

# Космические системы ДЗЗ среднего и низкого разрешения

*Серийные оперативные спутники ДЗЗ, данные которых доступны на международном рынке*



**В.Е. Гершензон (ИТЦ «СканЭкс»)**  
В 1980 г. окончил МФТИ по специальности «радиофизика». Кандидат физико-математических наук. Генеральный директор ИТЦ «СканЭкс». Область интересов — технологии доступа и обработки данных ДЗЗ.



**А.А. Кучейко (ИТЦ «СканЭкс»)**  
В 1982 г. окончил ВИКИ им. А.Ф. Можайского по специальности «радиоэлектроника». Эксперт ИТЦ «СканЭкс». Кандидат технических наук. Область интересов — космические системы ДЗЗ.

которых доступны на международном рынке любым пользователям. Основное внимание уделено сканерам, обеспечивающим формирование изображений поверхности Земли в видимом и ИК-диапазонах спектра и не рассматри-

ваются СВЧ-радиометры низкого разрешения.

**Космические системы ДЗЗ среднего разрешения**  
**Рынок изображений среднего разрешения (10–250 м)** сформир-

Таблица 1. КА с аппаратурой среднего разрешения

Космический аппарат (страна)	Съемочная аппаратура	Разрешение, м	Ширина полосы съемки, км	Период повторного просмотра, сут
<i>Глобальная съемка с большим периодом</i>				
Landsat-7 (США)	ETM+	15, 30, 60	185	16
SPOT-2, -4, -5 (Франция)	HRV-IR HRG	20 5, 10, 20	60–120	2–3 (±27°)
IRS-1C, -1D и IRS-P6 (Индия)	LISS-3	23, 70	142–148	24
	WiFS	188	810	5
	AWiFS (P6)	65	740	5
«Метеор-3М»-1	МСУ-Э	50	76	5
СВЕРС-2А, -2В (последний — 2006) (Китай, Бразилия)	CCD	20	113	3 (±32°)
	IRMS	80	120	15
	WFI	256	885	5
DMC II (Британия, Алжир, Нигерия, Турция и др.)	6-камерная ОЭС	32	600	1 (система из четырех КА)
«Монитор-Э» (план 2005–2006)	ОЭС	8, 20/40	160	—
<i>Радиолокационная съемка</i>				
ENVISAT-1 (страны Европы)	ASAR	30–1000	100–400	3–4
ERS-2 (страны Европы)	AMI SAR	30–50	100	12
RADARSAT-1 (Канада)	SAR	10–100	50–500	3–6
RADARSAT-2 (Канада) (план 2006)	SAR	3–100	10–500 в двух полосах по 500 км	3–6
ALOS (Япония) (план 2005)	PALSAR	10–100	70–250	5
TerraSAR-X1 (Германия) (план 2006)	X-SAR	1–15	10–100	2



Классифицируя спутники по степени технологической готовности, можно выделить серийные оперативные спутники и экспериментальные КА для опробования новой аппаратуры дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). В статье рассмотрены серийные оперативные спутники ДЗЗ, данные

ровался в 80-е годы XX в. на основе информации системы мониторинга природных ресурсов Landsat и стал основным по объему продаж в 90-е годы после появления близких по характеристикам спутников ДЗЗ других стран, среди которых SPOT (Франция), IRS-1С, -1D (Индия) и «Ресурс-О1».

Несмотря на быстрый рост рынка изображений высокого разрешения, материалы съемки среднего разрешения остаются по-прежнему незаменимыми при решении задач контроля районов стихийных бедствий и чрезвычайных ситуаций, разведки полезных ископаемых, лесоводства, сельскохозяйственного и экологического мониторинга и др.

Можно выделить две категории КА с аппаратурой среднего разрешения (табл. 1):

– спутники класса Landsat для обеспечения долгопериодической глобальной съемки (Landsat-5, -7, SPOT, IRS);

– КА с аппаратурой радиолокационной съемки (RADARSAT-1, ERS-2, ENVISAT-1).

Кроме того, для опробования новых технологий и методов ДЗЗ многие страны мира используют экспериментальные спутники класса мини- и микро- с аппаратурой среднего разрешения (в том числе для гиперспектральной съемки).

### Спутники класса Landsat

Спутники долгопериодической глобальной съемки класса Landsat составляют основу рынка изображений среднего разрешения, среди которых Landsat-7 (рис. 1), IRS-1С/D, -P6 и SPOT-2, -4, -5. Серийные спутники среднего разрешения разрабатываются в рамках государственных программ на бюджетные средства (спутники SPOT после запуска передаются коммерческому оператору — компании SPOT Image, в которой ведущие роли также играет государственное ведомство — Космическое агентство Франции).



Рис. 1. «Классик жанра» в классе среднего разрешения — американский спутник Landsat-7. С 2003 г. из-за неисправности сканера ETM+ продажи изображений упали



Рис. 2. Самый большой и дорогостоящий спутник ДЗЗ в мире — европейский гигант ENVISAT-1. В дальнейшем агентство ЕСА отказывается от практики запуска таких аппаратов

Агентствам NASA и USGS (операторам системы Landsat) не удалось привлечь частные компании к финансированию разработки перспективной системы LDCM, которая заменит Landsat-7 после 2007 г. Из-за неисправности сканера ETM+ продажи Landsat-7 упали, увеличивается спрос на данные IRS-P6 и SPOT. В перспективе (2006) станут коммерчески доступными данные КА CBERS-2В Китая и Бразилии и КА международной системы DMC, в 2009 г. может быть запущен КА NPOESS C-1 со сканером класса Landsat.

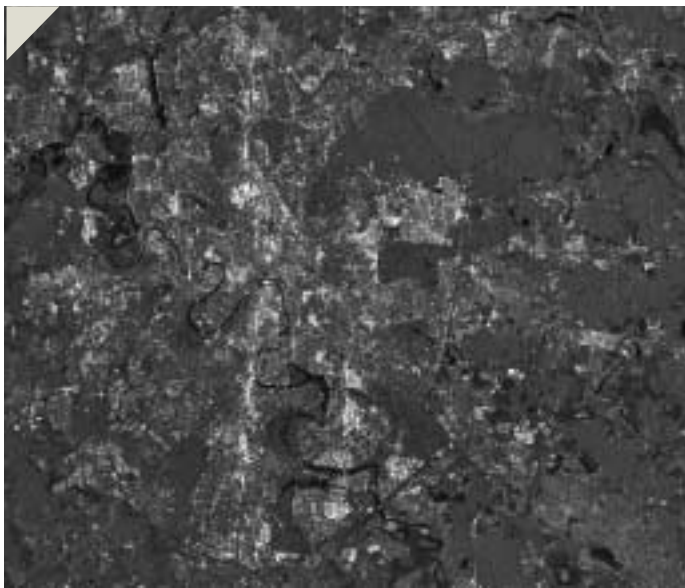
Недостаток КА класса Landsat — сравнительно долгий период повторной съемки — в современных и перспективных системах компенсируется механизмами поворота оптических камер, многокамерными широкозахватными оптическими системами и многоспутниковыми группировками. В перспективе задачи съемки со средним

разрешением будут выполнять серийные спутники, созданные на базе мини- и микроплатформ.

### Спутники среднего разрешения с PCA

К спутникам серии Landsat близки по некоторым характеристикам (разрешение, ширина полосы захвата) КА с бортовыми радиолокаторами с синтезированием апертуры (РСА), которые обеспечивают съемку со средним разрешением 10–100 м в полосе шириной 100–500 км. Для целей коммерческой съемки применяются канадский КА RADARSAT-1 и европейские спутники ERS-2 и ENVISAT-1 (рис. 2).

В 2005–2007 гг. будут запущены не менее четырех новых радиолокационных коммерческих спутников: ALOS с PCA L-диапазона (Япония, агентство JAXA); RADARSAT-2 с PCA C-диапазона высокого разрешения (Канада); КА двойного назначения COSMO с PCA X-диапа-



**Рис. 3. Радиолокационное изображение Москвы, принятое 6 сентября 2004 г. со спутника RADARSAT-1 московской станцией УниСкан-36 (детальный режим съемки с разрешением 8 м).**

**RADARSAT Data © Canadian Space Agency/Agence spatiale canadienne 2004. Distributed under license by RADARSAT International, Inc. All rights reserved. Data received and processed by RDC ScanEx**

зона (Италия); коммерческий КА **TerraSAR-X1** (Германия) с PCA X-диапазона метрового разрешения.

В ближайшие годы значительный рост КА с PCA приведет к дальнейшему увеличению объема продаж и снижению стоимости материалов радиолокационной съемки (рис. 3). Основные области применения — экологический мониторинг, контроль чрезвычайных ситуаций, разведка нефтегазовых месторождений, мониторинг зон судоходства и рыбного промысла, сельское хозяйство, страхование, картографирование, строительство. Дальнейшее развитие получат сферы бизнеса, связанные с ГИС-приложениями и цифровыми моделями рельефа (ЦМР) местности.

Основные тенденции в области радиолокационной съемки:

- улучшение разрешающей способности радиолокационной аппаратуры до **1–3 м** (КА RADARSAT-2, COSMO, TerraSAR);

- обеспечение возможности **поляриметрической съемки** одновременно по нескольким каналам с

сигналами различной поляризации (ENVISAT-1, RADARSAT-2, ALOS, TerraSAR);

- увеличение спроса на пары и триплеты радиолокационных изображений для **интерферометрической обработки** в интересах разработки трехмерных ЦМР, изучения изменений рельефа и др.

Передача данных среднего разрешения с борта КА осуществляется сеансами на сеть пунктов приема обычно в X-диапазоне (средняя скорость 50–150 Мбит/с). В космических системах среднего разрешения используется централизованный принцип распределения данных в сочетании с координированной деятельностью крупных сетей зарубежных станций. Обычно пункты приема оборудованы станциями с крупногабаритными параболическими антеннами диаметром 7–20 м стоимостью 10–20 млн дол. Однако в последние годы благодаря деятельности ИТЦ «СканЭкс» появилась возможность приема данных среднего разрешения на более дешевые универсальные станции УниСкан с антеннами 2,4–3,6 м.

### **Космические системы ДЗЗ низкого разрешения и метеосистемы**

Спутники с широкозахватной аппаратурой низкого разрешения (более 250 м) обеспечивают сбор информации, необходимой для синоптических прогнозов, интегральных оценок характеристик океанской поверхности, состояния растительного покрова, почвы, лесов и ледовой поверхности. Съемка ведется одновременно в нескольких спектральных каналах, выбор которых определяется спецификой тематического применения данных.

**Рынок низкодетальных изображений** формируется на основе материалов съемки метеоспутников на полярных и геостационарных орбитах. Существующие метеосистемы финансируются из государственного бюджета. Дополнительный сегмент рынка видовой продукции низкого разрешения составляют спутники с широкозахватной многоканальной оптико-электронной аппаратурой глобальной съемки поверхности океанов, растительного покрова Земли и др. Некоторые специализированные датчики созданы в рамках коммерческих программ.

В классе **КА с аппаратурой низкого разрешения** можно выделить три основных категории (табл. 2):

- **низкоорбитальные и геостационарные метеоспутники США, России, Китая, Европы, Индии и Японии** с аппаратурой обзорной съемки Земли с разрешением 1–8 км;

- спутники **глобальной оперативной съемки** с широкозахватной аппаратурой низкого разрешения 250–1000 м Terra, Aqua (сканер MODIS), ENVISAT/MERIS, а также КА для съемки растительного покрова Земли (сканеры SPOT/Vegetation, «Метеор»/МСУ-СМ и др.);

- специализированные КА с многоканальной аппаратурой **съем-**

**Таблица 2. Основные оперативные спутники с аппаратурой низкого разрешения**

Космический аппарат (страна)	Съемочная аппаратура	Разрешение, км	Ширина полосы съемки, км	Число спектральных каналов
<i>Метеорологическая съемка</i>				
NOAA-12, -14, 15, -16, -17 (США)	AVHRR	1 и 4	3000 3000	5
FY-1D (Китай)	MVISSR	1,1 и 4	3000	10
<i>Глобальная съемка Земли</i>				
Terra, Aqua (США)	MODIS	0,25; 0,5; 1	2330	36
ENVISAT-1 (страны Европы)	MERIS	0,3–1,2	1150	15
SPOT-4, -5 (Франция)	Vegetation	1	2200	4
«Метеор-3М»-1	МСУ-СМ	0,13–1,4	2250	2
«Сич-1М» (Россия – Украина)*	МСУ-М	1,5–1,7	2000	4
<i>Съемка океанов</i>				
OrbView-2 (США)	SeaWiFS	1	1500–2800	8
IRS-P4 (Индия)	OCM	0,24–0,5	1420	8
Kompsat-1 (Корея)	OSMI	0,85	800	6
HY-1 (Китай)	COCTS	1,1	1400	8
* Перспективы эксплуатации неизвестны.				

ки поверхности океанов США, Индии, Китая и Тайваня.

### Низкоорбитальные метеоспутники

Широкое распространение в мире получили метеоданные американских спутников NOAA (два оперативных и два-три резервных КА), военных КА DMSP (данные доступны через серверы NOAA) и китайского FY-1D. Основная радиометрическая аппаратура метеоспутников создана в 70–80-х годах XX в. и обеспечивает передачу данных с разрешением 1 и 4 км с использованием международных форматов ART и HRPT.

В 2006–2009 гг. ожидается переход на метеоспутники нового

поколения NPOESS, METOP, FY-3, «Метеор-М» с аппаратурой повышенной информативности (максимальное разрешение улучшится до 250–400 м). США и Европа создадут объединенную метеосистему на базе КА NPOESS и METOP.

### Спутники для глобальной оперативной съемки с низким разрешением

Спутники для глобальной оперативной съемки с широкозахватными многоспектральными оптико-электронными системами занимают промежуточное положение между КА типа Landsat среднего разрешения и метеорологическими КА по простран-

ственной разрешающей способности (250–1000 м) и обеспечивают сбор данных в интересах различных дисциплин: исследование океанов, поверхности Земли, ледового покрытия; изучение атмосферы, облачности, распределения влажности и др.

Наибольшее распространение получили данные 36-канального спектрорадиометра MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), установленного на спутниках Terra и Aqua (рис. 4). Спутники созданы в рамках масштабной программы EOS, реализуемой агентством NASA с 80-х годов XX в. Данные с разрешением 250–1000 м распространяются свободно в режиме прямой передачи и применяются в различных дисциплинах (метеорогнозы, экологический монито-



**Рис. 4. Американский спутник Terra, созданный как и КА Aqua по программе EOS. Спутники завоевали большую популярность в мире благодаря свободному распространению данных радиометров MODIS**



Рис. 5. Ледовая обстановка в Финском заливе и на Ладожском озере по данным сканера MODIS спутника Terra (9 февраля 2005 г., разрешение 250 м)

ринг, обнаружение пожаров, геология и др.) (рис. 5). Доступность, оперативность и практическая ценность данных сканеров MODIS способствовали созданию международной сети из около 90 приемных станций. В перспективе на базе спектрометра MODIS будет создан новый сканер VIIRS для метеорологических КА NPP и NPOESS с разрешением 400–800 м.

В интересах **низкодетальной съемки земной поверхности** применяются спутники Франции (SPOT/Vegetation), Европы (ENVISAT/MERIS) и Индии (IRS/WiFS).

### Спутники для съемки поверхности океанов

Основные задачи такой съемки — оценка и разработка ресурсов океанов, информационное обеспечение рыбного промысла, экологический мониторинг, борьба с последствиями стихийных бедствий и экологических катастроф. Спутники эксплуатируют страны, ведущие активную экономическую деятельность в океанских акваториях: США (**OrbView-2/SeaWiFS**), Индия (**IRS-P3/MOS, IRS-P4/OCM**), Корея (KompSat-1/**OSMI**), Тайвань

(ROCSat-1) и Китай (HY-1/**COCTS** и **CZI**).

В России задачи съемки морских акваторий планировалось решать с помощью спутника «Сич-1М» с РЛС бокового обзора (разрешение 1,3–2,5 км в полосе захвата 450 км) и радиометрами МСУ-М и МСУ-ЭС. В 2004 г. спутник выведен на нерасчетную орбиту, планы по его дальнейшей эксплуатации неясны.

На рынке низкодетальных пространственных данных распространены схемы с прямой циркулярной передачей данных потребителям (Direct Broadcast — DB) в УКВ-, L- и X-диапазонах частот. Большинство операторов применяет бесплатный свободный доступ к метеоданным в форматах APT, HRPT и MODIS (программа EOS). Благодаря сочетанию принципов свободного доступа и прямой передачи сегмент рынка обзорных изображений является самым массовым и демократичным (табл. 3). Специализированная информация некоторых датчиков (для задач океанологии, изучения растительности и др.) распространяется на платной основе, например, данные КА OrbView-2/SeaWiFS, ENVISAT-1/MERIS, SPOT/Vegetation и др.

Дальнейшее развитие сегмента низкого разрешения связано с повышением информативности радиолиний передачи метеоданных, поэтому в перспективе ожидается переход на новые цифровые форматы данных LRPT, LRD, AHRPT и др. Продолжится создание специализированных сканеров низкого разрешения для оперативной оценки параметров растительного покрова Земли и ресурсов океана.

Таблица 3. Распространение в мире станций приема данных в формате прямого вещания

Космический аппарат	Формат вещания DB	Число станций в мире	Средняя стоимость станции, дол.
NOAA-POES	APT HRPT	Более 10 000 1500	3000 30 000–50 000
Terra, Aqua	MODIS	~90	300 000

Тел: (095) 939-56-40, 246-38-53

Факс: (095) 939-42-84, 246-25-93

Адрес: 119021, Москва,  
ул. Льва Толстого, 22/5

E-mail: info@scanex.ru

Интернет: www.scanex.ru

