

М. О. Попов,

доктор технічних наук, професор, професор кафедри
Воєнно-дипломатичної академії імені Євгенія Березняка,
заслужений діяч науки і техніки України,

М. В. Топольницький,

кандидат технічних наук, заступник начальника
навчального відділу Воєнно-дипломатичної академії
імені Євгенія Березняка, підполковник,

В. О. Подліпаєв,

кандидат технічних наук, заступник начальника
управління військової частини А0515, підполковник

Видова космічна розвідка в локальних військових конфліктах

*Проведено огляд сучасного стану засобів видової
космічної розвідки, розглянуто особливості їх
застосування в локальних військових конфліктах.
Обговорюються перспективні напрями підвищення
ефективності видової космічної розвідки.*

Видова космічна розвідка (ВКР) основана на отриманні й подальшому аналізі зображень земної поверхні і розташованих на ній військових, військово-промислових та інших об'єктів [1]. Переваги ВКР – у її глобальності, оперативності й високій живучості (практичній невразливості).

Зазвичай держави створюють і користуються засобами ВКР, щоб забезпечити свою національну безпеку шляхом моніторингу можливих загроз ззовні. Проте досвід сучасних війн і конфліктів показав, що можливості ВКР затребувані також у локальних збройних конфліктах, зокрема в гібридних війнах [2, 3]. Дана стаття має на меті з'ясувати місце ВКР саме в таких умовах та показати найбільш перспективні напрями використання матеріалів видової розвідки.

Видова космічна розвідка сьогодні та в найближчому майбутньому

Інформацією, яку надають в оперативному режимі національні системи ВКР, користуються багато країн, серед яких США, КНР, РФ, Японія, Індія, Південна Корея та ін. Постійно розробляються нові космічні апарати (КА) та бортові видові засоби, вдосконалюється інфраструктура космічної галузі, успішно розвиваються відповідні напрями науки і промисловості.

Кожного року у світі з метою обстеження поверхні Землі запускаються в космос понад 20 КА, з яких, як правило, дві третини – це апарати, здатні вести видову розвідку територій і дистанційне спостереження за численними наземними штучними і природними об'єктами. У космічному просторі на постійній основі працюють понад 50 супутників ВКР, які належать різним країнам. Основні системи ВКР оперативного використання та діючі (на березень 2015 р.) космічні системи (КС) спостереження Землі подвійного призначення представлені в таблиці 1.

Найбільш ефективний космічний комплекс розвідувально-видових засобів мають США. Він складається з двох потужних угруповань, одне з яких керується його замовником – Національним управлінням космічної розвідки (NRO), а власником та оператором другого угруповання є недержавна компанія DigitalGlobe. До складу угруповання NRO входять КА оптико-електронної розвідки (ОЕР) KeyHole, КА радіолокаційної розвідки (РЛР) Lacrosse і КА РЛР FIA Radar. Побудова орбітального угруповання ОЕР KeyHole забезпечує рівномірний розподіл трас на поверхні Землі, що дає можливість здійснювати гарантований огляд усієї земної поверхні протягом доби, а також у проміжки часу, найбільш сприятливі для проведення зйомки в оптичному діапазоні (це між 10–11 та 13–14 годинами дня). Період повторного огляду супутниками угруповання становить чотири доби. Знімальна апаратура супутників типу KeyHole-11 працює у видимій та ближній інфрачервоній (БІЧ) ділянках електромагнітного спектра (також використовується експериментальне обладнання для багато- і гіперспектральної зйомки), а в нічний час доби – у середній (СІЧ) і довгохвильовій (ДІЧ) ділянках електромагнітного спектра.

Таблиця 1

Системи ВКР оперативного використання та діючі КС спостереження Землі подвійного призначення

Космічна система (угруповання)	Оператор, країна	Склад або чисельність угруповання	Максимальна просторова розрізненість, м	Робочий спектральний діапазон			Ширина смуги охоплення, км	Періодичність (Revisit Time)	
				Видимий	Інфрачервоний	РЧ			
KeyHole	Національне управління космічної розвідки (NRO), США	KeyHole-11-13 (Improved Crystal-4)	0,15	+	БІЧ	-	-	4 дб	
		KeyHole-11-14 (Improved Crystal-5)	0,15	+	БІЧ	-	-		
		KeyHole-11-15	0,15	+	БІЧ+СІЧ+ДІЧ	-	-		
		KeyHole-11-16	0,15	+	БІЧ+СІЧ+ДІЧ	-	-		
		Advanced KH-11 (Misty-2)	-	+	БІЧ	-	-	-	
Lacrosse		Lacrosse-4 (ONYX-1)	1,0	-	-	X-band	-	-	
		Lacrosse-5 (ONYX-2)	1,0	-	-	X-band	-	-	
FIA Radar		FIA Radar-1	-	-	-	+	-	-	
		FIA Radar-2	-	-	-	+	-	-	
		FIA Radar-3	-	-	-	+	-	-	
WorldView	DigitalGlobe, США	WorldView-1	0,46	+	-	-	17,6	1,7 дб	
		WorldView-2	0,46	+	БІЧ	-	16,4	1,1 дб	
WorldView-3		0,31	+	БІЧ	-	13,1	<1 дб		
GeoEye-1		1	0,41	+	БІЧ	-	15,2	<3 дб	
QuickBird		1	0,61	+	БІЧ	-	18	1,0-3,5 дб	
Ikonos		1	1,0	+	БІЧ	-	11	3-5 дб	
Yaogan	China Aerospace Science and Industry Corporation (CASIC), Китай	12 OEP	1,0-3,0	+	БІЧ	-	-	до 1 год.	
		6 PJP	1,0-3,0	-	-	+			
Gaofen		Gaofen-1	2,0	+	БІЧ	-	-	-	
		Gaofen-2	0,8	+	БІЧ	-	48	-	
Zi Yuan		Zi Yuan-2/CBERS-2	3,0	+	-	-	-	-	
		Zi Yuan-3	2,1	+	-	-	51,1	-	
Tianhui		Tianhui-1-01	5,0	+	-	-	60	-	
		Tianhui-1-02	5,0	+	-	-	60	-	
Cartosat		ISRO, Індія	Cartosat-1 (IRS-P5)	2,5	+	-	-	27-30	5 дб
			Cartosat-2 (IRS-P7)	0,8	+	-	-	9,6	4 дб
	Cartosat-2A		0,8	+	-	-			
	Cartosat-2B		0,8	+	-	-			
TES	1		<1	+	БІЧ	-	13	1-5 дб	
RISAT-2	1		≤ 1	-	-	X-band	-	3-4 дб	
Pleiades	DGA, CNES, Франція	Pleiades-1A	0,5	+	БІЧ	-	20	1 дб	
		Pleiades-1B	0,5	+	БІЧ	-			
Helios		Helios-2A	0,35	+	БІЧ	-	-	-	
		Helios-2B	0,35	+	БІЧ	-			
SPOT		SPOT-5	2,5	+	БІЧ	-	60	26 дб	
		SPOT-6	1,5	+	БІЧ	-		1 дб	
SAR LUPE	ОНВ, Німеччина	SAR LUPE-1, SAR LUPE-2, SAR LUPE-3, SAR LUPE-4, SAR LUPE-5	0,5 м в кадрі 5,5×5,5 км, 1,0 м в кадрі 8,0×60 км	-	-	X-band	350	10 год.	

Продовження таблиці 1

Космічна система (угруповання)	Оператор, країна	Склад або чисельність угруповання	Максимальна просторова розрізненість, м	Робочий спектральний діапазон			Ширина смуги охоплення, км	Періодичність (Revisit Time)
				Видимий	Інфрачервоний	РЧ		
TerraSAR-X	DLR, Німеччина	1	1–2 м в кадрі (5–10)×10 км; 3 м в кадрі 30×10 км	–	–	X-band	від 463 до 622	2,5–11 дб
IGS (Information Gathering Satellite)	Cabinet Satellite Intelligence Center (CSIC), Японія	IGS-3A	1,0	+	–	–	–	1 дб
		IGS-5A	0,4	+	–	–	–	
		IGS-6A (IGS O-4)	<1	+	–	–	–	
		IGS-8B	<1	+	–	–	–	
		IGS R-3	1–3 м у смузі 10 км; 5–10 м у смузі 60 км	–	–	X-band	10/60	Двічі на добу (опівдні / у ніч)
		IGS-8A	1,0	–	–	+	–	
		IGS Radar Spare	1,0	–	–	+	–	Двічі на добу (опівдні / у ніч)
OFEQ	Міністерство оборони Ізраїлю	OFEQ-5	0,8	+	–	–	–	1,5 год.
		OFEQ-7	<0,5	+	–	–	–	
		OFEQ-9	<0,5	+	–	–	–	
		OFEQ-10	1,0	–	–	+	–	
TECSAR		TECSAR (POLARIS)	1,0	–	–	X-band	–	1,5 год.
EROS		EROS-A (EROS-A1)	1,2	+	–	–	14	1,8 дб
		EROS-B (EROS-B1)	0,7	+	–	–	14	1,8 дб
GOKTURK-2	Ministry of National Defence, Туреччина	1	2,5	+	БІЧ+СІЧ	–	–	2,5 дб
Персона-2 (Космос-2486)		1	0,7	+	–	–	40	–
Кондор-Э	Міністерство оборони РФ	1	1–2 м у смузі шириною 20 км; 5–20 м у смузі 20–160 км	–	–	S-band	10/160	–
Канопус-В	НЦОМЗ, Москва, РФ	1	2,1	+	БІЧ	–	20–23	5 дб
Ресурс		«Ресурс-П» № 1	1,0	+	БІЧ	–	38	3 дб
		«Ресурс-П» № 2	0,7	+	БІЧ	–	38	3 дб
KOMPSAT	KARI, Південна Корея	KOMPSAT-2 (ARIRANG-2)	1,0	+	БІЧ	–	15	<3 дб
		KOMPSAT-3 (ARIRANG-3)	0,8	+	БІЧ	–		16 дб
		KOMPSAT-5 (ARIRANG-5)	1,0	–	–	X-band		28 дб
RadarSat-2	MDA, Канада	1	3,0	–	–	C-band	50–500	24 дб
БелКА-2	ЦУП, Білорусь	1	2,0–2,5	+	–	–	20	–
COSMO-SkyMed	e-GEOS, Італія	4	1,1	–	–	X-band	10–200	<12 год.

Умовні позначення: ОЕР – оптико-електронна розвідка; РЛР – радіолокаційна розвідка; РЧ – радіочастотний; БІЧ – ближній інфрачервоний; СІЧ – середній інфрачервоний; ДІЧ – дальній інфрачервоний; дб – доба.

Крім того, в оперативному використанні армії США перебуває КА Advanced KH-11 (Misty-2), виведений на орбіту ще у травні 1999 р. Особливістю цього КА є досить висока, порівняно з типовими зразками КА KH-11, орбіта (2685–3135 км) і висока маневреність. Ще КА Misty-2 відрізняється низькою радіолокаційною та оптичною помітністю, що дає змогу вести зйомку земної поверхні, залишаючись практично непомітним для наземних станцій контролю космічного простору інших країн.

Створення і підтримка функціонування такого високотехнологічного космічного угруповання потребують дуже великих фінансових витрат: тільки один КА KeyHole обходиться в 1–1,5 млрд дол. США. А загалом США мають в оперативному використанні на орбіті понад 130 супутників воєнного призначення, бюджетні витрати на їх підтримання тільки в одному, 2013 р., становили 40 млрд дол. США.

Проте перелік та обсяги завдань, які покладаються на ВКР, постійно зростають, а необхідні фінансові витрати є відчутними для бюджету навіть найбагатшої країни світу. У зв'язку із цим до розв'язання проблеми забезпечення достовірною розвідувальною інформацією владних структур, органів управління збройних сил та інших відповідних відомств залучаються КС дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), які належать недержавним компаніям.

У США основи загальнонаціональної політики використання комерційних КС ДЗЗ і порядку доступу до видових матеріалів, які ними одержуються, викладені в директиві президента цієї країни від 25 квітня 2003 р. [4]. У директиві вказується, що уряд США повинен розробляти й використовувати високотехнологічні системи ДЗЗ не лише для задоволення цивільних потреб, а й для цілей національної безпеки. У документі прописані області діяльності американських комерційних систем ДЗЗ, принципи використання урядом США даних, котрі одержуються такими системами, порядок доступу іноземних користувачів до даних ДЗЗ, вимоги до обміну даними та їх захисту для органів розвідки, національної безпеки, зовнішньої політики. Усі ці правила та вимоги напряду стосуються компанії DigitalGlobe (річний бюджет компанії перевищує 600 млн дол. США) зі своїм унікальним угрупованням супутників ДЗЗ високої просторової розрізненності. Нині у складі цього угруповання шість КА, а саме: GeoEye-1, QuickBird, Ikonos і три апарати WorldView. Це забезпечує можливість надавати високоякісні оптичні зображення території інтересу в будь-якій частині земної кулі через 4–5 годин після одержання заявки, а також, за необхідності, повторювати зйомку певної території протягом цього самого дня. В угрупованні можна окремо відзначити запущений 13 серпня 2014 р. КА WorldView-3, який дає змогу формувати зображення найкращої просторової якості (просторова розрізненність на місцевості 31 см, точність геоприв'язування – до 2,8 м без використання опорних наземних точок) серед усіх працюючих на сьогодні в космічному просторі комерцій-

них КА ДЗЗ. Проте на 2017 р. компанією DigitalGlobe заплановано запуск ще одного КА, який забезпечить ведення зйомки земної поверхні з просторовою розрізненністю 25 см. Таким чином, США не лише мають найпотужніший у світі комплекс ВКР, а й постійно піклуються про його посилення та розвиток. Зокрема у 2013 р. обсяги прибутку ринку супутникових послуг США склали 196 млрд дол. Зазначимо, що ця сума практично у п'ять разів перевищує згадані вище бюджетні витрати на підтримку всіх американських супутників воєнного призначення.

Проект побудови всеосяжної ефективної системи ВКР цілеспрямовано й послідовно здійснюється в КНР. Він фінансується державою: бюджетне фінансування національної космічної галузі у 2013 р. становило понад 11 млрд дол. США, що, правда, значно поступається витратам США, але перевищує бюджетні витрати 2013 р. на космос Російської Федерації, які склали 8,6 млрд дол. США).

Китай інтенсивно розробляє супутники подвійного призначення. Упродовж останніх десяти років на орбіті створені угруповання Yoagan, Gaofen, Tianhui [5].

Угруповання Yoagan дає змогу одержувати оптичні та радіолокаційні зображення земної поверхні високої та надвисокої просторової розрізненності, які можуть використовуватися як для видової розвідки, так і для вирішення задач ДЗЗ (моніторингу зсувів, повеней, тайфунів, оцінювання агроресурсів тощо) [6]. Угруповання інтенсивно поповнюється: упродовж лише 2014 р. було виведено на орбіту дев'ять КА Yoagan. Заплановані й подальші запуски.

Угруповання КА Gaofen є основою цілодобової всепогодної системи глобального спостереження земної поверхні з високою просторовою розрізненністю, яку Китай планує створити до 2020 р. в рамках Програми розвитку науки і техніки КНР на 2006–2020 рр. Угруповання налічуватиме сім КА: п'ять низькоорбітальних оптико-електронних супутників, один геостаціонарний оптико-електронний КА і низькоорбітальний супутник радіолокаційного спостереження. Таким чином, система КА Gaofen дасть змогу вести як детальне, так і оглядове знімання земної поверхні з можливістю контролю стану об'єктів спостереження в масштабі часу, близькому до реального, й за різних погодних умов.

Розгортання системи Gaofen розпочалось у 2013 р. На сьогодні запущені два апарати: Gaofen-1 і Gaofen-2. КА Gaofen-1 оснащений багатокамерною оптико-електронною системою, здатною вести зйомку з розрізнявальною здатністю до 2 м у панхроматичному каналі та 8–16 м – у багатоспектральному режимі. КА Gaofen-2 веде знімання з розрізненністю 1 м у панхроматичному каналі (режимі) і 4 м – у багатоспектральному режимі. Супутники Gaofen-3 і Gaofen-4 будуть запущені в 2015 р. КА Gaofen-3 є низькоорбітальним супутником радіолокаційного спостереження з надвисокою просторовою розрізненністю (до 1 м), його радар працює в С-діапазоні частот.

Супутник Gaofen-4 виведуть на геостационарну орбіту, де він проводитиме оптичну зйомку з розрізнявальною здатністю 50 м. Низькоорбітальний супутник Gaofen-5 виконуватиме завдання моніторингу за атмосферними газами, вмістом домішок в атмосфері, за атмосферним аерозолем, а також здійснюватиме гіперспектральну зйомку земної поверхні з розрізнявальною здатністю не гірше 10 м. КА Gaofen-6 (брат-близнюк супутника Gaofen-1) буде запусканий у 2016 р. Низькоорбітальний супутник Gaofen-7 оснащується оптичною апаратурою для 3D-картографічної зйомки земної поверхні.

Необхідно зазначити, що Китай уже сьогодні розгорнув на орбіті повноцінну національну космічну стереопографічну систему у складі супутника цивільного призначення Zi Yuan-3 (виведений на орбіту 9 січня 2012 р.) та військових КА Tianhui-1-01 (виведений 24 серпня 2010 р.) та Tianhui-1-02 (запущений 6 травня 2012 р.).

Картографічні супутники Tianhui-1-01 і Tianhui-1-02 створені на замовлення оборонного відомства країни й ідентичні за своїми характеристиками. Кожен КА Tianhui оснащений двокамерною оптико-електронною системою з розрізнявальною здатністю 5 м; багатоспектральною оптико-електронною системою з розрізненністю 10 м у смугі зйомки шириною 60 км; панхроматичною камерою з розрізнявальною здатністю 2,5 м. КА Zi Yuan-3 має двокамерну оптико-електронну систему з просторовою розрізненністю 4,0 м, панхроматичну камеру з розрізненністю 2,5 м і багатоспектральну оптико-електронну систему з розрізненністю 10 м. КА Tianhui-1-01, Tianhui-1-02 і Zi Yuan-3 можуть формувати стереознімки у вигляді триплетів для геодезичних вимірювань і картографічних робіт.

Сьогодні Китай підтримує на орбіті близько 50 КА воєнного призначення. Загалом Програмою розвитку науки і техніки КНР на 2006–2020 рр. передбачається, що за період, який залишився, буде виведено на орбіту ще близько 30 КА подвійного призначення [7]. Про реальність здійснення цих планів свідчить той факт, що Китай уже четвертий рік поспіль є світовим лідером з кількості запущених національних супутників знімання Землі (у 2013 р. – 6 КА).

Росія, хоча і зберігає поки статус однієї з провідних космічних держав світу, на даний час має в оперативному використанні своїх космічних військ усього два супутники видової розвідки: «Персона-2» (Космос-2486) (виведений на орбіту 7 червня 2013 р.) і «Кондор-Э» (виведений 27 червня 2013 р.).

«Персона-2» – перший успішно працюючий російський розвідувальний супутник із цифровою оптико-електронною апаратурою (йому передували запуски розвідувальних супутників «Аркон» та «Персона-1» із цифровими камерами формування зображень, але кожний з них попрацював у космосі зовсім недовго з причин технічного характеру).

КА «Кондор-Э» – перший із серії малих супутників ДЗЗ «Кондор-Э», розроблених в ОАО «Военно-промис-

ленная корпорация “Научно-производственное объединение машиностроения” (м. Реутов, Московська область, РФ) для російських космічних військ, а також для іноземних замовників (запуск першого КА «Кондор-Э» відбувся всередині 2013 р.). Супутники серії «Кондор» конструктивно побудовані за модульним принципом і складаються з базової уніфікованої платформи й модуля корисного навантаження, у ролі якого можна використати або радіолокатор із синтезованою апертурою, або оптико-електронну апаратуру.

Виведений КА «Кондор-Э» має на борту радіолокатор із синтезованою апертурою, основні характеристики якого наведені в таблиці 1. Характеристики апаратури ОЕР для КА «Кондор» такі: робочий спектральний діапазон – видимий (просторова розрізненність близько 1 м) і БІЧ (розрізненність 5–10 м), ширина смуги охоплення – від 12 км.

Безумовно, супутники «Персона-2» і «Кондор-Э» не перекривають усіх завдань російської космічної розвідки, тому за необхідності військові використовують дані з діючих супутників ДЗЗ високої просторової розрізненності «Ресурс-П» № 2 та «Канопус-В». Донедавна була можливість використовувати ще КА «Ресурс-П» № 1, але з початку грудня 2014 р. він практично не працює.

Сьогодні на орбіті працюють два супутники серії «Ресурс», один з яких був виведений 5 червня 2013 р., а другий – 27 грудня 2014 р. На борту останнього встановлена оптико-електронна апаратура «Геотон-Сангур» і комплекс широкозахватних багатоспектральних знімальних камер. Апаратура «Геотон-Сангур» дає змогу проводити зйомку земної поверхні з висоти 475 км з розрізненністю не гірше 1 м, а також одержувати спектрально-зональні знімки з розрізненністю 2–3 м. Відомо, що на 2015–2017 рр. заплановано запуски ще принаймні трьох КА серії «Ресурс».

Проект Федеральної космічної програми Росії на 2016–2025 рр. (ФКП-2025) передбачає значне зростання кількості супутників ДЗЗ, при цьому особлива увага приділяється проблемі одержання знімків високої просторової розрізненності. У проекті ФКП-2025 ідеться про «інформацію надвисокої (менше 0,5 м), детальної (0,5–1,0 м), високої (1,0–5,0 м), середньої (5,0–10 м) та оглядової (10–50 м) розрізненності у спектральних діапазонах 0,35–16 мкм з періодичністю не рідше одного разу на кілька діб». Цю задачу вирішуватиме система з трьох КА, оснащених оптико-електронною апаратурою «високої та надвисокої просторової розрізненності 0,4 м у видимому діапазоні (панхром) і 1,6 м – у спектральних каналах з висоти 700 км на сонячно-синхронній орбіті з точністю визначення координат не більше 5–10 м і з оперативністю надання космічних знімків замовникам не більше 1 доби». Загалом на проекти в області ДЗЗ, заплановані у ФКП-2025, Росія планує витратити 360 млрд руб.

Однак далеко не всі країни світу мають потребу в глобальному спостереженні Землі з космосу. Багато країн входять до «космічного клубу» і звертаються до можливостей

ВКР, передусім щоб мати на систематичній основі оперативну інформацію про суміжні країни, обстановку на прикордонних територіях, яка даватиме воєнно-політичному керівництву країни, відповідним командирам і начальникам можливість своєчасно реагувати на недружні наміри та дії з боку потенційного ворога. Саме гостра проблема надійного забезпечення оборони і безпеки держави та її населення була основним рушійним фактором створення ефективних національних систем ВКР такими країнами, як Ізраїль, Південна Корея, Японія.

З огляду на дуже високу вартість космічних проектів країни дедалі частіше об'єднують свої ресурси при створенні супутникових угруповань. Характерний приклад – КС із двох КА Helios, яка створювалася Францією із залученням Бельгії, Греції та Іспанії (загальна вартість проекту 2,9 млрд дол. США). Сьогодні даними КС Helios користуються всі зазначені країни. Ще один приклад – орбітальне угруповання супутників COSMO-SkyMed [8]. Інформацією, яка надходить із цих супутників подвійного призначення, користуються Італія, Франція, Швеція, а також Аргентина). Загальна вартість створення КС COSMO-SkyMed склала 1,4 млрд дол. США, при цьому внесок військових був 30%, а цивільного сектора – 70% [9].

Вивчення національних космічних програм, воєнно-космічних доктрин провідних країн світу, всебічний аналіз тактико-технічних і конструктивних характеристик діючих розвідувальних супутників і КА ДЗЗ та їх бортової апаратури, результати експертного оцінювання провідними аналітиками ефективності різних способів організації космічної діяльності з погляду мінімізації витрат і максимізації задоволення потреб замовників дасть змогу більш-менш чітко визначити основні тенденції подальшого розвитку систем та засобів ВКР. У короткостроковій перспективі вони такі:

1. Найкращі супутники видової розвідки та ДЗЗ здатні формувати зображення дуже високої просторової розрізненості, але габарити й маса подібного супутника зазвичай досить великі (наприклад, маса становить понад тонну), унаслідок чого витрати на його розроблення й виведення на орбіту виявляються дуже значними (наприклад, виведення на низьку орбіту 1 кг маси може коштувати від 4800 до 9000 дол. США). Найближчими роками слід очікувати послідовної відмови від таких дорогих супутників і переходу до використання малогабаритних космічних апаратів (МКА), організованих у кластери. При цьому новітні видові технічні засоби (сенсори), які встановлюються на МКА, також забезпечують формування зображень високої просторової розрізненості.

Кластерний принцип дає змогу максимально гнучко й економічно реалізовувати можливості стереоскопічного та багатосенсорного спостереження з високою періодичністю повторної зйомки та оперативністю одержання даних розвідки і спостереження.

Слід зазначити, що кластерний принцип побудови орбітальних угруповань КА був реалізований при побудові деяких діючих КС, а саме TerraSAR (Німеччина),

Pleiades (Франція), COSMO-SkyMed (Італія), і показав свою високу ефективність.

2. Дедалі більше уваги космічними країнами приділяється створенню орбітальних угруповань, які сприяли би підвищенню можливостей наземних військ під час підготовки операцій, а також безпосередньо при веденні бойових дій. Такі угруповання є багатофункціональними і складаються з певної кількості (4–6) МКА, кожний з яких має відповідне цільове корисне навантаження. У США розроблення МКА для підтримання ведення бойових операцій здійснюється в рамках реалізації концепції «Оперативне розгортання космічних засобів» (Operationally Responsive Space – ORS). Концепція ORS передбачає створення запасу супутників, які виготовляються у стислі терміни (рік-два, не більше) і надходять на зберігання. За необхідності оперативного проведення розвідки або спостереження, наприклад у разі виникнення кризової ситуації, проводять швидку передстартову підготовку КА та його запуск за допомогою легких твердодопаливних ракет-носіїв або мобільних пускових установок балістичних ракет. Супутник має бути виведений на потрібну орбіту не пізніше трьох-п'яти днів після прийняття рішення про це. Тип робочої орбіти й конфігурація модульного корисного навантаження визначаються потребами замовника в зоні конфлікту.

Упродовж 2004–2013 рр. США витратили 850 млн дол. на розроблення і виведення на орбіту чотирьох КА TacSat (Tactical Satellite), два з яких мали модульне корисне навантаження для ведення видової розвідки. На супутнику TacSat-2 була встановлена система ОЕР із просторовою розрізненістю 2,5 м. На борту TacSat-3 стояли інфрачервона камера й гіперспектральна система, кожна мала просторову розрізненість близько 5 м.

Виконаний проект TacSat довів можливість практичної реалізації принципу швидкого персонального доступу особового складу підрозділів тактичної ланки до даних космічної зйомки в режимі «на вимогу». Тому роботи в цьому напрямі триватимуть, і свідченням цього є нові американські програми SeeMe, Kestrel Eye, NanoEye, SATS, а також проект канадсько-американської компанії SkyBox Imaging, метою якого є побудова комплексу систем одержання з орбіти інформації про процеси на визначених ділянках місцевості в режимі відео з передаванням її на Землю в реальному часі.

3. Поступове розширення присутності в космосі супутників подвійного призначення. Якщо десять і більш років тому в галузі ВКР орієнтувалися передусім на супутники з оптико-електронною апаратурою високої (від 2,5 до 1,0 м) та надвисокої (менше 1,0 м) просторової розрізненості, то останнім часом зростаюча увага приділяється радіолокаційним супутникам. Новітні бортові радіолокатори із синтезованою апертурою забезпечують, причому практично незалежно від погодних умов, формування зображень, зіставлюваних за просторовою якістю з оптичними зображеннями. Тому радіолокатори

із синтезованою апертурою дедалі частіше включаються в корисне навантаження розвідувальних супутників.

Зокрема, у США на 2015 р. заплановане виведення на орбіту оперативно-тактичного КА РЛР ORS-2 у рамках програми ORS. КА РЛР стануть важливою складовою створюваної міністерством оборони Російської Федерації і «Роскосмосом» багатопозиційної системи космічної розвідки «Акварель». До цього можна додати, що в найближчі роки вже анонсовано запуски нового покоління радіолокаційних КС ДЗЗ подвійного призначення, таких як RadarSat Constellation Mission (Канада), TerraSAR-X2 (Німеччина), IGS-Radar-Spare (Японія) та ін. Аналіз також показує, що до складу корисного навантаження супутників розвідки і подвійного призначення дедалі частіше входять гіперспектральна апаратура з просторовою розрізненністю до 5–7 м.

4. Скорочення термінів проектування та розробки КА і, як наслідок, оперативність упровадження нових технологій. Навіть складні КА створюватимуться за один-два роки на базі уніфікованих платформ, що спрощує виконання робіт і підвищує надійність функціонування апарату в космосі. Це забезпечить збільшення вдвічі термінів оперативного використання КА.

5. Унаслідок надзвичайно високої вартості систем ВКР і ДЗЗ високої та надвисокої просторової розрізненості (що нами вже неодноразово зазначалося), слід очікувати зростання рівня взаємодії державних і комерційних структур під час розроблення нових КС і програмних систем оброблення та дешифрування супутникових даних. Найвищий рівень такого співробітництва досягнуто у США, де держава в особі Національного управління космічної розвідки (NRO) щорічно закуповує до 60% ресурсу супутників, які належать компанії DigitalGlobe (річний оборот компанії становить 613 млн дол. США). Очевидно, подібним шляхом рухатимуться інші розвинені космічні країни.

Місце видової космічної розвідки в сучасних локальних військових конфліктах

Більшості сучасних локальних конфліктів притаманна багатовимірність протистояння: боротьба ведеться одночасно в багатьох площинах – військовій, політичній, ідеологічній, інформаційній, економічній та ін. [2, 3, 9, 10].

Ураховуючи ці обставини, на розвідку покладається дуже широкий спектр завдань, як постійних (системних), так і оперативних (по ситуації). Ці завдання мають на меті забезпечити командування надійною та максимально точною інформацією про:

- стан найважливіших об'єктів та інфраструктури загалом;
- поточну ситуацію на певних територіях або ділянках, зокрема про кількість військ і техніки, рівень функціонування промислових підприємств і служб, які забезпечують життєдіяльність, про наявність оборонних спо-

руд, стан доріг, соціально-економічну ситуацію та настрої населення і т. д.;

- наміри і плани супротивника, існуючі прямі або потенційні загрози з його боку;
- підозрілі об'єкти, а також скупчення військ і бойової техніки або їх перегруповування;
- підхід (підвіз) до основних сил нових підкріплень і техніки;
- наслідки проведених операцій і бойових дій, у тому числі авіаційних бомбардувань, артилерійських ударів тощо.

Аналізуючи цей перелік в аспекті вдосконалення розвідувальної діяльності НАТО, в роботі [11] приходять до висновку, що, наприклад, гібридна війна з її особливостями потребує створення додаткових структур для ведення розвідки, а саме підрозділів гібридної розвідки й розроблення нових ефективних методів і засобів її ведення.

Безумовно, можливості жодного з існуючих видів розвідки (військової, радіотехнічної, повітряної, космічної або іншої) не дають можливості виконати такий широкий спектр інформаційних завдань. Для цього потрібно застосовувати комплексний підхід. У зв'язку із цим важливо чітко уявляти, які саме завдання здатний найбільш ефективно вирішувати в певних умовах конфлікту той чи інший вид розвідки.

Слід зазначити, що раціональний вибір розвідувальних джерел і засобів дає змогу не лише забезпечити належну повноту виконання розвідувального завдання і зменшити час його виконання, а й мінімізувати ризики.

У даній роботі ми обмежимось обговоренням можливостей лише ВКР. Інформація, яка одержується із супутникових зображень при дешифруванні, може бути використана командирами різного рівня, у тому числі тактичної ланки та польовими, для більш повного й детального ознайомлення з оперативно-тактичною обстановкою, з'ясування поточної ситуації в районі відповідальності, прогнозування можливого розвитку подій і навіть для моделювання бойових дій у складному просторі, наприклад в умовах міста.

Ураховуючи наведений перелік розвідувальних завдань і характерних для умов ведення сучасних локальних військових конфліктів, можна виокремити основні напрями, де засоби ВКР і матеріали космічної зйомки матимуть суттєві переваги над іншими видами розвідки й розвідувальними даними.

Спостереження і контроль ситуації в районі бойових дій і навколо. Об'єктами спостереження можуть бути локальні зони (ділянки) місцевості або регіон протистояння загалом. За допомогою супутників контроль може здійснюватися як одноразово (за необхідністю), так і періодично, в моніторинговому режимі.

Якщо визначено ділянку місцевості особливого інтересу, то сучасні технічні засоби космічного спостереження дають змогу не лише сформувати високоякісні знімки такої сцени, а й зареєструвати в динаміці, за допомогою відеозйомки, процеси, що відбуваються в її межах,

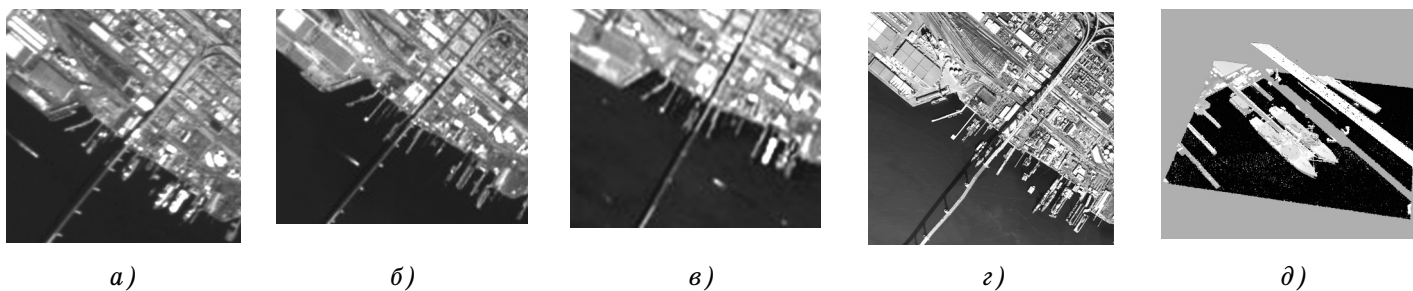


Рис. 1. Фрагмент зображення військово-морської бази ВМС США, м. Сан-Дієго:
а) КА Січ-2 (просторова розрізненність 8 м); б) КА EO-1 (10 м, апаратура ALI); в) КА Terra (15 м, апаратура Aster);
г) КА QuickBird, (2,5 м); д) авіаційний LiDAR (1,0 м)

наприклад рух об'єкта, пуск ракети тощо. Так, сьогодні існують і доступні на комерційній основі відеокамери для знімання з орбіти місцевості у смузі шириною до кількох десятків кілометрів з просторовою розрізненністю 5,5 м, а також бортові відеокамери для знімання у форматі надвисокої чіткості 4КУHD із просторовою розрізненністю 1,1 м на місцевості [12].

Слід зазначити, що результати контролю ситуації в районі або навколо території військового конфлікту, які одержуються за допомогою матеріалів космічної зйомки, мають у рамках інформаційного протиборства дуже важливе значення (завдяки своїй документальності) для роз'яснення на міжнародній арені позицій, намірів і реальних дій сторін. Так, наприклад, саме за допомогою даних ВКР експертами НАТО був виявлений і доведений до широкого загалу факт руху колони російських самохідних артилерійських установок територією України поблизу містечка Краснодона Луганської області (рис. 1) [13].

Виявлення об'єктів інтересу й розпізнавання цілей. У локальних збройних конфліктах, зокрема в гібридній війні, бойові дії рідко йдуть на відкритій місцевості. Як накопичення сил, так і зіткнення, і бойові дії звичайно відбуваються в зоні міста або селища, іноді на заліснених територіях. Це ускладнює виявлення й розпізнавання об'єктів, оскільки за таких умов їх маскування значно полегшується. Однак навіть у таких складних ситуаціях

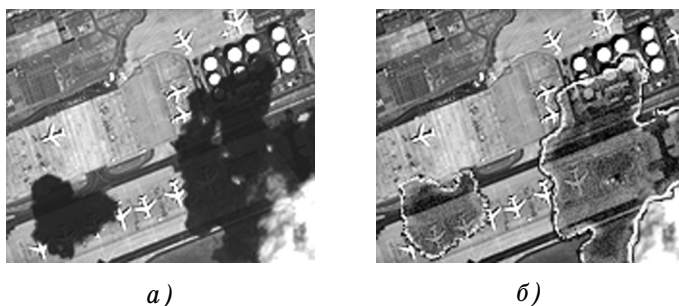


Рис. 2. Фрагмент зображення, одержаного гіперспектральним сенсором AVIRIS до (а) та після (б) нейтралізації ефекту затінення

Таблиця 2

Вимоги до просторової розрізненності на місцевості для військових і військово-промислових об'єктів, бойової техніки та інженерних споруд при аналізі супутникових знімків, м

Об'єкт, споруда	Виявлення	Визначення до:		Детальна інтерпретація
		класу	типу	
Мости, віадук, транспортні розв'язки	6,0	4,5	1,5	1,0...0,3
Радіотехнічні та радіолокаційні пункти, вузли і пункти зв'язку та управління	3,0	1,5...1,0	0,3	0,15
Фабрично-заводські будівлі, склади, ангари	3,0...1,5	0,6	0,3	0,2
Військові підрозділи, воєнізовані загони	6,0	2,0	1,2	0,3
Бойова і транспортна техніка (танки, бойові машини піхоти, вантажівки тощо)	1,5	0,6	0,3	0,30...0,10
Аеродроми та аеродромне устаткування	6,0	4,5	3,0	0,3
Літаки та гелікоптери	4,5	1,5	1,0	0,15
Артилерія та ракетно-пускові установки	1,0	0,6	0,3	0,15
Блокпости, пункти догляду та контролю	3,0	1,5	0,6	0,3
Порти, гавані	30	15	6,0	3,0
Кораблі та судна	7,5	4,5	0,6	0,3
Залізничні вузли та станції	30	15	6,0	1,5...0,4
Шляхи та магістралі	20...10	5,0	1,0	0,6

сучасні космічні багато- й гіперспектральні системи здатні досить успішно виявляти підозрілі об'єкти та розпізнавати їх.

У таблиці 2 наведені вимоги до просторової розрізненості на місцевості, потрібної, щоб з відповідним рівнем детальності вирішувати завдання дешифрування на супутникових знімках військових і військово-промислових об'єктів, бойової техніки та інших об'єктів, які мають цільовий інтерес для сторін – учасників збройних конфліктів [14, 15].

На *рисунку 1* показано вигляд ділянки території військово-морської бази США у м. Сан-Дієго на знімках з різними величинами просторової розрізненості.

Успішність виявлення об'єктів і розпізнавання цілей залежить також від спектральних каналів, у яких формуються зображення місцевості. Наприклад, наявність у складі багатоспектрального знімка синього спектрального каналу дає можливість, застосовуючи спеціальні алгоритми й комп'ютерні програми [16], виявляти об'єкти в умовах затінення (рис. 2).

Оперативне картографування та актуалізація картографічної інформації. Існуючі засоби космічної зйомки високої та надвисокої просторової розрізненості (див. *табл. 1*) дають змогу створювати карти земної поверхні масштабів від 1:5000, а сучасні геоінформаційні технології забезпечують автоматизацію процесів оброблення матеріалів зйомки та оперативне (прискорене) формування картографічних матеріалів (або їх актуалізацію) з урахуванням вимог замовників (зокрема виділення певних об'єктів, ідентифікацію змін обстановки в районі тощо).

Стереоскопічний режим знімання уможливорює створення високдеталізованих 3D карт місцевості, які містять інформацію про рельєф та висоти різних штучних і природних об'єктів, що дуже важливо при плануванні операцій. Крім того, можливе оперативне (упродовж кількох годин) виготовлення космокарти району інтересу, яка являє собою цифрову карту з вбудованим (накладеним) космічним зображенням [17]. Космокарта відрізняється своєю інформативністю й тому є дуже корисною при проведенні аналізу військово-об'єктової обстановки.

Вище вже зазначалося, що в локальних конфліктах боротьба між сторонами йде також в інформаційній площині. Відомо багато випадків [18], коли задля дезінформування використовувалися космічні знімки. Механізм дезінформації в таких випадках базується на підміні деяких сюжетів (сегментів) у межах цифрового зображення або викривленні службової текстової інформації про зображення.

Підміна сюжету може реалізовуватися програмно двома основними способами. Перший спосіб – у вихідне зображення спеціально додаються (вносяться, вмонтовуються) певні додаткові елементи, які змінюють відеосемантику (сприйняття) картини в бажаному для дезінформування напрямі. При другому способі, якщо на вихідному зображенні присутній небажаний (за деякими

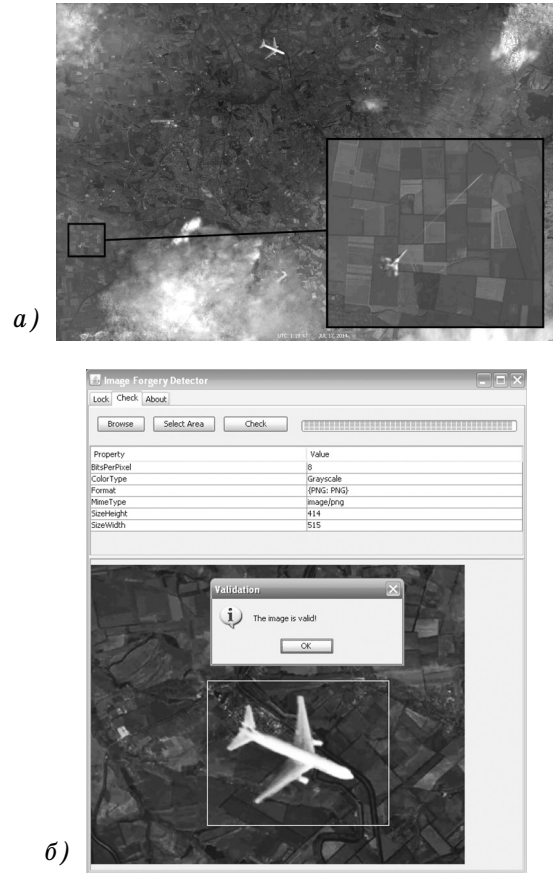


Рис. 3. Результат виявлення штучного підроблення (фальшування) космічного зображення програмним забезпеченням Image Forgery Detector:

- а) зображення, поширюване російськими засобами масової інформації;
б) виявлення факту підроблення (фальшування) наданого зображення

причинами для сторони дезінформатора) об'єкт, то сегмент із цим об'єктом просто видаляється з картини, наприклад, шляхом заміни яким-небудь фоновим сегментом того самого зображення.

На щастя, існують алгоритми комп'ютерного аналізу цифрового зображення [19–21], які дають змогу досить упевнено викривати факти штучного підроблення (фальшування) зображень, у тому числі космічних, у будь-яких варіантах. Такі алгоритми базуються на тому, що практично завжди можна знайти параметри, за якими сфальшований і вихідний (оригінальний) сегменти зображення відрізняються між собою (це може бути різниця в динамічному діапазоні відеосигналів, локальний просторовий розрізненості, розподілу шумів тощо). Зазначимо, що застосування будь-якого з подібних алгоритмів до поширюваного в засобах масової інформації зображення (*рис. 3*), яке використовується деякими псевдоекспертами в інформаційній війні навколо збитого 17 липня 2014 р. поблизу Донецька малайзійського Boeing-777, однозначно показує, що в даному зображенні присутні елементи монтажу.

Напрями підвищення ефективності застосування видової космічної розвідки в сучасних локальних військових конфліктах

Робота з розвідувальними даними складається з таких етапів: 1) добування, 2) оброблення, 3) аналіз і 4) доведення до користувача (замовника). Кожен етап по своєму важливий і впливає на кінцевий результат, тому стисло розглянемо, як поетапно й у цілому можна підвищити ефективність ВКР в означених умовах.

Добування даних. З наведеного раніше випливає, що для одержання якісних матеріалів мають застосовуватися супутники з апаратурою високої та надвисокої просторової розрізненості. Досвід розвинених країн світу показує, що для своєчасного вирішення розвідувальних завдань державі необхідно мати космічне угруповання з кількох національних розвідувальних супутників або підключати до цього КА ДЗЗ.

За оцінками українських експертів [22], національне космічне угруповання має включати КА з оптичною апаратурою високої просторової розрізненості (1,0–2,5 м) та інфрачервоний сканер середнього просторового розрізнення, а також хоча б один радіолокаційний супутник. Угруповання з таким складом і функціями КА дасть можливість здійснювати періодичний контроль найбільш проблемних ділянок державного сухопутного кордону і спостереження морських акваторій.

Космічна програма України передбачає створення нових КА ДЗЗ, проте нинішній економічний стан країни напевно чи дасть нам змогу в найближчі роки мати на орбіті більше одного-двох КА з видовими технічними засобами. Тому зусилля слід зосереджувати на двох напрямках:

1) домагатися включення перспективних національних супутників ДЗЗ у відповідні угруповання, які створюються іншими країнами або міжнародними кампаніями;

2) налагодити такі договірні відносини з міжнародними операторами космічних послуг, які гарантуватимуть надійне та своєчасне постачання Україні необхідних супутникових знімків на вимогу.

Слід зазначити, що у випадках, коли необхідна термінова інформація про нестационарні (рухомі) об'єкти, мають залучатися інші види й засоби розвідки, зокрема розвідувальна авіація – пілотована або безпілотна.

Оброблення та аналіз даних. Оскільки в сучасних локальних військових конфліктах принципове значення має фактор часу, то досить жорсткі вимоги висуваються до термінів надання необхідних розвідувальних відомостей про об'єкти й до точності їх просторового прив'язування в системі координат, яка використовується засобами ураження. Задоволення цих вимог пов'язується з максимальною автоматизацією процесів опрацювання розвідувальних даних.

Важливими завданнями на цьому шляху є розробка класифікаторів об'єктів розвідки і формування їх спектральних портретів, створення баз даних з описами (електронних словарів дешифрувальних ознак) цих

об'єктів, удосконалення алгоритмічного і програмного забезпечення оброблення та аналізу розвідувальних даних, створення інтерактивних сервісів оперативного дешифрування видової інформації. При цьому значна увага має приділятися стандартизації форм представлення всіх видів розвідувальних даних, а програмне та апаратне забезпечення обов'язково мають проходити процедуру сертифікації (валідації).

Доведення даних до користувача (замовника). Успішне вирішення завдання найскорішого доведення розвідувальних даних і відомостей до користувачів потребує розвиненої телекомунікаційної мережі. Основні вимоги до такої мережі: висока пропускну здатність, надійний захист даних одночасно із забезпеченням транзакцій запитів легітимних користувачів, імплементація у відомчу або національну інфраструктуру супутникових геоінформаційних ресурсів [23].

Таким чином, підвищення ефективності ведення ВКР у сучасних локальних військових конфліктах – це комплексна проблема, яка потребує нових підходів до планування та організації космічної розвідки, вдосконалення взаємодії з іншими видами розвідки, створення баз і банків даних про об'єкти розвідки, розробки методів інтеграції даних від різних розвідувальних джерел тощо.

Розв'язання даної проблеми може бути досягнуто на принципах, покладених в основу створення такої ефективної системи розвідки, як GEOINT [24, 25]. Однак, безумовно, при цьому необхідно враховувати рівень загроз нашої національній безпеці та економічні можливості країни.

Висновки

Проведено огляд сучасного стану засобів ВКР у світі, наведено характеристики основних діючих на сьогодні систем ВКР і космічних систем спостереження Землі подвійного призначення.

Проаналізовано потреби в розвідувальній інформації в сучасних локальних військових конфліктах. Розглянуто можливості застосування методів і засобів ВКР у зазначених умовах, а також перспективні напрями підвищення ефективності космічної розвідки.

Потребують подальших досліджень питання інтеграції оптичних і радіолокаційних засобів ВКР з метою підвищення точності та оперативності виконання розвідувальних завдань, а також проблема інтеграції матеріалів космічної та повітряної розвідки.

Перелік літератури

1. Norris P. Watching Earth from Space: How Surveillance Helps Us and Harms Us / P. Norris. – Washington : Springer Science & Business Media, 2010. – 304 p.
2. Hoffman F. G. Conflict in the 21st Century: the Rise of Hybrid Wars / F. G. Hoffman. – Arlington, Virginia : Potomac Institute for Policy Studies, 2007. – 72 p.
3. Радковець Ю. І. Ознаки технологій «гібридної війни» в агресивних діях Росії проти України / Ю. І. Радковець // Наука і оборона. – 2014. – № 3. – С. 36–42.

4. U.S. Commercial Remote Sensing Policy // Presidential Directive of 23 April, 2003. – 35 p.
5. Stokes M. A. China's Evolving Space Capabilities: Implications for U.S. Interests / M. A. Stokes, D. Cheng // The Project 2049 Institute, US, April 26 2012. – 84 p. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://project2049.net>.
6. Chandrashekar S. China's Constellation of Yaogan Satellites & the Anti-Ship Ballistic Missile – An Update / S. Chandrashekar, S. Perumal // International Strategic & Security Studies Programme (ISSSP). National Institute of Advanced Studies, Bangalore, India, December 2013. – 12 p.
7. Norris P. Developments in high resolution imaging satellites for the military / P. Norris // Space Policy. – 2011. – № 27. – P. 44–47.
8. Caltagirone F. The COSMO-SkyMed Dual Use Earth Observation Program: Development, Qualification, and Results of the Commissioning of the Overall Constellation / [F. Caltagirone, A. Capuzi, A. Coletta, G. F. De Luca, E. Scorzafava, R. Leonardi, S. Rivola, S. Fagioli, G. Angino, M. L'Abbate, M. Piemontese, E. Zampolini Faustini, A. Torre, C. De Libero, and P. Giorgio Esposito] // IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. – 2014. – Vol. 7 (No. 7). – P. 2754–2762.
9. Сержантов А. В. Анализ особенностей современных военных конфликтов / А. В. Сержантов, А. П. Маргофляк // Военная мысль. – 2011. – № 5. – С. 36–44.
10. JP 3-24 Counterinsurgency Operations. – Washington, DC : Department of the US Army, 5 October 2009. – 249 p.
11. Korkisch F. W. NATO Gets Better Intelligence. Strategy Paper 1-2010 / F. W. Korkisch. – Vienna : Institut für Außen und Sicherheitspolitik (IAS), April 2010. – 75 p.
12. Матеріали офіційного сайту кампанії UrtheCast [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.urthecast.com>.
13. New satellite imagery exposes Russian combat troops inside Ukraine // Allied Command Operations, NATO, 28 August 2014 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://aco.nato.int/new-satellite-imagery-exposes-russian-combat-troops-inside-ukraine.aspx>.
14. NATO STANAG 3769, MAS (AIR) (76) 256. Annex C «Minimum Resolved Object Sizes for Imagery Interpretation». – Brussels, Belgium : NATO, 1976. – 234 p.
15. Reconnaissance Handy Book for The Tactical Reconnaissance Specialist. – St. Louis, Mo. : McDonnell Douglas Co., 1982. – 125 p.
16. Попов М. О. Особливості застосування гіперспектральної аерокосмічної інформації в задачах створення національної інфраструктури геопросторових даних / М. О. Попов, В. Д. Молдован // Екологія і ресурси. – 2008. – № 19. – С. 90–99.
17. Petersen J. K. Handbook of Surveillance Technologies: 3rd Edition / J. K. Petersen. – CRC Press, 2009. – 1040 p.
18. Best R. A. Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance (ISR) Acquisition: Issues for Congress / R. A. Best Jr. // CBS Report for US Congress: Congressional Research Service, June 15, 2010. – 23 p.
19. Farid H. Image forgery detection – a survey / H. Farid // IEEE Signal Processing Magazine. – 2009. – № 5. – P. 16–25.
20. Qu Z. Detect Digital Image Splicing with Visual Cues / [Z. Qu, G. Qiu, J. Huang, S. Katzenbeisser, A. R. Sadeghi (Eds.)] // Springer-Verlag, Berlin Heidelberg IH 2009, LNCS 5806. – 2009. – P. 247–261.
21. Ansari M. D. Pixel-Based Image Forgery Detection: A Review / M. D. Ansari, S. P. Ghrera, V. Tyagi // IETE Journal of Education. – 2014. – Vol. 55, No 1. – P. 40–46 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.tandfonline.com/loi/tije20>.
22. Попов М. О. Можливості та перспективи космічних систем видової розвідки і спостереження в контексті національних інтересів / М. О. Попов, Є. І. Махонін, В. І. Присяжний // Наука і оборона. – 2008. – № 2. – С. 41–52.
23. Инфраструктура спутниковых геоинформационных ресурсов и их интеграция / Под ред. д. т. н. М. А. Попова и д. т. н. Е. Б. Кудашева. – К. : Карбон-Сервис, 2013. – 192 с.
24. Barrowman R. E. Geospatial Intelligence: The New Intelligence Discipline / R. E. Barrowman // Joint Force Quarterly. – 2007. – № 44. – P. 14–18.
25. JP 2-03 Geospatial Intelligence Support to Joint Operations. – Washington : Department of the US Army, 22 March 2007. – 135 p.

Надійшла до редакції 15 грудня 2014 р.