

УДК 621.375

Д.П. Пашков

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ КОСМІЧНИХ СИСТЕМ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ЗАВДАНЬ

На основі аналітичного огляду екологічних завдань, а також аналізу технічних характеристик і можливостей використання космічних систем дистанційного зондування Землі в статті запропоновано вибір спектральних діапазонів для спостереження оптико-електронними засобами бортового спеціального комплексу космічних апаратів для проведення екологічного моніторингу земної поверхні і атмосферної ділянки.

Ключові слова: космічні системи, оптико-електронне спостереження, екологічний моніторинг.

Вступ

Одним з основних завдань Національної цільової науково-технічної космічної програми України на 2013-2017 роки, є розвиток в першу чергу Національної системи дослідження Землі з космосу [1]. Використання космічних систем (КС) дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) на основі застосування бортових оптико-електронних систем (ОЕС) космічних апаратів (КА), дозволяє вирішити завдання в першу чергу які пов'язані із спостереженням об'єктів та екологічного моніторингу земної поверхні [1, 2]. Завдяки космічним знімкам можна здійснювати екологічний контроль об'єктів та за процесами, які знаходяться на земній поверхні, і за результатами їх дешифрування можливо проводити аналіз геохімічної інформації та робити висновки відносно поточної екологічної ситуації, а також контролю стану певних небезпечних об'єктів [2, 3].

Аналіз літератури. Перш ніж почати розмову про використання космічних технологій, а також роль космічних систем дистанційного зондування в екологічному моніторингу, необхідно визначитися з поняттям екологічного моніторингу. Під екологічним моніторингом (моніторинг навколишнього середовища (НС)) будемо розуміти комплексну систему спостережень за станом навколишнього середовища, оцінки і прогнозу змін стану навколишнього середовища під

впливом природних і антропогенних чинників [2, 3]. Основні концепції екологічного моніторингу закладені ще в 70-х роках. Так моніторинг НС розглянутий як система спостережень, оцінки і прогнозу антропогенних змін стану абіотичних компонентів біосфери, у відповідь реакції екосистем на ці зміни і антропогенних змін в екосистемах, пов'язаних з дією господарської діяльності [2, 3]. По І.П. Герасимову, моніторинг – це система спостереження, контролю і управління станом навколишнього середовища. У обох концепціях в основі моніторингу лежить система спостережень. Система екологічного моніторингу повинна накопичувати, систематизувати і аналізувати інформацію [2, 3]:

- про стан навколишнього середовища;
- про причини спостережуваних і вірогідних змін стану (тобто про джерела і чинники дії);
- про допустимість змін і навантажень на середовище в цілому;
- про існуючі резерви біосфери.

Таким чином, в систему екологічного моніторингу входять системи спостереження за станом елементів біосфери і спостереження за джерелами і чинниками антропогенної дії.

Тому, **метою статті** є провести аналіз технічних можливостей бортового спеціального комплексу для визначення використання космічних систем ДЗЗ при проведенні екологічного моніторингу.

Викладення основного матеріалу

Відповідно до приведених визначень і покладених на систему функцій, моніторинг включає три основні напрями діяльності [2, 3]:

- спостереження за чинниками дії і станом середовища;
- оцінку фактичного стану середовища;
- прогноз стану навколишнього природного середовища і оцінку прогнозованого стану.

Слід взяти до уваги те, що сама система моніторингу не включає діяльність щодо управління якістю середовища, але є джерелом необхідної для ухвалення екологічно значущих вирішень інформації [2, 3].

Основні завдання екологічного моніторингу є:

- спостереження за джерелами антропогенної дії;
- спостереження за чинниками антропогенної дії;
- спостереження за станом природного середовища і процесами, що відбуваються в ній, під впливом чинників антропогенної дії;
- оцінка фактичного стану природного середовища;
- прогноз зміни стану природного середовища під впливом чинників антропогенної дії і оцінка прогнозованого стану природного середовища.

Екологічний моніторинг навколишнього середовища може проводитися на різних рівнях просторової організації: на рівні промислового об'єкту, міста, області, краю, регіону, а також на національному рівні [3]. Відповідно до приведених визначень і покладених на систему функцій, моніторинг включає декілька основних процедур [2, 3]:

- виділення (визначення) об'єкту спостереження;
- обстеження виділеного об'єкту спостереження;
- складання інформаційної моделі для об'єкту спостереження;
- планування вимірювань;
- оцінка стану об'єкту спостереження і ідентифікації його інформаційної моделі;
- прогнозування зміни стану об'єкту спостереження; представлення інформації в зручній для користувача формі і доведення її до споживача.

Таким чином, в систему екологічного моніторингу входять спостереження за станом елементів біосфери і спостереження за джерелами і чинниками антропогенної дії.

Характер і механізм узагальнення інформації про екологічну обстановку при її русі по ієрархічних рівнях системи екологічного моніторингу визначаються за допомогою поняття інформаційного портрета екологічної обстановки. Останній є сукупністю графічно представлених просторово розподілених даних, що характеризують екологічну обстановку на певній території, спільно з картоосновой місцевості. Роздільна здатність інформаційного портрета залежить від масштабу використовуваної картооснови.

При розробці проектів екологічного моніторингу необхідна така інформація [3, 5]:

1. Джерела надходження забруднюючих речовин в навколишнє природне середовище – викиди забруднюючих речовин в атмосферу промисловими, енергетичними, транспортними і іншими об'єктами; скидання стічних вод у водні об'єкти; поверхневі змиви забруднюючих і біогенних речовин в поверхневі води суші і моря; внесення на земну поверхню і (або) в ґрунтовий шар забруднюючих і біогенних речовин разом з добривами і отрухохімікатами при сільськогосподарській діяльності; місця поховання і складування промислових і комунальних відходів; техногенні аварії, що приводять до викиду в атмосферу небезпечних речовин і (або) розливу рідких забруднюючих і небезпечних речовин і т. д.;

2. Перенесення забруднюючих речовин – процеси атмосферного перенесення; процеси перенесення і міграції у водному середовищі;

3. Процеси ландшафтно-геохімічного перерозподілу забруднюючих речовин – міграція забруднюючих речовин за ґрунтовим профілем до рівня ґрунтових вод; міграція забруднюючих речовин по ландшафтно-геохімічному сполученню з урахуванням геохімічних бар'єрів і біохімічних круговоротів; біохімічний круговорот і т. д.

4. Дані про стан антропогенних джерел емісії – потужність джерела емісії і місцерозташування його, гідродинамічні умови надходження емісії в навколишнє середовище.

У зоні впливу джерел емісії організовується систематичне спостереження за такими об'єктами і параметрами навколишнього природного середовища.

1. Атмосфера: хімічний і радіонуклідний склад газової і аерозольної фази повітряної сфери; тверді і рідкі осідання (сніг, дощ) і їх хімічний і радіонуклідний склад; теплове і вологісне забруднення атмосфери.

2. Гідросфера: хімічний і радіонуклідний склад середовища поверхневих вод (річки, озера, водосховища і т. д.), ґрунтових вод, суспензій і даних відкладень в природних водостоках і водоймищах; теплове забруднення поверхневих і ґрунтових вод.

3. Ґрунт: хімічний і радіонуклідний склад діяльного шару ґрунту.

4. Біота: хімічне і радіоактивне забруднення сільськогосподарських угідь, рослинного покриву, ґрунтових зооценозів, наземних співтовариств, домашніх і диких тварин, птахів, комах, водних рослин, планктону, риб.

5. Урбанізоване середовище: хімічний і радіаційний фон повітряного середовища населених пунктів; хімічний і радіонуклідний склад продуктів харчування, питної води і так далі.

6. Населення: характерні демографічні параметри (чисельність і щільність населення, народжуваність і смертність, віковий склад, захворюваність, рівень природженої потворності і аномалій); соціально економічні чинники.

Системи моніторингу природних середовищ і екосистем включають засоби спостереження екологічної якості повітряного середовища, екологічного стану поверхневих вод і водних екосистем, екологічного стану геологічного середовища і наземних екосистем. Для вирішення поставлених завдань екологічного моніторингу приземної кули можна використовувати космічні апарати дистанційного зондування Землі, які можливо зв'язати в єдину мережу інформаційного простору, що може бути сформований на основі використання сучасних геоінформаційних технологій [4, 6]. Продовжуючи аналізувати джерела [5 – 7], можливо зробити висновок що ефективність функціонування космічної системи спостереження залежить від можливостей розпізнавання оптико-електронними системами процесів і об'єктів в просторі. На сьогоднішній день з'явилися нові підходи, які не потребують високого просторового розрізнення, а саме – застосовують методи поліпшення якості обробки багатоспектральних (гіперспектральних) космічних знімків, які виходять на основі використання спектрометричних камер [4]. При аналізі сучасних технологій побудови ОЕС [2, 3, 4] визначено що, особливістю використання видимого діапазону ϵ , в першу чергу, здатність відбиття об'єктом сонячну енергію, яка характеризує хімічний склад його поверхні. Це дає можливість при проведенні відеоспектральної зйомки отримувати зображення в різних зонах спектру. При цьому, з декількох спектральних зон можна синтезувати не один, а безліч варіантів зображення тих, що відображають екологічну обстановку. Причому кожен варіант такого багатоспектрального зображення містить свою окрему інформацію про стан земної поверхні [4]. При

цьому, основна увага приділяється не просторовому розрізненню оптико-електронних камер, а виявленню або висвітленню змін спектрального складу отриманого електромагнітного випромінювання [4, 5]. Так на одному краще виділяються дороги і споруди, на іншому - водні поверхні їх вміст, а на третьому краще видно подробиці ділення рослинності і т.д.

Аналіз літератури [3 – 5] показав, що побудова орбітального угруповання космічних апаратів оптико-електронного спостереження надвисокого дозволу будуватиметься на сонячно-синхронних орбітах (табл. 1). Це дає можливість, що б супутник завжди пролітав над однією і тією ж територією на заданій широті в один і той же місцевий сонячний час. Таким чином, для заданих зображень отримуваних з КА, може бути досягнуто однакове сонячне освітлення (за винятком сезонних змін). Постійність освітленості і взаємного розташування супутника і Сонця відносно спостережуваної території створюють сприятливі умови фотометричної обробки космічних знімків. При цьому, створенні космічних систем спостереження за поверхнею Землі робиться упор на комплексне використання приладів, що працюють в різних спектральних діапазонах.

Аналітичний огляд літератури [4, 5, 7] показав, що відповідно до спектральної щільності енергетичної яскравості характеристик об'єкту можливо визначити спектральні діапазони для проведення екологічного моніторингу за допомогою використання ОЕС спостереження в космічних системах ДЗЗ. Можливий вибір багатоспектрального пристрою (сенсору) для виконання завдань екологічного спостереження представлено в табл. 2.

Таблиця 1

Характеристики космічних апаратів оптико-електронного спостереження

Космічний апарат (страна)	Высота орбиты, км	Наклонение орбиты, град.	Период обращения, мин	Параметры оптико-электронной камеры						Параметры ЗУ и передачи информации		Выходные параметры КС			
				f, м	d, см	Размер p, мкм		Количество p		Емкость, Гбит	Скорость, Мбит/с	Захват, км	МС	Разрешение	
						PAN	MS	PAN	MS					PAN	MS
IKONOS-2 (США)	681	98,1	98,3	10,0	70	12	48	13500	3375	80	320	11	68000	1,0	4,0
QuickBird-2 (США)	450	97,2	93,4	8,8	60	12	48	27568	6892	128	320	16,5	51000	0,6	2,4
OrbView-3 (США)	470	97,2	92,6	3,0	45	6	24	8000	2000	32	150	8	157000	1,0	4,0
EROS B (Израиль)	~500	97,3	94,8	5,0	50	7	нет	10000	нет	2?120	450	7	100000	0,7	нет
Ресурс ДК-1 (Россия)	361-604	70,4	94,0	4,0	50	9	-	36000	-	768	300	28,3	90000	1,0	3,0
КОМPSAT-2 (Корея)	685	98,1	98,5	-	-	-	-	15000	3750	64 и 96	320	15	137000	1,0	4,0
Cartosat-2 (Индия)	637	97,9	97,4	5,6	70	7	нет	12288	нет	64	105	9,6	114000	0,8	нет
WorldView-1 (США)	496	97,2	93,0	8,8	60	8	нет	35000	нет	2200	800	16,4	113000	0,5	нет
Cartosat-2A (Индия)	635	97,9	97,4	5,6	70	7	нет	12288	нет	64	105	9,6	56000	0,8	нет
GeoEye-1 (США)	684	98,0	98,0	13,3	110	8	32	35000	9300	1200	740	15,2	51000	0,41	1,64
WorldView-2 (США)	770	97,8	100,0	13,3	110	8	32	35000	9300	2200	800	16,4	58000	0,48	1,8
Pleiades-1 (Франция)	694	90,2	-	12,9	65	13	52	30000	7500	600	465	20	53800	0,5	2,0

Відповідність завдань щодо проведення екологічного моніторингу до вибору спектральних ділянок каналів оптико-електронними системами

№ з/п	Завдання щодо проведення екологічного моніторингу		Спектральний діапазон	Тип багатоспектрального пристрою (сенсор)
	Загальне	Спеціальне		
1.	Кордон між земною поверхнею і хмарами	Хлорофіл рослин	620-670 нм	MSS, HSI, HRVIR, ШМСА, ГСА
		Хмарність і рослинність	840-780 нм	
2.	Властивість земної поверхні і хмар	Различие в почвах и растительности	460-480 нм	RBV, TM, MODIS, HRVIR, ШМСА, ГСА
		Зеленая растительность	545-568 нм	
		Свойства листового покрова	1230-1250 нм	
		Различия снежного покрова (облачности)	1630-1653 нм	
		Параметры земного покрова и облачности	2100-2155 нм	
3.	Колір океану	Спостереження за хлорофілом	405-420 нм, 437-450 нм, 405-420 нм, 405-420 нм	TM, MSS, HRV, HRVIR
		Опади	546-556 нм	
		Опади, атмосфера	660-673 нм	
		Флюоресценція хлорофілу	673-683 нм	
		Властивості аерозолів	743-753 нм	
		Властивості аерозолів та параметри атмосфери	860-880 нм	
4.	Атмосфера і хмари	Параметри хмарності та атмосфери	890-920 нм, 915-965 нм	MSS, ETM, HRG
		Піряні хмари	1,36-1,39 мкм	
		Вологість в середній частині тропосфери	6,53-6,9 мкм	
		Вологість у верхній частині тропосфери	7,17-7,48 мкм	
		Температура поверхні Землі	8,4-8,7 мкм	
5.	Теплові властивості	Температура морської поверхні	3,66-3,8 мкм	MTI, TMS
		Лесные пожары, вулканы	3,92-3,98 мкм	
		Температура облаков и поверхности Земли	3,92-3,98 мкм, 4,02-4,08 мкм, 10,78-11,3 мкм, 11,76-12,3 мкм	
		Температура в тропосфере, состав облаков	4,43-4,55 мкм	
		Аналіз загального вмісту Азона	9,58-9,88 мкм	
		Висота і склад хмар	13,18-13,49 мкм, 13,48-13,79 мкм, 13,78-14,09 мкм, 14,08-14,39 мкм	

Висновки

Таким чином, в статті представлені основні завдання щодо проведення екологічного контролю та моніторингу на основі застосування космічних систем ДЗЗ зі використанням сучасних оптико-електронних засобів спостереження. При цьому необхідна цільова поетапна обробка багатоспектральних космічних знімків в наземних програмно-апаратних комплексах щодо екологічного спостереження.

Одним із можливих програмних продуктів є геоінформаційні системи (ГІС), які мають інтеграційний характер та дозволяє створити на їх основі могутній інструмент для збору, зберігання, систематизації, аналізу і представлення інформації [6]. Геоінформаційні системи мають такі характеристики, які з повним правом дозволяють проводити відображення та прогнозування та управління моніторинговою інформацією.

Тільки з появою ГІС повною мірою реалізується можливість цілісного, узагальненого погляду на комплексні проблеми навколишнього середовища і екології. ГІС стає основним елементом систем моніторингу.

Список літератури

1. Закон України від 5 вересня 2013 р. № 439-VII «Загальнодержавна цільова науково-технічна космічна програма України на 2013–2017 роки».
2. Волошин В.И. Экология и космос / В.И. Волошин, В.И. Драновский, Е.И. Бушуев // Космична наука і технологія. – 2002. – Т. 8, № 2/3. – С. 52–56.
3. Трафимов Д.М. Современные методы и алгоритмы обработки и анализа комплекса космической, геолого-географической и геохимической информации для прогноза углеводородного потенциала неизученных участков недр / Д.М. Трафимов, В.Н. Евдокименков, М.К. Шуваева // – М.: ФИЗМАТЛИТ. 2012. – 320 с.
4. Рис У.Г. Основы дистанционного зондирования / У.Г. Рис – М.: Техносфера. 2006. – 336 с.
5. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений / Р.А. Шовенгердт – М.: Техносфера. 2010. – 560 с.
6. Чандра А.М. Дистанционное зондирование и географические информационные системы / А.М. Чандра, С.К. Гош. – М.: Техносфера. 2008. – 312 с.
7. Епихин А.В. Система космического мониторинга МЧС России / А.В. Епихин // Земля из космоса - наиболее эффективные решения. Вып. 4, – 2010. – С. 34-35.

Надійшла до редколегії 15.01.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.Л. Баранов, ДП «Центральний НДІ навігації та управління», Київ.

**АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ**

Д.П. Пашков

На основе аналитического обзора экологических заданий, а также анализу технических характеристик и возможностей использования космических систем дистанционного зондирования Земли в статье предложен выбор спектральных диапазонов для наблюдения оптико-электронными средствами бортового специального комплекса космических аппаратов для проведения экологического мониторинга земной поверхности и атмосферного участка.

Ключевые слова: космические системы, оптико-электронное наблюдение, экологический мониторинг.

**ANALYSIS OF POSSIBILITIES OF APPLICATION OF SPACE SYSTEMS
OF REMOTE SENSING OF EARTH FOR DECISION OF ECOLOGICAL TASKS**

D.P. Pashkov

On the basis of state-of-the-art review of ecological tasks, and also in the article the choice of spectral ranges is offered to the analysis of technical descriptions and possibilities of the use of the space systems of the remote sensing of Earth for the supervision of the side special complex of space vehicles optical-electronic facilities for the leadthrough of the ecological monitoring of earthly surface and atmospheric area.

Keywords: space systems, optical-electronic supervision, ecological monitoring.