см |
| | S-см | 8,0...12 см |
| | L-дм | 21...30 см |
| | P-дм | 60...70 см |

Для пошуку родовищ корисних копалин у геології використовують такі спектральні діапазони зйомки: панхроматичний, 0,64 мкм, 0,68 мкм, 0,4–1,1 мкм, 1,55–1,67 мкм, 2,1–2,3 мкм, 10–12 мкм, мікрохвильовий.

Для визначення притоку вуглеводневих флюїдів (*лат. fluidus* – текучий) найбільш доцільним є діапазон зйомки 2,27–2,46 мкм.

Зміни рослинності краще відображаються в діапазоні електромагнітних хвиль 0,6–0,9 мкм, а зв'язаність із змінами в гірських породах – в ближньому (0,7–0,9 мкм) та середньому інфрачервоному (1,6–1,7 мкм, 2,0–2,4 мкм) діапазонах. На космічних знімках ґрунт яскравіше, ніж зелена рослинність, в діапазоні 0,66–0,72 мкм, а зелена рослинність яскравіша за ґрунт в діапазоні 0,72–0,8 мкм. У середньому інфрачервоному діапазоні вода має декілька смуг поглинання (1,4 мкм; 1,9 мкм й 2,7 мкм), в яких спектральний відгук поверхні Землі та рослинності послаблений [9].

Для вимірювання вологості і температури поверхні та шарів атмосфери в метеорологічних космічних апаратах використовуються інфрачервоні хвилі діапазону 3,0–5,0 мкм та 9,0–15,0 мкм, а для вимірювання вмісту вологості атмосфери – 6,0–8,0 мкм.

Для оперативної оцінки вологості поверхонь, льодової обстановки водних поверхонь та їх забруднень нафтопродуктами ефективним є використання всепогодної радіолокаційної зйомки у сантиметровому діапазоні спектра.

За вимогами до часових й просторових параметрів даних ДЗЗ задачі можуть бути поділені на 4 групи [1]:

1. Неоперативні задачі, що відрізняються низкою періодичністю оновлення інформації (рік й більше).

2. Задачі природо-ресурсного та екологічного моніторингу, що відрізняються порівняно високими вимогами як за періодичністю (до 1 доби), так і за просторовим розрізненням (до 10 м).

3. Задачі спостереження за потенційно небезпечними техногенними і природними процесами та явищами. Цим задачам притаманні жорсткі вимоги до просторового розрізнення (від 0,5 м до 20 м), а також до оперативності і частоти спостережень (одиниці годин) за обмеженою кількістю об'єктів (1–2 тис.) та їх відносно невеликими площами (до 10 км²).

4. Задачі метеорологічного забезпечення, яким притаманне глобальне охоплення поверхні, висока частота спостереження (два рази на годину з геостационарного супутника) і низьке просторове розрізнення (1–50 км).

Узагальнений перелік тематичних задач, інформаційне забезпечення яких потребує даних космічної зйомки, та вимоги до видової космічної інформації ДЗЗ для їх вирішення наведено у таблиці 2 [2, 4].

При розробці вимог до видової космічної інформації ДЗЗ для вирішення тематичних задач враховувалось, що Україна на даний час має такі площі різних територій [1, 2]:

- а) загальна площа території України – 603,5 тис. км²;
- б) площа сільськогосподарських угідь – 418,4 тис. км²;
- в) площа лісів – 86 тис. км² (станом на 1991 рік);
- г) площа населених пунктів – 67 тис. км²;
- д) площа поверхні дзеркал внутрішніх водойм – 24 тис. км²;
- ж) площа відкритих гірничорудних розробок – 15 тис. км²;
- з) площа узбережжя Чорного та Азовського морів – 4,0 тис. км²;
- і) площа Чорного моря – 422 тис. км²;
- к) площа Азовського моря – 39 тис. км².

Глобалізація у сфері ДЗЗ означає, що значна частина задач державного управління, забезпечення інтересів окремого громадянина, частина інформаційних задач можуть вирішуватися у будь-якій країні світу, незалежно від того, чи є в неї власні космічні апарати (КА) ДЗЗ [3]. Країни, які не мають власних КА ДЗЗ, можуть отримувати матеріали космічної зйомки для інформаційного забезпечення своїх потреб такими способами:

1. Купівля архівних (зйомка здійснена рік або й більше років тому) космічних знімків у компаній (фірм), що здійснюють їх розповсюдження.

2. Замовлення космічної зйомки комерційними космічними апаратами ДЗЗ у компаній їх власників або компаній-дистриб'юторів. Вартість таких знімків в 1,5–2 рази перевищує вартість аналогічних архівних знімків.

3. Замовлення космічної зйомки фірмі-оператору комерційного апарату ДЗЗ та ліцензійний прийом даних з КА ДЗЗ на власну Наземну станцію прийому інформації (НСП). Такий спосіб отримання даних космічної зйомки забезпечує найвищу оперативність їх доставки споживачу.

Таблиця 2. Перелік вимог до видової космічної інформації ДЗЗ при вирішенні тематичних задач

| Тематична задача | Потрібний спектральний діапазон | Необхідна просторова розрізненість, м | Просторовий масштаб задачі | Площа зйомки, загальна / щорічна, тис. км ² | Необхідна періодичність зйомки |
|--|---|---------------------------------------|---|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1. Геологія Пошук корисних копалин і енергоносіїв Вивчення геологічної будови та геологічних процесів Оцінювання стану приповерх-невих порід | УФ, Вд, БІЧ, СІЧ, ДІЧ, МХВ, Х-см СІЧ, ДІЧ, Р-дм СІЧ, ДІЧ, МХВ, Х-см, С-см, Р-дм | 5...500 > 100 > 50 | локальний регіональний регіональний континентальн локальний | 800 / 80 200 / 20 7 / 7 | десятиліття століття століття роки |
| 2. Землекористування Картування Земельний кадастр Аналіз урбанізованих та промислових територій | Вд, БІЧ, СІЧ, ДІЧ, Х-см Вд, БІЧ, СІЧ, Х-см УФ, Вд, БІЧ, СІЧ, ДІЧ, Х-см | 0,5...50 < 5,0 < 50 | регіональний континентальн локальний регіональний локальний | 620 / 2x60 620 / 62 82 / 120 | роки, десятиліття роки місяці роки |
| 3. Сільське господарство Інвентаризація угідь Прогнозування врожаю Оцінювання стану ґрунтів та розвиток агроресурсів | Вд, БІЧ, ДІЧ, Х-см УФ, Вд, БІЧ, СІЧ, ДІЧ БІЧ, СІЧ, ДІЧ, С-см, Р-дм | 0,5...50 5,0...50 50...500 | локальний регіональний регіональний локальний регіональний | 420 / 80 200 / 1600 420 / 60 | місяці роки тижні (у вегетат. період) роки |
| 4. Екосистеми та лісгосподарство Вимірювання біомаси та різноманіття екосистем Оцінювання стану і класифікування лісів Вивчення екологічного стану та оцінювання збитків | Вд, БІЧ, СІЧ, ДІЧ, С-см УФ, Вд, БІЧ, СІЧ, ДІЧ Вд, БІЧ, СІЧ, ДІЧ, Х-см | 5,0...50 5,0...500 0,5...50 | локальний регіональний регіональний локальний | 86 / 430 86 / 86 2–20 / 200 | місяці місяці роки дні, місяці |

Закінчення табл. 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|------------------------------------|-----------|-------------------------------|--|--------------------------------|
| 5. Море і узбережна зони, водні ресурси Спостереження узбережжя Вивчення морських ресурсів Аналіз льодово-снігового покриву Гідрологічне районування та оцінювання ресурсів Вивчення екологічного стану та виявлення забруднень | Вд, БІЧ, МХВ, Х-см, Р-дм | 0,5...500 | локальний регіональний | 4 / 55 | місяці, роки десятиліття |
| | Вд, БІЧ, СІЧ, ДІЧ, МХВ, С-см | 50...500 | регіональний континентальн | 460 / 460 | місяці, роки |
| | БІЧ, ДІЧ, МХВ, Х-см, С-см, Р-дм | 50...500 | локальний регіональний | 24 / 24 800 / 800 | дні, місяці |
| | БІЧ, СІЧ, ДІЧ, МХВ, Х-см | 5,0...500 | локальний регіональний | 24 / 100 | місяці, роки |
| 6. Метеорологія та кліматологія Вимірювання профілів температури Спостереження хмарного покриву Контроль забруднення атмосфери Аналіз та прогнозування кліматичних змін | УФ, Вд, БІЧ, СІЧ, ДІЧ, МХВ, Х-см | 5,0...500 | локальний | 900 / 2·10 ⁵ 900 / 2·10 ⁵ | години, дні |
| | Вд, БІЧ, СІЧ, ДІЧ, Х-см | > 50 | локальний, регіональний | 620 / 2·10 ⁵ | години, дні |
| | УФ, Вд, БІЧ, СІЧ, ДІЧ, МХВ, С-см | 0,5...50 | локальний | 600 000 / – | дні |
| | СІЧ, ДІЧ | > 50 | регіональний континентальн | | століття |
| 7. Надзвичайні ситуації Контроль стану потенційно небезпечних об'єктів (районів) Оцінювання зон лиха та збитків | Вд, БІЧ, СІЧ, ДІЧ, МХВ, Х-см, Р-дм | 0,5...500 | локальний, регіональний | 110 / 170 | місяці роки |
| | Вд, БІЧ, СІЧ, ДІЧ, Х-см | < 5,0 | локальний | 2–100 / 30 | години |
| 8. Воснна безпека Топографічне картування Видова космічна розвідка | Вд, БІЧ, СІЧ, ДІЧ, Х-см | 0,5...50 | регіональний континентальн | 700 / 2x70 | роки десятиліття |
| | Вд, БІЧ, СІЧ, ДІЧ, Х-см | < 50 | локальний регіональний | 90 / 60 | години доби, місяці роки |

При виборі комерційних космічних апаратів ДЗЗ для задоволення потреб України в матеріалах космічної зйомки враховувались такі чинники:

– спектральні та просторові характеристики бортової знімальної апаратури космічних апаратів повинні якомога повніше перекирвати вимоги до матеріалів космічної зйомки;

– у складі угруповань мають бути космічні апарати ДЗЗ як оптико-електронної, так і радіолокаційної зйомки;

– радіоканали передачі даних ДЗЗ угруповань обраних космічних апаратів повинні мати близькі параметри, щоб забезпечити можливість прийому даних однією спільною наземною станцією при рознесеному у часі перебуванні КА в зоні радіоприйому;

– обрані космічні апарати повинні мати значний досвід успішного виконання комерційних завдань ДЗЗ;

– термін активного функціонування обраних космічних апаратів ДЗЗ має бути не меншим за 10–15 років.

Зазначеним чинникам значною мірою відповідають угруповання космічних апаратів ДЗЗ оптико-електронної зйомки “Landsat-7” (США) “Quickbird-2” (США), “Spot-5” (Франція), “IRS-P6” (інакше “Resourcesat-1”, Індія) та радіолокаційної зйомки “Radarsat-2” (Канада). Характеристики знімальної апаратури зазначених космічних апаратів ДЗЗ й радіоліній передачі даних наведено в таблиці 3 [9].

Таблиця 3. Характеристики знімальної апаратури космічних апаратів ДЗЗ

| Космічний апарат (рік запуску) | Характеристики знімальної апаратури | Спектральний діапазон | Просторове розрізнення, м | Розмір сцени (кадру), км | Розрядність інтенсивності, біт (швидкість передачі) |
|--------------------------------|--|---|---------------------------|------------------------------|---|
| Landsat-7 (1999 р.) | PAN панхром ETM + багатосп | Вд, БІЧ Вд, БІЧ, СІЧ | 15 30; 60 | 185×185 185×185 | 8 (2×75 Мбіт/с) 8 (2×75 Мбіт/с) |
| Spot-5 (2002 р.) | HRG панхром мультисп | Вд Вд, БІЧ | 5,0 10; 20 | 60×60 60×60 | 8 (2×50 Мбіт/с) 8 (2×50 Мбіт/с) |
| Quickbird-2 (2001 р.) | BHRC-60 панхр мультисп | Вд, БІЧ Вд, БІЧ | 0,61; 2,44 | 16,5×16,5 16,5×16,5 | 11 (2×160 Мбіт/с) 11 (2×160 Мбіт/с) |
| IRS-P6 (2003 р.) | LISS-IV панхр мультисп | Вд Вд, БІЧ | 5,8 5,8 | 70×70 23,9×23,9 | 10 (105 Мбіт/с) 10 (105 Мбіт/с) |
| Radarsat-2 (2007 р.) | Радіолокатор із синтезованою апертурою | Несуча 5,4 ГГц Ширина спектра 10...100 МГц | 3–100 | Ширина смуги 20–500 км | – (105 Мбіт/с) |

У майбутньому національний космічний апарат “Січ-2”, створення якого передбачено четвертою Загальнодержавною космічною програмою, та перспективні національні космічні апарати “Січ-3О” й “Січ-3Р”, можуть замінити космічні апарати “IRS-P6”, “Quickbird-2” та “Radarsat-2”, відповідно.

Найбільш прийнятним варіантом отримання матеріалів космічної зйомки для України на даний час є замовлення космічної зйомки фірмі-оператору комерцій-

ного апарату ДЗЗ та ліцензійний прийом даних з КА ДЗЗ на власну Наземну станцію прийому інформації, оскільки в цьому випадку:

– забезпечується найвища оперативність доставки споживачу попередньо дешифрованих матеріалів космічної зйомки (2–6 годин з моменту проведення космічної зйомки);

– обробка космічних знімків власними спеціалізованими програмно-технічними засобами зменшує їх вартість, порівняно із ціною при обробці компаній-дистриб'юторів МКЗ;

– власна НСПІ може використовуватись (при незначній її модернізації) для прийому даних з майбутніх національних космічних апаратів ДЗЗ.

Наземну станцію прийому інформації можна придбати в іноземних компаній-виробників (вартість 7–10 млн дол., термін виробництва 6–12 місяців) або замовити у національних науково-виробничих підприємств (вартість 2–3 млн дол., термін розробки й виготовлення 2–3 роки).

Результати розрахунку вартості космічних знімків при річному ліцензійному прийомі необхідних даних (табл. 2) комерційних космічних апаратів ДЗЗ на власну наземну станцію наведено у таблиці 4. При цих розрахунках враховувалась ціна ліцензій на прийом даних ДЗЗ та приведена до одного року ціна НСПІ та вартість її експлуатації протягом року.

Таблиця 4. Вартість космічних знімків при ліцензійному радіоприйомі даних комерційних космічних апаратів ДЗЗ власною наземною станцією

| Тип КА (щорічні потреби України МКЗ) | Характеристики МКЗ | Вартість архівного знімку, \$ | Вартість ліцензії, тис. \$ / кількість кадрів | Вартість знімків, тис. \$ / кадр при ціні НСПІ | |
|--|--------------------|--|---|--|-------------------------------------|
| | | | | 8,0 млн \$ | 3,0 млн \$ |
| Landsat-7 (85 кадрів) | панхром багатосп | 150 \$ / кадр 350 \$ / кадр | 60 / 80 кадрів | 4,9 (0,14 \$ / км ²) | 2,4 (0,07 \$ / км ²) |
| Spot-5 (110 кадрів) | панхром мультисп | 3375 \$ / кадр 1900 \$ / кадр | 100 / 100 кадрів | 4,4; (1,2 \$ / км ²) | 2,4 (0,67 \$ / км ²) |
| Quickbird-2 (460 кадрів) | панхром мультисп | 4620 \$ / кадр 4620 \$ / кадр | 500 / 400 кадрів | 2,3 (8,45 \$ / км ²) | 1,8 (6,6 \$ / км ²) |
| IRS-P6 (710 кадрів) | панхром мультисп | 1970 \$ / кадр 1970 \$ / кадр | 400 / 600 кадрів | 1,34 (2,3 \$ / км ²) | 1,0 (1,75 \$ / км ²) |
| RADARSAT-2 (8–40 тис. км) | радіолокаційні | 0,6 \$ / км ² 0,1–1,2 \$ / км ² | 300 (100' передачі) | 0,87 \$ / км ² | 0,61 \$ / км ² |
| Сумарні щорічні витрати на отримання необхідних Україні МКЗ, тис. \$ | | | 1360,0 | 3234,6* | 2227,8* |
| Приблизна сумарна ринкова ціна річної потреби України у космічних знімках, тис. \$ | | | | ~ 9500,0 | |

*Примітка:** – Приблизна сумарна вартість усіх необхідних протягом року космічних знімків за умови, що їх дані прийнято власною НСПІ, тис. \$

Аналіз цих даних показує, що ціна космічної зйомки одного квадратного кілометра поверхні Землі залежно від просторово-спектральних параметрів даних складає 0,07–8,45 \$/км². Причому, чим більше місій космічних апаратів ДЗЗ здатна обслуговувати НСПІ (технічно можливий прийом даних з десяти різних КА ДЗЗ), тим менша частка приведеної до одного року вартості НСПІ міститься у вартості окремих космічних знімків. Загальна вартість річної потреби України матеріалів космічної зйомки при ліцензійному прийомі даних з комерційних апаратів ДЗЗ складає приблизно 2,2278 млн \$ (при вартості НСПІ 3,0 млн \$) або 3,2346 млн \$ (при вартості НСПІ 8,0 млн \$). Сумарна же ринкова ціна цих матеріалів при купівлі їх у компаній-дистриб'юторів становить близько 9,5 млн \$.

Висновки

Інформаційне забезпечення вирішення наукових, оборонних та народно-господарських задач в Україні щорічно потребує: панхроматичних та мульти-спектральних космічних знімків субметрового просторового розрізнення – близько 400–500 кадрів і просторового розрізнення 5–10 м – близько 800–900 кадрів; багатоспектральних космічних знімків просторового розрізнення 15–60 м – близько 80–100 кадрів; радіолокаційних космічних знімків просторового розрізнення 3–100 м – у кількості, що охоплює поверхню близько 600 тис. км².

Щорічні витрати на здобуття даних ДЗЗ з комерційних космічних апаратів способом ліцензійного прийому власною Наземною станцією прийому інформації складають приблизно 2,2 або 3,2 млн дол., а при їх купівлі у компаній-дистриб'юторів – приблизно 9,5 млн дол.

Перспективи подальших досліджень

Дослідження даної теми потребує детального вивчення конкретних галузевих потреб матеріалів космічної зйомки та формування платіжоспроможного національного ринку України даних дистанційного зондування Землі з космосу.

Література

1. Оценка объема спроса национального рынка на информацию дистанционного зондирования Земли / *В.Н. Астапенко, Е.И. Бушуев, В.П. Зубко, П.П. Хорольский* // Космічна наука і технологія. – 1999. – Т. 5. – № 4. – С. 31–40.
2. Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування : моногр. ; за ред. В.І. Лялько, М.О. Попова. – К. : Наук. думка, 2006. – 360 с.
3. Системные схемы технологий обработки данных ДЗЗ / *Е.И. Бушуев, В.И. Волошин, Е.И. Махонин, С.П. Мосов* // Космічна наука і технологія. – 2003. – Т. 9. – № 5/6. – С. 196–201.

4. *Волошин В.И.* Анализ тенденций развития рынка дистанционного зондирования Земли / *В.И. Волошин, А.С. Левенко* // *Космічна наука і технологія.* – 2008. – Т. 14. – № 2. – С. 13–21.
5. *Гарбук С.В.* Космические системы дистанционного зондирования Земли / *С.В. Гарбук, В.Е. Гершензон* – М. : Издательство А и Б, 1997. – 296 с.
6. *Дячук І.Д.* Економічна ефективність космічної діяльності / *І.Д. Дячук* // *Наука та наукознавство.* – 2001. – № 1. – С. 14–18.
7. *Кондауров Н.С.* Пути развития космических средств дистанционного зондирования Земли и возможные направления международного сотрудничества / *Н.С. Кондауров, А.В. Кошелев* // *Фундаментальные и прикладные проблемы космонавтики.* – 2002. – № 3. – С. 37–39.
8. Международные многофункциональные интегрированные космические системы XXI века / *В.Д. Кусков, Ю.П. Назаров, Е.Л. Новикова и др.* // *Фундаментальные и прикладные проблемы космонавтики.* – 2001. – № 1. – С. 41–45.
9. *Манойлов В.П.* Дистанційне зондування Землі із космосу : науково-технічні основи формування й обробки видової інформації : моногр. / *В.П. Манойлов, В.В. Омельчук, В.В. Опанюк.* – Житомир : ЖДТУ, 2008. – 384 с.
10. *Монделло Ч.* Прогноз развития рынка данных дистанционного зондирования на десятилетие / *Ч. Монделло, Дж.Ф. Хепнер, Р.А. Вильямсом* // *Дистанционное зондирование Земли.* – 2005. – № 2. – С. 31–37.
11. *Kramer H.J.* Observation of the Earth and Its Environment. Survey of Missions and Sensors / *H.J. Kramer.* – 4-th Enlarged Edition. – Berlin : Springer – Verlag, 2001.