

С. П. Фриз, Р. О. Авсієвич

АНАЛІЗ КОСМІЧНИХ СИСТЕМ ВИЯВЛЕННЯ РУХОМИХ НАДВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ

В умовах агресії Російської Федерації проти України виникає гостра необхідність у збільшенні кількості джерел достовірної інформації про рухомі надводні об'єкти, що переміщуються в акваторії Чорного та Азовського морів.

Як джерела відповідної інформації доцільно розглядати космічні системи моніторингу рухомих надводних об'єктів, оскільки саме вони дозволяють оперативно виявляти, ідентифікувати та проводити спостереження за рухомими надводними об'єктами в різних погодних умовах на значних територіях без загрози життю та здоров'ю оператора системи й технічним засобам спостереження.

Застосування космічних систем для моніторингу надводних рухомих об'єктів в інтересах сектора безпеки та оборони України сприятиме досягненню показників, зазначених у Стратегії національної безпеки України, Стратегії воєнної безпеки України, Стратегічному оборонному бюлетені, Стратегії Військово-Морських Сил Збройних Сил України 2035, Візії розвитку Військово-Морських Сил 2035, Візії розвитку Збройних Сил України 2030. Зокрема, очікується нарощення спроможностей Військово-Морських Сил, передбачених єдиним переліком (каталогом) спроможностей Міністерства оборони України, Збройних Сил України тощо. Крім того, успішне вирішення поставленого завдання щодо прийому даних про рухомі надводні об'єкти від космічних систем сприятиме розвитку України як космічної держави.

Подальші дослідження за обраною тематикою будуть спрямовані на вивчення можливості створення універсальної автоматизованої системи приймання даних від космічних систем моніторингу надводних рухомих об'єктів, а також даних про геопросторове положення рухомих об'єктів у повітряному, морському та наземному просторах.

Ключові слова: надводна обстановка; виключна (морська) економічна зона; космічна система; оптико-електронне спостереження; радіолокаційне спостереження; космічний радіомоніторинг; C4ISR.

Постановка проблеми в загальному вигляді. Про необхідність вирішення завдання моніторингу рухомих надводних об'єктів зазначається у Стратегії воєнної безпеки [1], Стратегічному оборонному бюлетені [2], рішенні Ради національної безпеки та оборони України від 12.10.2018 № 0011525 «Про невідкладні заходи щодо захисту національних інтересів на Півдні та Сході України, у Чорному та Азовському морях і Керченській протоці» [3], указі Президента України від 11.05.2021 № 189/2021 «Про Річну національну програму під егідою Комісії Україна – НАТО на 2021 рік» [4].

Крім того, відповідні рішення викладені в постановах та розпорядженнях Кабінету Міністрів України:

© С. П. Фриз, Р. О. Авсієвич, 2021

від 17.07.2003 № 410-р «Про схвалення Концепції створення державної інтегрованої інформаційної системи забезпечення управління рухомими об'єктами (зв'язок, навігація, спостереження)» [5];

від 17.08.2008 № 834 «Про затвердження Державної цільової науково-технічної програми створення державної інтегрованої інформаційної системи забезпечення управління рухомими об'єктами (зв'язок, навігація, спостереження)» [6];

від 13.10.2015 № 1068-р «Про затвердження плану першочергових заходів з облаштування державного кордону вздовж берегової лінії та забезпечення охорони територіального моря України в межах Донецької, Запорізької, Херсонської та Миколаївської областей» [7];

від 11.11.2015 № 926 «Про підвищення обороноздатності і безпеки держави в частині створення сучасної системи висвітлення надводної обстановки» [8];

від 23.11.2015 № 1189-р «Про схвалення Стратегії розвитку Державної прикордонної служби» [9];

від 14.06.2017 № 398-р «Про схвалення Основних напрямів розвитку озброєння та військової техніки на довгостроковий період» [10];

від 11.10.2017 № 747-р «Про схвалення Стратегії імплементації положень директив та регламентів Європейського Союзу у сфері міжнародного морського та внутрішнього водного транспорту («дорожньої карти»)» [11];

від 18.12.2018 № 1108 «Про внесення змін до Морської доктрини України на період до 2035 року» [12];

від 24.07.2019 № 687-р «Про схвалення Стратегії інтегрованого управління кордонами на період до 2025 року» [13].

Отже, питання моніторингу рухомих надводних об'єктів є вкрай актуальним завданням.

Відповідно до наведених керівних документів до 2025 року має бути створена державна інтегрована система висвітлення надводної та підводної обстановки в акваторіях Чорного й Азовського морів та басейнів річок Дніпро і Дунай. Зазначена система повинна забезпечити отримання в реальному масштабі часу даних про надводну та підводну обстановку в інтересах Військово-Морських Сил України, Державної прикордонної служби України, Міністерства інфраструктури України та інших органів державної влади.

Процес висвітлення надводної та підводної обстановки повинен включати процеси: виявлення, ідентифікації, супроводження рухомих надводних об'єктів, обробку отриманої інформації та її надання для зацікавлених державних органів влади України та міжнародних партнерів. Під рухомими надводними об'єктами слід розуміти пілотовані або безпілотні морські й річкові одиночні та групові об'єкти, що здатні переміщуватися на водній поверхні.

Головним розпорядником цієї інтегрованої системи має бути Командування Військово-Морських Сил України. Обмін відповідними даними в межах Збройних Сил України повинен здійснюватися через систему оперативного (бойового) управління, зв'язку, розвідки та спостереження (C4ISR) Збройних Сил України. Передачу даних до інших відомств планується організувати через мережу ситуаційних центрів.

Відповідно до Стратегії Військово-Морських Сил Збройних Сил України – 2035 систему планується створити в три етапи:

- 1-й етап (до 2025 року) – у межах територіального моря України (12 морських миль);
- 2-й етап (до 2030 року) – у межах виключної (морської) економічної зони України (200 морських миль);
- 3-й етап (до 2035 року) – Світовий океан.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ефективна реалізація другого та третього етапу неможлива без використання космічних систем моніторингу. Відповідно до рекомендацій Міжнародної морської організації берегові радіолокаційні засоби здатні ефективно проводити моніторинг територіального моря та прилеглої зони на відстані до 20 морських миль [14]. Виняток становлять загоризонтні радіолокаційні станції та комплекси радіотехнічної розвідки [15]. Однак зазначені засоби піддаються впливу радіоперешкод [16, 17]. Дальність і точність виявлення надводних цілей зазначеними засобами залежить від погодних умов, ефективної площі розсіювання об'єктів спостереження, використання радіовипромінювальних засобів цими об'єктами тощо. Патрульні засоби також мають обмежений радіус дії та не можуть використовуватися в разі погіршення погодних умов [18]. В усіх перерахованих випадках зберігається загроза життю та здоров'ю операторів і технічним засобам. У зв'язку із цим застосування космічних систем для моніторингу рухомих надводних об'єктів є доцільним.

Формулювання завдання дослідження. Метою статті є підготовка пропозицій щодо застосування космічних систем для виявлення рухомих надводних об'єктів в інтересах сектора безпеки й оборони України. Для цього необхідно провести аналіз космічних систем, що можна використовувати для виявлення рухомих надводних об'єктів, а також вивчення сучасного стану системи збору космічних даних про надводну обстановку. Отримані в рамках дослідження результати можуть бути корисними для створення державної інтегрованої системи висвітлення надводної та підводної обстановки в акваторіях Чорного й Азовського морів, басейнів річок Дніпро та Дунай, системи С4ISR Збройних Сил України, а також під час планування застосування вітчизняних наземних інформаційних комплексів для приймання даних від космічних систем виявлення надводних рухомих об'єктів.

Виклад основного матеріалу. Враховуючи той факт, що Україна станом на 2021 рік не володіла власними космічними системами, для вирішення завдань моніторингу надводних рухомих об'єктів можуть бути залучені космічні системи країн-партнерів та комерційних операторів шляхом укладання міжнародних угод і комерційних договорів.

До космічних систем, що можуть бути використані для виявлення надводних рухомих об'єктів, слід віднести системи, наведені на рис. 1. Вони дозволяють у короткий проміжок часу організувати моніторинг значних територій. За такого підходу виключаються військові ризики для особового складу та техніки. Також такі космічні системи є менш чутливими до радіоелектронних перешкод порівняно з наземними засобами. Водночас використання космічних радіолокаційних систем та систем радіомоніторингу знімає обмеження щодо погодних умов та часу доби. Проаналізуємо їх для вивчення можливості використання під час вирішення завдань моніторингу надводних рухомих об'єктів в інтересах сектора безпеки й оборони України.

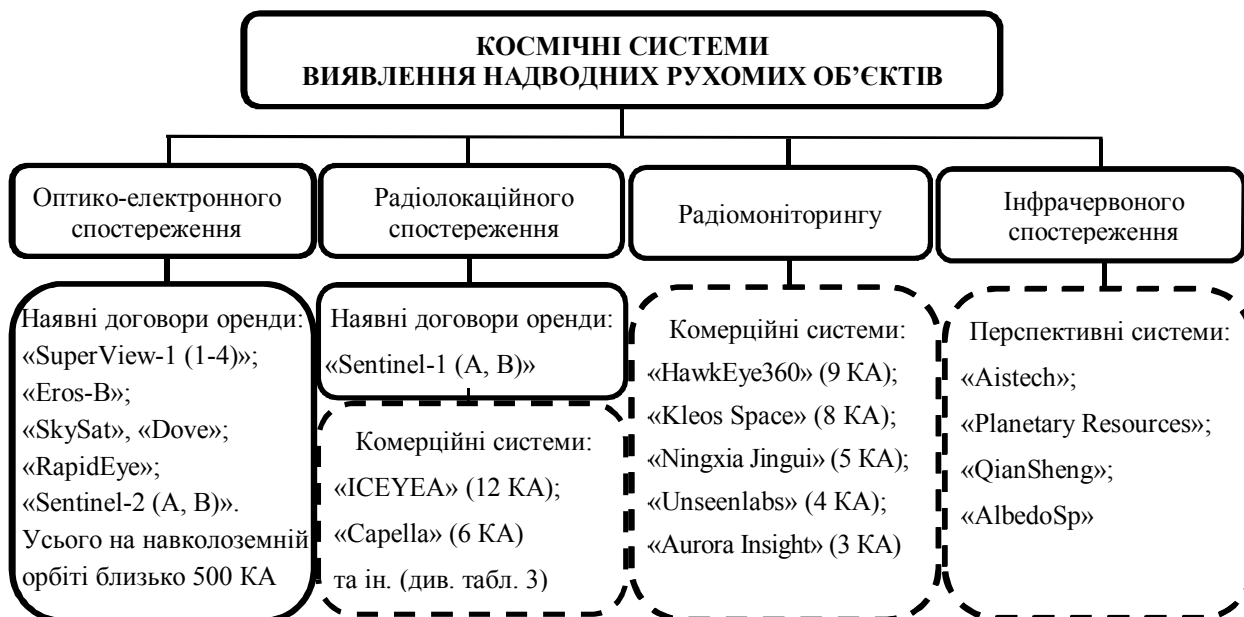


Рис. 1. Класифікація космічних систем виявлення рухомих надводних об'єктів

Космічні системи оптико-електронного спостереження є другим за чисельністю класом після телекомунікаційних. Кількість космічних апаратів (КА) оптико-електронного спостереження станом на грудень 2021 року становила близько 500 шт. (11% від загальної кількості КА на навколосемній орбіті) [19, 20]. Доцільність використання конкретної системи оптико-електронного спостереження передбачає розрахунок відповідності її просторової роздільної здатності завданням, які вона виконуватиме.

Відповідно до критерію Джонсона [21], забезпечення заданої ймовірності виявлення об'єкта залежить від значення просторової роздільної здатності оптико-електронної системи та розмірів об'єкта. При цьому зазначено, що об'єкт можна виявити з ймовірністю 95%, якщо він описується чотирма пікселями, та 100%, якщо описується шістьма пікселями (див. рис. 2).

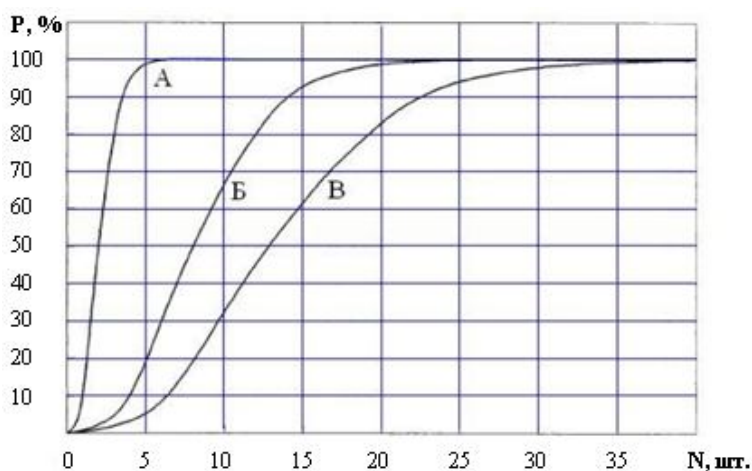


Рис. 2. Залежність ймовірності виявлення (А), розпізнавання (Б) та ідентифікації (В) об'єкта залежно від кількості пікселів, що описують об'єкт

Виходячи із вказаного критерію, проведено розрахунок потрібної просторової роздільної здатності видових зображень космічних систем оптико-електронного спостереження для забезпечення імовірності виявлення більшості надводних рухомих об'єктів на рівні 95% і вище (див. табл. 1).

Таблиця 1

Потрібна просторова роздільна здатність для забезпечення заданої ймовірності виявлення та розпізнавання надводних об'єктів

№ з/п	Назва об'єкта	Тоннажність, т	Розміри об'єкта, м	Виявлення (P = 95%), м	Розпізнавання до класу, м	Розпізнавання до типу, м
1	Патрульний катер, буксир	300	4–6 x 32–50	8	3	1
2	Корвет, тральщик, середній підводний човен (у надводному стані)	600–1000	8–10 x 50–60	12	5	2
3	Десантний корабель (середній, великий)	7000–10000	6,7–23 x 76–183	17	8	4
4	Фрегат, есмінець	1500–9000	15–21 x 120–175	30	12	5
5	Авіаносець, крейсер	10000–17000	17–75 x 170–302	40	19	8

Примітка. У табл. 1 не розглядаються об'єкти менших розмірів через їх обмежені можливості щодо перебування у відкритому морі.

З урахуванням даних, наведених у табл. 1, для забезпечення правильного виявлення більшості надводних рухомих об'єктів з імовірністю вище 95% просторова роздільна здатність КА має становити не гірше 8 м на піксель. У даному контексті слід зазначити, що, у разі руху надводного об'єкта за ясної погоди та спокійного моря, він може бути виявлений і з гіршою просторовою роздільною здатністю.

Зазвичай одночасно з виконанням завдання виявлення надводних рухомих об'єктів вирішується також завдання розпізнавання виявлених об'єктів. Якщо вести мову про необхідність розпізнавання надводних рухомих об'єктів до типу, то слід використовувати космічні системи з високою та надвисокою просторовою роздільною здатністю (до 3 м та до 1 м відповідно).

У світі найбільшу кількість КА оптико-електронного спостереження з високою та надвисокою просторовою роздільною здатністю мають США та КНР [19, 20]. Найбільшим у світі оператором оптико-електронного спостереження є компанія «PlanetLab» (США). Компанія експлуатує на навколоземній орбіті близько 190 КА з високою та надвисокою просторовою роздільною здатністю [19, 20].

Сектор безпеки й оборони України відповідно до Стратегічного оборонного бюлетеня [2] отримує результати космічної діяльності через Національний центр управління та випробування космічних засобів (НЦУВКЗ) Державного космічного агентства (ДКА) України. Виходячи з аналізу державних закупівель [22], спеціалісти НЦУВКЗ мають доступ до баз даних видових зображень оператора «PlanetLab» (США) через веб-ресурс [23]. Також НЦУВКЗ періодично здійснює оренду бортового ресурсу КА «SuperView» (КНР) та «EROS-B» (Ізраїль) (рис. 1).

Зазначені КА також використовуються Європейським агентством з безпеки на морі для оперативного виявлення морських суден (система «SafeSeaNet») та фактів забруднення

моря (система «CleanSeaNet») [24]. Вказане агентство використовує дані з 14 КА оптико-електронного спостереження та 6 радіолокаційного моніторингу. За таких умов оперативність отримання даних становить до 20 хвилин. При цьому за добу здійснюється моніторинг площі близько 3 000 000 кв. км, з яких знімання проводиться на території близько 500 000 кв. км, для чого потрібно близько 5000 видових зображень. Для порівняння площа виключної (морської) економічної зони України до анексії території АР Крим становила 137 000 кв. км (загальна площа Чорного моря – близько 422 000 кв. км) [25].

Слід зазначити і те, що спеціалістами НЦУВКЗ та інших підприємств ДКА України ведеться активна робота щодо створення та введення в експлуатацію вітчизняних КА дистанційного зондування Землі [26]. Зведені дані щодо технічних характеристик КА оптико-електронного спостереження, що використовувалися НЦУВКЗ у 2020–2021 роках (на основі аналізу публічних закупівель), наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Список КА, бортовий ресурс яких орендується НЦУВКЗ

№ з/п	Назва КА	Оператор	Країна	Висота орбіти, км	Роздільна здатність, м	Ширина смуги огляду, км
1	«SuperView-1» (1, 2, 3, 4)	«Space Will»	КНР	500	0,5	12
2	«Eros-B»	«ImageSat»	Ізраїль	500	0,7	7
3	«SkySat»	«PlanetLab»	США	600	0,57	5,5
				500	0,65	5,9
				400	0,86	8
				475	3,1	27
4	«Dove»			475	3,1	27
5	«RapidEye»			630	5	77
6	«Sentinel-2» (A, B)	«European Space Agency»	ЄС	786	10	290
					20	

З табл. 2 видно, що співробітники НЦУВКЗ, використовуючи КА оптико-електронного спостереження, можуть здійснювати як виявлення, так і розпізнавання до типу більшості надводних рухомих об'єктів.

Однак у разі виявлення надводних рухомих об'єктів з використанням КА оптико-електронного спостереження виникають такі обмеження: погодні умови, час доби, вузька смуга огляду, обмежений час знімання, тривалий період оновлення даних. Часткове усунення зазначених недоліків можливе через використання доступу до баз даних оператора «PlanetLab» (США), який експлуатує на навколосемній орбіті найбільше угруповання КА оптико-електронного спостереження (близько 190 апаратів з перспективою нарощення) та забезпечує квазіпостійний моніторинг земної поверхні з просторовою роздільною здатністю 3,1 м.

Космічні системи радіолокаційного спостереження

Усунення більшості недоліків, притаманних КА оптико-електронного спостереження під час виявлення рухомих надводних об'єктів, можливе через використання космічних систем радіолокаційного спостереження [23, 24]. Однак зазначені системи мають гіршу просторову роздільну здатність, а також тривалий час оновлення даних через невелику кількість доступних для комерційного використання КА. Зокрема, станом на 2021 рік на

навколоземну орбіту виведено близько 90 КА, що забезпечують радіолокаційне знімання земної поверхні. Проте для комерційного використання доступні лише 30 апаратів, 18 з яких виведені на навколоземну орбіту у 2020–2021 роках [19, 20]. Найбільшими угрупованнями КА радіолокаційного спостереження, доступними для комерційного використання, володіють оператори: «ICEYE» (12 КА) та «Capella Space» (6 КА). Крім того, про плани створення угруповання КА радіолокаційного спостереження оголосили оператори: «PlanetLab», «UrTheCast», «iQPS», «Synspective», «QianSheng», «SmartSatellite», «Spacety» [27].

З метою отримання доступу до знімків з КА радіолокаційного спостереження між керівництвом ДКА України та Європейською комісією підписано міжнародну угоду про створення на базі НЦУВКЗ Регіонального дзеркального сайту програми «Copernicus» [23]. У результаті цього з 01.12.2019 існує можливість отримувати доступ до архівних радіолокаційних зображень КА «Sentinel-1 (A, B)». Даний сервіс також успішно використовується для виявлення морських суден у всьому світі. Технічні характеристики КА «Sentinel-1 (A, B)» та інших апаратів наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Технічні характеристики КА радіолокаційного спостереження

№ з/п	Назва КА	Оператор	Країна	Висота орбіти, км	Роздільна здатність, м	Ширина смуги огляду, км
1	2	3	4	5	6	7
НЦУВКЗ укладено договір на використання						
1	«Sentinel-1 (A, B)»	«ESA»	ЄС (2 КА)	693	5–80	80–400
Можливість укладання договорів на використання						
КА радіолокаційного спостереження комерційного призначення						
1	«ICEYE-X 2, 4–13, 15»	«ICEYE»	Фінляндія (12 КА)	550	1	5–15
2	«Capella 1–6»	«Capella Space»	США (7 КА)	535	0,5–1,2	5–20
3	«Umbra-SAR» (2001)	«Umbra»		500–600	0,15–1	16 km ²
4	«QPS-SAR 1, 2»	«iQPS»	Японія (3 КА)	550	1	–
5	«Strix-Alpha»	«Synspective»		500–600	1–3	10–30
6	«RadarSat-2»	«CSA»	Канада (1 КА)	798	3–100	20–500
7	«Hisca-1»	«Spacety»	КНР (1 КА)	500	1–20	5–100
КА радіолокаційного спостереження подвійного та військового призначення						
1	«FIA Radar 1–5»	МО	США (7 КА)	1100	–	–
2	«Lacrosse 4, 5»			650	–	–
3	«SAR-Lupe 1–5»	МО	ФРН (7 КА)	500	0,5–1	5,5–8
4	«TerraSAR-X»	Уряд		500	1–16	10–100
5	«TanDEM-X»			500	1–18,5	10–100
6	«RISat 1, 2, 2B, 2RB1»	МО	Індія (5 КА)	555	1–50	10–225
7	«EOS-1»					
8	«RCM 1–3»	Уряд	Канада (3 КА)	584	3–100	20–500
9	«IGS 5, 6, 7A, 8A, 9A»	МО	Японія (7 КА)	500	1	–
10	«Daichi-2»	«JAXA»		630	1–60	25–490
11	«Asnaro 2»	Уряд		500	1–16	10–50
12	«COSMO-SKYMED 1–4»	МО	Італія (5 КА)	623	1–100	10–200
13	«CSG-1»				0,8–20	10–200
14	«Gaofen 3, 12»	Уряд	КНР (9 КА)	610–750	1–500	10–650

Кінець таблиці 3

1	2	3	4	5	6	7
15	«Yaogan 10, 14, 21, 23, 33»	МО		500–700	–	–
16	«Qilu 1»	Уряд		500	0,5	–
17	«HJ-1C»	Уряд		430	20	100
18	«Nova-Sar-1»	«SST»	Великобританія (1 КА)	590	6–45	13–195
19	«Paz»	«Hisdesat»	Іспанія (1 КА)	510	1–16	5–100
20	«Ofeq-10»	МО	Ізраїль (2 КА)	385–610	–	–
21	«TecSAR»			405–580	0,5–20	5–100
22	«Kompasat-5»	«KARI»	Південна Корея (1 КА)	545	1–20	5–100
23	«SAOCOM 1A, 1B»	«CONAE»	Аргентина (2 КА)	625	10–100	20–350

З викладеного випливає, що станом на 2021 рік НЦУВКЗ має обмежені можливості щодо доступу до даних радіолокаційного спостереження. Однак на даний час уже існує можливість укладання комерційних угод для отримання відповідних даних, а також підписання міжурядових угод.

Космічні системи радіомоніторингу

Поряд зі згаданими системами для виявлення морських суден також використовуються космічні системи радіомоніторингу. Зокрема, станом на 2021 рік на навколоремній орбіті експлуатується близько 122 КА радіомоніторингу [19, 20]. Однак серед вказаної кількості лише 29 на даний час доступні для комерційного використання. Майже всі вони виведені на навколоремну орбіту у 2020 – 2021 роках. Найбільшими комерційними операторами КА радіомоніторингу є: «HawkEye360» (9), «Kleos Space» (8), «Ningxia Jingui» (5), «Unseenlabs» (4) та «Aurora Insight» (3) (див. табл. 4). Решта КА експлуатуються військовими відомствами КНР, США, Франції, РФ та Індії. НЦУВКЗ на даний час не використовує подібних систем у своїй діяльності [19, 20].

Таблиця 4

Комерційні КА радіомоніторингу

№ з/п	Назва КА	Оператор	Країна	Дата запуску	Висота орбіти, км	Діапазон частот, МГц
1	2	3	4	5	6	7
1	«Hawk A, B, C, 2A, 2B, 2C, 3A, 3B, 3C»	«HawkEye360»	США (9 КА)	03.12.2018 24.01.2021 30.06.2021	550	144–15000
2	«KSM-1A, B, C, D» «KSF1-A, B, C, D»	«Kleos Space»	Люксембург (8 КА)	07.11.2020 30.06.2021	530	–
3	«Ningxia-2 01, 02, 03, 04, 05»	«Ningxia Jingui Information Technology»	КНР (5 КА)	09.07.2021	850	–
4	«BRO-1, 2, 3, 4»	«Unseenlabs»	Франція (4 КА)	19.08.2019 19.11.2020 17.08.2021	550	–
5	«Alpha» «Charlie» «Bravo»	«Aurora Insight»	США (3 КА)	03.12.2018 24.01.2021 28.04.2021	570	5G, 4G, LTE, 3G, IoT, CBRS, Wi-Fi та ін..

Космічні системи інфрачервоного моніторингу

Даних щодо використання космічних систем інфрачервоного моніторингу земної поверхні для виявлення надводних рухомих об'єктів на даний час у відкритому доступі немає. Можна припустити, що це обумовлено низькою просторовою роздільною здатністю подібних цивільних КА, а також впливом атмосфери на можливість проведення вимірювань у невеликому діапазоні температур. Однак низка компаній вже оголосили про наміри створення угруповань КА з високим просторовим розрізненням для дистанційного зондування Землі в інфрачервоних діапазонах: «Aistech», «Planetary Resources», «QianSheng», «AlbedoSpace» [27].

Висновки. Використання космічних систем для виявлення надводних рухомих об'єктів є доцільним, що підтверджується міжнародним досвідом. Так, космічні системи дозволяють доповнювати дані, отримані стаціонарними та мобільними засобами висвітлення надводної обстановки. Їх застосування дозволить збільшити ефективність функціонування створюваної державної інтегрованої системи висвітлення надводної та підводної обстановки в акваторіях Чорного й Азовського морів та басейнів річок Дніпро і Дунай, а також системи С4ISR Збройних Сил України. Зазначене дозволить покращити ситуаційну обізнаність у межах виключної (морської) економічної зони України. Особливо гостро питання використання космічних систем постає в разі необхідності забезпечення моніторингу значних територій в умовах можливої збройної агресії, дії радіоперешкод або у складних погодних умовах.

У короткостроковій перспективі Україна експлуатуватиме на навколоремній орбіті власні КА оптико-електронного та радіолокаційного спостереження, що збільшує актуальність дослідження. Станом на грудень 2021 року сектор безпеки і оборони України вже має можливість здійснювати виявлення надводних рухомих об'єктів із використанням космічних систем оптико-електронного спостереження. Зокрема, НЦУВКЗ налагоджено отримання даних з КА оптико-електронного спостереження, що забезпечують квазіпостійне оновлення даних з просторовою роздільною здатністю не гірше 3,1 м, що дозволяє виявляти та розпізнавати більшість надводних рухомих об'єктів за ясної погоди у світлий час доби. В окремих дослідженнях також розглядається можливість використання КА оптико-електронного спостереження для виявлення надводних рухомих об'єктів і в темний час доби через фіксацію випромінювання габаритних вогнів морських суден.

Крім того, на даний час можливим є комерційне використання космічних систем радіолокаційного спостереження та радіомоніторингу, що дозволяють виявляти морські судна незалежно від погодних умов та часу доби. НЦУВКЗ вже ведеться робота з обробки архівних зображень з радіолокаційних КА.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 25 березня 2021 року «Про Стратегію воєнної безпеки України» : Указ Президента України від 25.03.2021 № 121/2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/121/2021> (дата звернення: 24.11.2021).
2. Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 20 серпня 2021 року «Про Стратегічний оборонний бюлетень України» : Указ Президента України від

17.09.2021 № 473/2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/473/2021#Text> (дата звернення: 24.11.2021).

3. Про невідкладні заходи щодо захисту національних інтересів на Півдні та Сході України, у Чорному та Азовському морях і Керченській протоці : рішення Ради національної безпеки та оборони України від 12.10.2018 № 0011525. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0011525-18#Text> (дата звернення: 24.11.2021).

4. Про Річну національну програму під егідою Комісії Україна – НАТО на 2021 рік : Указ Президента України від 11.05.2021 № 189/2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/189/2021#Text> (дата звернення: 24.11.2021).

5. Про схвалення Концепції створення державної інтегрованої інформаційної системи забезпечення управління рухомими об'єктами (зв'язок, навігація, спостереження) : розпорядження Кабінету Міністрів України від 17.07.2003 № 410-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/410-2003-%D1%80#Text> (дата звернення: 24.11.2021).

6. Про затвердження Державної цільової науково-технічної програми створення державної інтегрованої інформаційної системи забезпечення управління рухомими об'єктами (зв'язок, навігація, спостереження) : постанова Кабінету Міністрів України від 17.08.2008 № 834. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/834-2008-%D0%BF#Text/> (дата звернення: 24.11.2021).

7. Про затвердження плану першочергових заходів з облаштування державного кордону вздовж берегової лінії та забезпечення охорони територіального моря України в межах Донецької, Запорізької, Херсонської та Миколаївської областей : розпорядження Кабінету Міністрів України від 13.10.2015 № 1068-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1068-2015-%D1%80#Text> (дата звернення: 24.11.2021).

8. Про підвищення обороноздатності і безпеки держави в частині створення сучасної системи висвітлення надводної обстановки : постанова Кабінету Міністрів України від 11.11.2015 № 926. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/926-2015-%D0%BF#Text> (дата звернення: 24.11.2021).

9. Про схвалення Стратегії розвитку Державної прикордонної служби : розпорядження Кабінету Міністрів України від 23.11.2015 № 1189-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1189-2015-%D1%80#Text> (дата звернення: 24.11.2021).

10. Про схвалення Основних напрямів розвитку озброєння та військової техніки на довгостроковий період : розпорядження Кабінету Міністрів України від 14.06.2017 № 398-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/398-2017-%D1%80#Text> (дата звернення: 24.11.2021).

11. Про схвалення Стратегії імплементації положень директив та регламентів Європейського Союзу у сфері міжнародного морського та внутрішнього водного транспорту («дорожньої карти») : розпорядження Кабінету Міністрів України від 11.10.2017 № 747-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/747-2017-%D1%80#Text> (дата звернення: 24.11.2021).

12. Про внесення змін до Морської доктрини України на період до 2035 року : постанова Кабінету Міністрів України від 18.12.2018 № 1108. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1108-2018-%D0%BF#Text> (дата звернення: 24.11.2021).

13. Про схвалення Стратегії інтегрованого управління кордонами на період до 2025 року : розпорядження Кабінету Міністрів України від 24.07.2019 № 687-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/687-2019-%D1%80#Text> (дата звернення: 24.11.2021).

14. Трофименко І. Визначення перспективних напрямків розвитку навігаційного забезпечення судноводіння з використанням радіолокаційних систем // Новітні технології. 2017. № 2. С. 29–42.
15. Riddolls R. J. A Canadian perspective on high frequency over-the-horizon radar // Defence R&D Canada : Technical Report, DREO TR 2006-285. December 2006. P. 62.
16. Dall'Armi-Stoks G., Morris Guy, Yau Annie. Development of a Maritime Electronic Warfare and Sensor Systems // EMI Mathematical Assessment Capability. 2007. P. 1–5. DOI: 10.1109/ISEMC.2007.184.
17. Reding Dale. The technological challenges of maritime information warfare. 2015. P. 1–5. DOI: 10.1109/COMCAS.2015.7360497.
18. Про затвердження Правил метеорологічного забезпечення польотів державної авіації України : наказ Міністра оборони України від 29.09.2015 № 516. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1264-15#Text> (дата звернення: 24.11.2021).
19. Космічний каталог. URL: <https://celestrak.com/satcat/search.php> (дата звернення: 24.11.2021).
20. UCS Satellite Database. URL: <https://www.ucsusa.org/resources/satellite-database> (last accessed: 24.11.2021).
21. Leachtenauer Jon. Resolution requirements and the Johnson criteria revisited // SPIE Proceedings. 2003. Vol. 5076. 15 p. DOI: 10.1117/12.497896.
22. Публічні закупівлі Національного центру управління та випробування космічними засобами України. URL: <https://spacecenter.gov.ua/%d0%b4%d1%96%d1%8f%d0%bb%d1%8c%d0%bd%d1%96%d1%81%d1%82%d1%8c-%d1%86%d0%b5%d0%bd%d1%82%d1%80%d1%83/publichni-zakupivli> (дата звернення: 24.11.2021).
23. Горбулін В., Мосов С. Космічна складова геоінформаційного забезпечення ухвалення управлінських рішень з питань національної безпеки і оборони // Оборонний вісник Центру воєнної політики та політики безпеки. 2021. № 8. С. 4–11. URL: https://spacecenter.gov.ua/contents/uploads/2021/10/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%82%D1%8F%20%D0%B2%20%D0%9E%D0%92_%D0%93%D0%BE%D1%80%D0%B1%D1%83%D0%BB%D1%96%D0%BD_%D0%9C%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%B2_2021.pdf (дата звернення: 24.11.2021).
24. Каталог даних Європейського агентства морської безпеки. URL: <http://www.emsa.europa.eu/copernicus.html> (дата звернення: 24.11.2021).
25. Кравченко Н. Міжнародно-правові статус і режим виключної економічної зони й відкритого моря: порівняльна характеристика // ScienceRise: Juridical Science. 2020. № 3 (13). С. 44–50. DOI: 10.15587/2523-4153.2020.214010.
26. Шульга О. Космічне угруповання супутників України: що відомо та які перспективи. URL: https://defence-ua.com/minds_and_ideas/kosmichne_ugrupuvannja_suputnikiv_ukrajini_scho_vidomo_ta_jaki_perspektivi-5409.html (дата звернення: 24.11.2021).
27. Kulu Erik. Satellite Constellations – 2021. Industry Survey and Trends. URL: <https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2021/all2021/218/> (last accessed: 24.11.2021).

Стаття надійшла до редакції 24.11.2021.

REFERENCES

1. Pro rishennia Rady natsionalnoi bezpeky i oborony Ukrainy vid 25 bereznia 2021 roku «Pro Stratehiiu voiennoi bezpeky Ukrainy» : Ukaz Prezydenta Ukrainy vid 25.03.2021 № 121/2021 [On the decision of the National Security and Defense Council of Ukraine of March 25, 2021 "On the Strategy of Military Security of Ukraine": Decree of the President of Ukraine of 25.03.2021 № 121/2021]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/121/2021> [in Ukrainian].
2. Pro rishennia Rady natsionalnoi bezpeky i oborony Ukrainy vid 20 serpnia 2021 roku «Pro Stratehichniy oboronnyi biuleten Ukrainy» : Ukaz Prezydenta Ukrainy vid 17.09.2021 № 473/2021 [On the decision of the National Security and Defense Council of Ukraine of August 20, 2021 "On the Strategic Defense Bulletin of Ukraine": Decree of the President of Ukraine of 17.09.2021 № 473/2021]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/473/2021#Text> [in Ukrainian].
3. Pro nevidkladni zakhody shchodo zakhystu natsionalnykh interesiv na Pivdni ta Skhodi Ukrainy, u Chornomu ta Azovskomu moriakh i Kerchenskii prototsi : rishennia Rady natsionalnoi bezpeky ta oborony Ukrainy vid 12.10.2018 № 0011525 [On urgent measures to protect national interests in the South and East of Ukraine, in the Black and Azov Seas and the Kerch Strait: decision of the National Security and Defense Council of Ukraine dated 12.10.2018 № 0011525]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0011525-18#Text> [in Ukrainian].
4. Pro Richnu natsionalnu prohramu pid ehidoiu Komisii Ukraina – NATO na 2021 rik : Ukaz Prezydenta Ukrainy vid 11.05.2021 № 189/2021 [On the Annual National Program under the auspices of the NATO-Ukraine Commission for 2021: Decree of the President of Ukraine of 11.05.2021 № 189/2021]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/189/2021#Text> [in Ukrainian].
5. Pro skhvalennia Kontseptsii stvorennia derzhavnoi intehrovanoi informatsiinoi systemy zabezpechennia upravlinnia rukhomymy ob'iektamy (zv'iazok, navihatsiia, sposterezhennia) : rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 17.07.2003 № 410-p [About approval of the Concept of creation of the state integrated information system of maintenance of management of mobile objects (communication, navigation, supervision): the order of the Cabinet of Ministers of Ukraine from 07/17/2003 № 410-p]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/410-2003-%D1%80#Text> [in Ukrainian].
6. Pro zatverdzhennia Derzhavnoi tsilovoi naukovu-tekhnichnoi prohramy stvorennia derzhavnoi intehrovanoi informatsiinoi systemy zabezpechennia upravlinnia rukhomymy ob'iektamy (zv'iazok, navihatsiia, sposterezhennia) : postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 17.08.2008 № 834 [About the statement of the State target scientific and technical program of creation of the state integrated information system of maintenance of management of mobile objects (communication, navigation, supervision): the resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine from 17.08.2008 № 834]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/834-2008-%D0%BF#Text/> [in Ukrainian].
7. Pro zatverdzhennia planu pershocherhovykh zakhodiv z oblashtuvannia derzhavnoho kordonu vzdovzh berehovoii linii ta zabezpechennia okhorony terytorialnoho moria Ukrainy v mezhakh

Donetskoi, Zaporizkoi, Khersonskoi ta Mykolaivskoi oblastei : rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 13.10.2015 № 1068-p [On approval of the plan of priority measures for the arrangement of the state border along the coastline and protection of the territorial sea of Ukraine within the Donetsk, Zaporizhia, Kherson and Mykolaiv regions: order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 13.10.2015 № 1068-p]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1068-2015-%D1%80#Text> [in Ukrainian].

8. Pro pidvyshchennia oboronozdatnosti i bezpeky derzhavy v chastyni stvorennia suchasnoi systemy vysvitlennia nadvodnoi obstanovky : postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 11.11.2015 № 926 [On improving the defense capabilities and security of the state in terms of creating a modern system of lighting the surface situation: the resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine from 11.11.2015 № 926]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/926-2015-%D0%BF#Text> [in Ukrainian].

9. Pro skhvalennia Stratehii rozvytku Derzhavnoi prykordonnoi sluzhby : rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 23.11.2015 № 1189-p [On approval of the Strategy for the development of the State Border Guard Service: order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 23.11.2015 № 1189-p]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1189-2015-%D1%80#Text> [in Ukrainian].

10. Pro skhvalennia Osnovnykh napriamiv rozvytku ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky na dovhostrokovi period : rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 14.06.2017 № 398-p [On approval of the Main directions of development of armaments and military equipment for the long term: order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 14.06.2017 № 398-p]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/398-2017-%D1%80#Text> [in Ukrainian].

11. Pro skhvalennia Stratehii implementatsii polozhen dyrektyv ta rehlamentiv Yevropeiskoho Soiuzu u sferi mizhnarodnoho morskoho ta vnutrishnoho vodnoho transportu («dorozhnoi karty») : rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 11.10.2017 № 747-p [On approval of the Strategy for implementation of the provisions of directives and regulations of the European Union in the field of international maritime and inland water transport ("road map"): order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 11.10.2017 № 747-p]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/747-2017-%D1%80#Text> [in Ukrainian].

12. Pro vnesennia zmin do Morskoj doktryny Ukrainy na period do 2035 roku : postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 18.12.2018 № 1108 [On Amendments to the Maritime Doctrine of Ukraine for the Period up to 2035: resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of December 18, 2018 № 1108]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1108-2018-%D0%BF#Text> [in Ukrainian].

13. Pro skhvalennia Stratehii intehrovanoho upravlinnia kordonamy na period do 2025 roku : rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 24.07.2019 № 687-p [On approval of the Strategy of integrated border management for the period up to 2025: order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 24.07.2019 № 687-p]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/687-2019-%D1%80#Text> [in Ukrainian].

14. Trofymenko, I. (2017). Vyznachennia perspektyvnykh napriamkiv rozvytku navihatsiinoho zabezpechennia sudnovodinnia z vykorystanniam radiolokatsiinykh system [Determination of perspective directions of development of navigation support of navigation with the use of radar systems]. *Novitni tekhnolohii [Latest technologies]*, 2, 29–42 [in Ukrainian].

15. Riddolls, R. J. (December 2006). A Canadian perspective on high frequency over-the-horizon radar. *Defence R&D Canada: Technical Report, DREO TR 2006-285*, 62.
16. DallArmi-Stoks, G., Morris Guy, & Yau Annie. (2007). Development of a Maritime Electronic Warfare and Sensor Systems. *EMI Mathematical Assessment Capability*, 1–5. DOI: 10.1109/ISEMC.2007.184
17. Reding Dale. (2015). *The technological challenges of maritime information warfare*, 1–5. DOI: 10.1109/COMCAS.2015.7360497
18. Pro zatverdzhennia Pravyl meteorolohichnoho zabezpechennia polotiv derzhavnoi aviatsii Ukrainy : nakaz Ministra oborony Ukrainy vid 29.09.2015 № 516 [On approval of the Rules of meteorological support of flights of the state aviation of Ukraine: order of the Minister of Defense of Ukraine of 29.09.2015 № 516]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1264-15#Text> [in Ukrainian].
19. *Kosmichnyi katalog* [Space catalog] (n.d.). Retrieved from <https://celestrak.com/satcat/search.php> [in Ukrainian].
20. *UCS Satellite Database* (n.d.). URL: <https://www.ucsusa.org/resources/satellite-database>
21. Leachtenauer Jon. (2003). Resolution requirements and the Johnson criteria revisited. *SPIE Proceedings, Vol. 5076*. DOI: 10.1117/12.497896
22. *Publichni zakupivli Natsionalnoho tsentru upravlinnia ta vyprobuvannia kosmichnymy zasobamy Ukrainy* [Public procurement of the National Center for Space Management and Testing of Ukraine]. (n.d.). Retrieved from <https://spacecenter.gov.ua/%d0%b4%d1%96%d1%8f%d0%bb%d1%8c%d0%bd%d1%96%d1%81%d1%82%d1%8c-%d1%86%d0%b5%d0%bd%d1%82%d1%80%d1%83/publichni-zakupivli> [in Ukrainian].
23. Horbulin, V., & Mosov, S. (2021). Kosmichna skladova heoinformatsiinoho zabezpechennia ukhvalennia upravlinskykh rishen z pytan natsionalnoi bezpeky i oborony [Space component of geoinformation support for management decisions on national security and defense]. *Oboronnyi visnyk Tsentru voiennoi polityky ta polityky bezpeky* [Defense Bulletin of the Center for Military and Security Policy], 8, 4–11. Retrieved from https://spacecenter.gov.ua/contents/uploads/2021/10/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%82%D1%8F%20%D0%B2%20%D0%9E%D0%92_%D0%93%D0%BE%D1%80%D0%B1%D1%83%D0%BB%D1%96%D0%BD_%D0%9C%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%B2_2021.pdf
24. *Katalog danykh Yevropeiskoho ahentstva morskoi bezpeky* [Catalog of data of the European Maritime Safety Agency]. (n.d.). Retrieved from <http://www.emsa.europa.eu/copernicus.html> [in Ukrainian].
25. Kravchenko, N. (2020). Mizhnarodno-pravovi status i rezhym vykliuchnoi ekonomichnoi zony y vidkrytoho moria: porivnialna kharakterystyka [International legal status and regime of the exclusive economic zone and the high seas: a comparative characteristic]. *ScienceRise: Juridical Science*, 3 (13), 44–50. DOI: 10.15587/2523-4153.2020.214010 [in Ukrainian].
26. Shulha, O. (n.d.). *Kosmichne uhrupuvannia suputnykiv Ukrainy: shcho vidomo ta yaki perspektyvy* [Space grouping of Ukrainian satellites: what is known and what are the prospects]. Retrieved from https://defence-ua.com/minds_and_ideas/kosmichne_ugrupuvannja_suputnykiv_ukrajini_scho_vidomo_ta_jaki_perspektivi-5409.html [in Ukrainian].
27. Kulu Erik. (n.d.). *Satellite Constellations – 2021. Industry Survey and Trends*. Retrieved from <https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2021/all2021/218/>

S. P. Fryz, R. O. Avsiievych

ANALYSIS OF SPACE SYSTEMS FOR MOBILE WATER SURFACE OBJECTS MONITORING

In the context of Russian Federation aggression against Ukraine, there is an urgent need to increase the number of sources of reliable information about mobile water surface objects in the Black Sea and the Sea of Azov.

Space systems for mobile water surface objects monitoring should be considered as sources of relevant information. This is due to the fact that space systems make it possible to quickly detect, identify and observe mobile water surface objects under various weather conditions at a distance that far exceeds the range of radio visibility between the data reception point and the observation object. Also in this case, there are no threats to the life and health of the system operator.

The use of space systems in the system of monitoring of mobile water surface objects in the interests of the security and defense sector of Ukraine will contribute to achieving the rates specified in the National Security Strategy of Ukraine, Military Security Strategy of Ukraine, Strategic Defense Bulletin, Strategy of the Naval Forces of the Armed Forces of Ukraine 2035, Visions for the Ukrainian Navy 2035, Visions for the Development of the Armed Forces of Ukraine 2030. In particular, it is expected to increase the capabilities of the Navy, provided by a single list (catalog) of capabilities of the Ministry of Defense of Ukraine, the Armed Forces of Ukraine and other defense forces. In addition, the successful solution of the task of receiving data on mobile water surface objects from space systems will contribute to the development of Ukraine as a space state.

Further research on the selected topic will focus on the possibility of creating a universal automated system for receiving data from space systems for monitoring mobile water surface objects. It is also possible to study the issue of receiving data from space systems on the geospatial position of mobile objects in the airspace and on the ground.

Keywords: *water surface situation; exclusive (maritime) economic zone; space system; radio line; optical imaging, radar imaging, satellite spectrum monitoring, C4ISR.*