

## **КОСМИЧЕСКО РАЗУЗНАВАНЕ ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИЕТО НА ДИСТАНЦИОННОТО НАБЛЮДЕНИЕ НА ЗЕМЯТА ОТ КОСМОСА**

**Петър Стоянов, Венцислав Марков, Михаил Михов, Георги Кипров**

*Институт за космически изследвания - Българска академия на науките*  
*e-mail: pstoyanov@abv.bg; vmarkov@space.bas.bg*

**Ключови думи:** *дистанционно наблюдение, оптикоелектронни и радиолокационни космически системи*

**Резюме:** Дефинирано е понятието дистанционно наблюдение на Земята. Представени са перспективните насоки за подобряване на основните технически характеристики на апаратурата. Разгледани са назначението и възможностите на оптикоелектронните космически апарати от ново поколение – WorldView-1, WorldView-2 и GeoEye-1, както и радиолокационните системи TerraSAR-X и Cosmo-SkyMed. Формулирани са основните тенденции в развитието на дистанционното наблюдение на Земята от Космоса.

## **TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF REMOTE SENSING ON EARTH FROM SPACE**

**Petar Stoyanov, Ventsislav Markov, Michail Mikov, Georgi Kiprov**

*Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences*  
*e-mail: pstoyanov@abv.bg; vmarkov@space.bas.bg*

**Keywords:** *Remote observation, Optical electronic and radiolocation space systems*

**Abstract:** *The notion “Remote Earth Observation” has been defined. The long-term terms of reference for improving the main technical characteristics of the apparatuses have been also presented. The purpose and abilities of the new-generation optical electronic space apparatuses WorldView-1, WorldView-2 and GeoEye-1 have been considered as well as the radiolocation systems TerraSAR-X and Cosmo-SkyMed. In addition, the main trends for development of remote Earth surface observation from space have been also formulated.*

### **Същност на дистанционните наблюдения на Земята от Космоса**

Същността на понятието *“Дистанционно изследване на Земята от Космоса”* включва наблюдение и измерване на енергетичните и поляризационни характеристики на собственото и отразено излъчване на сушата, океана и атмосферата на Земята в различни области на електромагнитния спектър. По тези характеристики се определят местоположението на обектите, описват се характерът и времевата динамика на развитието и състоянието им. Така се изследват основните природни образувания и явления, природните ресурси на Земята, околната среда, както и редица параметри на антропогенните обекти и образувания. Това е и общият смисъл на дистанционните аерокосмически изследвания, независимо от различните наименования в различните езици: *remote sensing* (английски), *дистанционно зондирование Земли* (руски), *fernerkundung* (немски), *teledetection* (френски) и т.н. Напоследък все по-често се употребява и един друг термин, който ще бъде възприет в последващото изложение – *Earth Observation – наблюдение на Земята*.

В съвременния стремително изменящ се свят ставаме свидетели на непрекъснати революционни технологични изменения. Ако ХХ век вече стана век на цифровите технологии, то ХХI век можем смело да наречем век на космическите цифрови технологии. Това дава отражение на първо място в непрекъснатото подобряване на основните характеристики на

апаратурата за дистанционно наблюдение на Земята (ДНЗ) от Космоса и качеството на данните, добивани от тази апаратура. Перспективните насоки в тяхното развитие се свеждат до:

- увеличаване на пространственото разрешение;
- разширяване на динамичния диапазон;
- разширяване на възможностите за получаване на стереоснимки;
- подобряване на геометричните характеристики на изображенията;
- разширяване на мултиспектралните възможности;
- подобряване на точността на изходните данни без опорни точки;
- увеличаване на ширината на сниманата полоса;
- усъвършенстване на възможностите за заснемане на големи площи за един маршрут.

Данните с високо пространствено разрешение от съвременните космически апарати (КА) станаха важен инструмент за решаване на практически задачи от държавно, регионално и местно управление, геопропространствена основа за приемане на решения на различно ниво.

Съгласно приетата класификация на космическото разузнаване, космическите системи за наблюдение са:

- космическо фоторазузнаване;
- оптикоелектронно космическо разузнаване;
- радиолокационно космическо разузнаване.

Космическото фоторазузнаване е най-стария способ за дистанционно наблюдение на Земята – разработката на тези системи започва още през 50 – те години на миналия век в САЩ, Русия и малко по-късно в Китай. Може да се твърди, че в резултат на дългогодишната експлоатация тези системи са достигнали своя апогей в техническо, оперативно и технологично ниво. Затова по-надолу ще бъде отделено място на останалите два способа за дистанционно наблюдение на Земята.

### **Оптикоелектрони КА за ДНЗ от ново поколение**

Спътниковите системи за оптикоелектронно разузнаване са предназначени за осигуряване на непрекъснат обзор на който и да е участък от земната повърхност, за получаване на изображения с висока разрешаваща способност на обектите и предаването на тези изображения в център за приемане и обработка на информацията в мащаб на времето, близък до реалния. Характерна особеност е, че за получаване на изображението на разузнавания обект вместо фотокамера се използва оптикоелектронна система, включваща дългофокусен оптически телескоп на принципа на сканиращия радиометър и фотоприемник на основата на многоелементни ПЗС-матрици.

Основни отличителни особености на оптикоелектрони КА от ново поколение за ДНЗ са тяхната безпрецедентна производителност, в това число и в режим на стереоснимки, а също възможност за получаване на данни с пространствено разрешение не по-лошо от 0.5 m с точност без наземни опорни точки не по-лоша от 5 m (средноквадратично отклонение). Такива КА са спътниците WorldView–1, WorldView–2 и GeoEye–1.

Космическият апарат WorldView–1 успешно е изведен в орбита на 18 септември 2007 г. от авиобаза Ванденберг (САЩ). Собственик на спътника е компания DigitalGlobe (САЩ). В проекта за създаване на спътника са взели участие такива компании, като Ball Aerospace (платформа, интеграция), Eastman Kodak (оптическа камера), ИТТ (интеграция), BAE Systems (система за обработка). Спътникът WorldView–1 е изведен на околоземна слънчево–сигурна орбита с височина 480 km, осигуряваща преминаването му над кой и да е район от Земята всеки 1–2 дена (в зависимост от географската ширина). WorldView–1 може да изпълнява снимки само в панхроматичен режим с пространствено разрешение 0.5 m, а точността на получаваните данни без наземни опорни точки е не по-лоша от 5 m. В сравнение със своя предшественик – КА QuickBird – на спътника са използвани принципно нови технологични решения за осигуряване на висока производителност на снимане, качество и точност на координатното привързване на изображенията. Изчислението за оставане на орбита е не по-малко от 7 години.



Фиг. 1. Космически апарати QuickBird и WorldView – 1

Космическият апарат WorldView–2 на компанията DigitalGlobe е планиран за извеждане в орбита в края на 2008 г. WorldView–2 ще позволи да се получават цифрови изображения на земната повърхност с пространствено разрешение 0.46 m в панхроматичен режим и 1.8 m в мултиспектрален режим при снимки в надир. В сравнение с КА QuickBird и WorldView–1 кардинално са подобрени възможностите за получаване на мултиспектрални изображения. Количеството спектрални канали са увеличени до осем. Точността на получаваните данни без наземни опорни точки е не по-лоша от 5 m, а разчетния срок за пребиваване в орбита е не по-малко от 7 години.

Космическият апарат GeoEye–1 е планиран за изстрелване през април – май 2008 г. Собственик на спътника е компания GeoEye (САЩ). Планира се спътника да бъде изведен на полярна слънчево–синхронна орбита с височина 684 km, осигуряваща неговото преминаване над кой и да е район от Земята всеки 1–3 дни в зависимост от географската ширина. Спътникът GeoEye–1 е предназначен за получаване на цифрови изображения на земната повърхност с пространствено разрешение 0.41 m в панхроматичен режим и 1.65 m в мултиспектрален режим при снимки в надир. Спътникът GeoEye–1 ще притежава висока маневреност, което ще му позволи да получава голям обем от данни за едно прелитане. Отличителна особеност на апарата се явява възможността за получаване на високоточни изображения (до 2 m) без наземно привързване. Разчетният срок за пребиваване на орбита е не по-малко от 7 години.



Фиг. 2. Космически апарати WorldView–2 и GeoEye

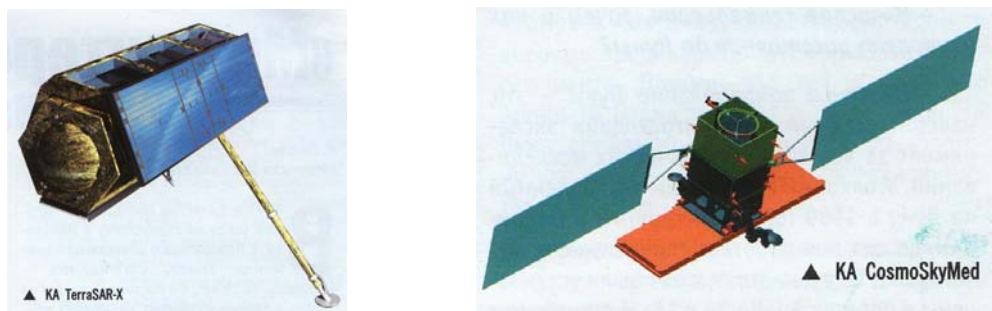
Необходимо е да се отбележи, че всички оптикоелектронни КА от ново поколение, независимо от това че ще се конкурират помежду си, всеки от тях заема своя ниша. КА WorldView–1 е конструиран така, че да се достигне най-висока производителност и възможност за заснемане на големи територии, в това число и в режим «стерео». Данните, получавани от КА GeoEye–1, ще притежават най-висока точност на характеристиките без наземни точки на привързване, макар че по производителност ще отстъпва на WorldView–1 и WorldView–2. На свой ред КА WorldView–2 ще бъде най-производителният КА за ДНЗ с възможност за снимки в голям брой спектрални канали, което значително разширява възможностите за използване на данни за решаване на различни задачи.

### Радиолокационни КА за ДНЗ от ново поколение

Радиолокационните космически системи за наблюдение имат редица неоспорими преимущества, по-важните от които са независимост от метеорологичните условия и времето на денонощието, съчетание от широка полоса на големи разстояния и висока разрешаваща способност, многорежимност и гъвкавост на управление работата на РСА, позволяващи бързо изменение на положението и размера на зоната на обзора, разрешаващата способност и формата за представяне на информацията и висока оперативност на получаване на данните от сондирането, близка до реалния мащаб от време.

Радиолокационната информация е незаменима при екстремни ситуации, решаването на задачи в полярните райони, в картографията, лесовъдството, търсенето на нефт и др. Снимането в сантиметровия X - диапазон (дължина на вълната – 3 см) дава високодетаилни радиолокационни изображения с разрешение, близко по качество на изображенията от оптичестите системи. Системите от дециметровия L-диапазон (дължина на вълната – 23 см) позволяват да се води наблюдение през листата на дърветата. И накрая РСА от P-диапазона (дължина на вълната – 70 см) осигурява сондиране под слой суха почва.

Основни отличителни особености на радиолокационните КА със свръхвисоко разрешение от ново поколение са пространствено разрешение до 1 m, възможността за снимане с различна поляризация, възможност за последваща интерферометрична обработка за получаване на високоточни цифрови модели на релефа и откриване на движещи се цели на земната повърхност. Такива апарати са спътниците TerraSAR-X и Cosmo-SkyMed.



Фиг. 3. Космически апарати TerraSAR-X и Cosmo-SkyMed

Спътникът TerraSAR-X, разработен от Германския аерокосмически център (DLR) и компания EADS Astrium GmbH, беше изстрелян на 15 юли 2007 г. от космодрума Байконур. Спътникът беше изведен на слънчево–синхронна полярна орбита с височина 514 km и наклон 97.44°. Разчетния срок за пребиваване на орбита на апарата TerraSAR-X е около 5 години. Оборудването на спътника с нов радар със синтезирана апертура позволява да се изпълняват интерферометрични снимки на земната повърхност с безпрецедентното пространствено разрешение от 1 m. Радарът прави снимки на земната повърхност в X-диапазон (дължина на вълната 3.1 cm) с изменяема поляризация на излъчването (HH, VH, HV, VV) при ъгъл на снимане от 20° до 55°.

Серията космически апарати с двойно назначение Cosmo-SkyMed 1-4 (Constellation of Small Satellites for Mediterranean Basin Observation – Съзвездие от малки спътници за наблюдение на Средиземноморския басейн), разработвана от Италианската космическа агенция (ASI) съвместно с Министерството на отбраната на Италия (MoD), ще бъде напълно развита в близките 2-3 години. Първият апарат от серията спътници е изведен на орбита на 7 юни 2007 г. от авиобаза Вандерберг (САЩ) с височина 619.6 km и наклон 97.86°. Всички спътници от групировката ще бъдат снабдени с радари със синтезирана апертура, позволяващи правенето на интерферометрични снимки на земната повърхност с пространствено разрешение по-добро от 1 метър. Радарът ще снима земната повърхност в X-диапазон (3.1cm) с изменяема поляризация на излъчването (HH, VH, HV, VV), в диапазона на снимачни ъгли от 20° до 50°. Разчетния срок на пребиваване на орбита на всеки апарат Cosmo-SkyMed е около 5 години. Спътникът ще бъде експлоатиран от италианската компания Telespazio.

## **Заклучение**

Могат да се отделят няколко основни тенденции в развитието на дистанционното наблюдение на Земята от Космоса:

- рязко увеличаване на космическите апарати (КА) за ДНЗ на орбита;
- развитие на националните програми за ДНЗ, появяване на нови "играчи";
- развитие на системите за получаване, обработка и предоставяне на данните на потребителите;
- подобряване на основните характеристики на апаратурата за ДНЗ и качеството на данните;
- появяване на КА за ДНЗ от ново поколение със свръх високо разрешение;
- появяване на радарни КА за ДНЗ със свръх високо разрешение и възможности за интерферометрична обработка;
- увеличаване на скоростта на предаване на данните;
- съкращаване на времето за доставка на данните на потребителите – развитие на концепцията за "виртуални станции";
- широко използване на мрежовите технологии и възможностите на интернет и т.н.

По такъв начин смело можем да причислим Дистанционното наблюдение на Земята към тези високотехнологични отрасли, които се развиват с изключително високи темпове. Понататъшния прогрес в този отрасъл ще бъде свързан в значителна степен с развитието на технологията за обработка и разпространение до потребителите в нужния му вид на колосалния обем от данни, получаван с помощта на новите космически апарати за ДНЗ. Това от своя страна предявява твърде високи изисквания към нивото на подготовка на потребителите, а също изисква изключително ефективна работа на всички звена от системата за осигуряване на крайния потребител със своевременна и качествена геопространствена информация.

## **Литература:**

1. К а ш к и н В. Б., А. И. С у х и н и н, Дистанционное зондирование земли из космоса, Лотос, М. 2001;
2. М а р д и р о с я н Г., Аерокосмически методи в екологията и изучаването на околната среда, част1, С., Марин Дринов, 2003;
3. R i s h a r d s J., X i n p i n g R i k h a u s e z, Remote sensing digital image analysis, 2006;
4. [www.infoterra.de/](http://www.infoterra.de/);
5. [www.novosti-kosmonavtiki.ru/](http://www.novosti-kosmonavtiki.ru/)