

Б. А. Дворкин (компания «Совзонд»)

В 1974 г. окончил Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова по специальности «картография». Работал в ПКО «Картография», ООО «Картография Хубер», ГИС-Ассоциации, Научном геоинформационном центре РАН. В настоящее время — главный аналитик компании «Совзонд». Кандидат географических наук.

С. А. Дудкин (компания «Совзонд»)

В 1997 г. окончил Череповецкое высшее военное инженерное училище радиоэлектроники по специальности «командно-инженерная радиосвязь». Работал начальником отдела ВЭД ФГУП НПО ИТ, заместителем директора НЦ ОМЗ ФГУП РНИИКП. В настоящее время — исполнительный директор компании «Совзонд». Кандидат технических наук.

Новейшие и перспективные спутники дистанционного зондирования Земли

Революционное развитие компьютерных, космических, информационных технологий в конце XX – начале XXI в. привело к качественным изменениям в отрасли дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ): появились космические аппараты со съемочными системами нового поколения, позволяющие получать снимки со сверхвысоким пространственным разрешением (до 41 см у спутника GeoEye-1). Съемки ведутся в гиперспектральном и многоканальном мультиспектральном (в настоящее время до 8 каналов у спутника WorldView-2) режимах. Основными тенденциями последних лет является появление новых спутников сверхвысокого разрешения с улучшенными характеристиками (французская система Pleiades), разработка концепции оперативной и глобальной съемки земной поверхности с высоким разрешением с помощью группировок малых спутников (группировка немецких спутников RapidEye, пополнение группировки DMC спутником высокого разрешения, перспективные спутники SkySat, NovaSAR и т. д.). В технологиях ДЗЗ, помимо традиционных направлений (улучшение пространственного разрешения, добавление новых спектральных каналов, автоматизация процессов обработки и оперативного предоставления данных), появляются разработки, связанные с оперативной видеосъемкой объектов из космоса (например, разработки компании SkyBox Imaging, США).

В данном обзоре мы дадим характеристику некоторых наиболее интересных космических аппаратов ДЗЗ высокого и сверхвысокого разрешения, запущенных на орбиту в течение последних двух лет и планируемых к запуску в ближайшие три–четыре года.

РОССИЯ

В соответствии с Федеральной космической программой в 2012 г. был осуществлен запуск малого космического аппарата (КА) **«Канопус-В»**. Он предназначен для обеспечения подразделений Роскосмоса, МЧС России, Минприроды России, Росгидромета, РАН и других заинтересованных ведомств оперативной информацией. Среди задач, стоящих перед спутником, можно выделить:

- ✦ обнаружение очагов лесных пожаров, крупных выбросов загрязняющих веществ в природную среду;
- ✦ мониторинг техногенных и природных чрезвычайных ситуаций, в том числе стихийных гидрометеорологических явлений;
- ✦ мониторинг сельскохозяйственной деятельности, природных (в том числе водных и прибрежных) ресурсов;
- ✦ землепользование;
- ✦ оперативное наблюдение заданных районов земной поверхности.

Образец снимка с КА «Канопус-В» представлен на рис. 1.

Кроме спутника «Канопус-В», в настоящее время в составе российской орбитальной группировки ДЗЗ завершают работу спутники «Ресурс-ДК1» (запущен в 2006 г.) и «Монитор-Э» (запущен в 2005 г.). Особенностями КА «Ресурс-ДК1» являются повышенные оперативные и точностные характеристики получаемых изображений (разрешение 1 м в панхроматическом режиме, 2–3 м — в мультиспектральном). Данные со спутника активно используются для создания и обновления топографических и специальных карт, информационного обеспечения рационального



Рис. 1. «Канопус-В». Россия, г. Красноярск. Синтез в естественных цветах. Разрешение 2,1 м

природопользования и хозяйственной деятельности, инвентаризации лесов и сельскохозяйственных земель, других задач.

Продолжением миссии отечественных спутников природно-ресурсного назначения высокого разрешения является оптико-электронный КА «Ресурс-П», запущенный 25 июня 2013 г. При создании спутника применялись технические решения, разработанные при создании КА «Ресурс-ДК1». Использование круговой солнечно-синхронной орбиты высотой 475 км позволит существенно улучшить условия наблюдения. С шести до трех суток улучшится периодичность наблюдения. Съемка будет вестись в панхроматическом и 5-канальном мультиспектральном режимах. Дополнительно к оптико-электронной аппаратуре высокого разрешения на спутнике будут установлены гиперспектральный спектрометр (ГСА) и широкозахватный мультиспектральный съемочный комплекс высокого (ШМСА-ВР) и среднего (ШМСА-СР) разрешения.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КА «КАНОПУС-В»

Дата запуска: 22 июля 2012 г.			
Стартовая площадка: Космодром Байконур			
Средство выведения: РН «Союз-У»			
Разработчик: ФГУП «НПП ВНИИЭМ»			
Оператор: НЦ ОМЗ ОАО «Российские космические системы»			
Масса, кг	400		
Орбита	Тип	Высота, км	Наклонение, град.
	Солнечно-синхронная	510-540	98
Расчетный срок функционирования, лет	5		

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЪЕМОЧНОЙ АППАРАТУРЫ КА «КАНОПУС-В»

Режим съемки	Панхроматический	Мультиспектральный
Спектральный диапазон, мкм	0,52–0,85	0,54–0,60 (зеленый) 0,63–0,69; 0,6–0,72 (красный) 0,75–0,86 (ближний ИК)
Пространственное разрешение (в надире), м	2,1	10,5
Ширина полосы обзора, км	Более 20 (при высоте 510 км)	
Производительность съемки, млн кв. км/сутки	Более 2	
Периодичность съемки, сутки	5	
Скорость передачи данных на наземный сегмент (X-диапазон), Мбит/с	2x122,8	

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КА «РЕСУРС-П»

Дата запуска: 25 июня 2013 г.		
Стартовая площадка: Космодром Байконур		
Средство выведения: РН «Союз-2»		
Разработчик: ФГУП «ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс»		
Орбита	Тип	Круговая солнечно-синхронная
	Высота, км	475
	Наклонение, град.	97, 276
Расчетный срок функционирования, лет	5	

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЪЕМОЧНОЙ АППАРАТУРЫ КА «РЕСУРС-П»

Режим съемки	Оптико-электронная аппаратура высокого разрешения		ШМСА		ГСА
	Панхроматический	Мультиспектральный	ШМСА-ВР	ШМСА-СР	
Спектральный диапазон, мкм	0,58–0,80	0,45–0,52 (синий) 0,52–0,60 (зеленый) 0,61–0,68 (красный) 0,72–0,80; 0,67–0,70; 0,70–0,73 (красный+ближний ИК)	Панхроматический режим 0,43–0,70 Мультиспектральный режим 0,43–0,51 (синий) 0,51–0,58 (зеленый) 0,60–0,70 (красный) 0,70–0,90 (ближний ИК-1) 0,80–0,90 (ближний ИК-2)		0,4–1,1 (96–255 спектральных каналов)
Пространственное разрешение (в надире), м	1	3–4	12 (панхроматический режим) 24 (мультиспектральный режим)	60 (панхроматический режим) 120 (мультиспектральный режим)	25
Точность геопозиционирования, м	СЕ90 mono = 3,1–21				
Ширина полосы съемки, км	38		96	480	25
Ширина полосы обзора, км	950		1300		950
Производительность съемки, млн кв. км/сутки	1				
Периодичность съемки, сутки	3				

В ближайших планах наращивания российской орбитальной группировки ДЗЗ запуск спутников серии «Обзор».

Группировка из четырех оптико-электронных КА «Обзор-О» предназначена для оперативной мультиспектральной съемки России, прилегающих территорий соседних государств и отдельных районов Земли. На первом этапе (2015–2017 гг.) планируется запустить два космических аппарата, на втором (2018–2019 гг.) — еще два. Система «Обзор-О» будет служить для обеспечения данными космической съемки МЧС России, Минсельхоза России, РАН, Росреестра, других министерств и ведомств, а также регионов России. На КА

«Обзор-О» №1 и №2 планируется установить опытные образцы гиперспектральной аппаратуры.

Согласно техническим требованиям к системе «Обзор-О» она должна состоять из четырех спутников, способных вести съемку в восьми спектральных диапазонах, в том числе в видимом и инфракрасном. Разрешение камер в видимом диапазоне будет составлять пять метров, в инфракрасном — не хуже двадцати метров. При этом на первом этапе создания системы, когда на орбите будут работать два аппарата, «Обзор-О» должен обеспечить съемку всей территории России не более чем за 30 суток; когда к работе приступят все четыре спутника — не более чем за 7 суток.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КА «ОБЗОР-О»

Даты запуска (планируемые): «Обзор-О» №1 — 2015 г., «Обзор-О» №2 — 2017 г., «Обзор-О» №3 — 2018 г., «Обзор-О» №4 — 2019 г.

Разработчик: ГННПЦ имени М. В. Хруничева

Оператор: Роскосмос

Орбита	Тип	Солнечно-синхронная
	Высота, км	700
	Наклонение, град.	98,2

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЪЕМОЧНОЙ АППАРАТУРЫ КА «ОБЗОР-О»

Режим съемки	Мультиспектральный	
	1-й этап	2-й этап
Спектральный диапазон, мкм	7 одновременно работающих спектральных канала: 0,50–0,85 0,44–0,51 0,52–0,59 0,63–0,68 0,69–0,73 0,76–0,85 0,85–1,00	8 одновременно работающих спектральных канала: 0,50–0,85 0,44–0,51 0,52–0,59 0,63–0,68 0,69–0,73 0,76–0,85 0,85–1,00 1,55–1,70
Пространственное разрешение (в надире), м	Не более 7 (для канала 0,50–0,85); не более 14 (для остальных каналов)	Не более 5 (для канала 0,50–0,85); не более 20 (для канала 0,55–1,70); не более 14 (для остальных каналов)
Радиометрическое разрешение, бит/пиксель	12	
Точность геопозиционирования, м	30–45	20–40
Ширина полосы съемки, км	Не менее 85	Не менее 120
Производительность съемки каждого КА, млн кв. км/сутки	6	8
Периодичность съемки, сутки	30	7
Скорость передачи данных на наземный сегмент, Мбит/с	600	

Радарный КА «Обзор-Р» предназначен для проведения съемки в X-диапазоне в любое время суток (вне зависимости от погодных условий) в интересах социально-экономического развития Российской Федерации. «Обзор-Р» будет служить для обеспечения данными радарной съемки МЧС России, Минсельхоза России, Росреестра, других министерств и ведомств, а также регионов России.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КА «ОБЗОР-Р»

Дата запуска (планируемая): 2015 г.	
Стартовая площадка: Космодром Плесецк	
Средство выведения: РН «Союз-2»	
Разработчик: ФГУП «ГНПРЦ «ЦСКБ-Прогресс»	
Оператор: Роскосмос	
Расчетный срок функционирования, лет	5

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЪЕМОЧНОЙ АППАРАТУРЫ КА «ОБЗОР-Р»

Спектральный диапазон	X-диапазон (3,1 см)			
Периодичность съемки, сутки	2 (в полосе широт от 35 до 60° с. ш.)			
Режим	Номинальное пространственное разрешение, м	Полоса обзора, км	Ширина полосы съемки, км	Поляризация
Высокодетальный кадровый режим (ВДК)	1	2×470	10	Одинарная (по выбору — Н/Н, V/V, Н/V, V/Н) Одинарная (по выбору — Н/Н, V/V, Н/V, V/Н); двойная (по выбору — V/(V+Н) и Н/(V+Н))
Детальный кадровый режим (ДК)	3	2×600	50	
Узкополосный маршрутный режим (УМ)	5	2×600	30	
	3	2×470		
Маршрутный режим	20	2×600	130	
	40		230	
Широкополосный маршрутный режим	200	2×600	400	
	300		600	
	500		750	

БЕЛОРУССИЯ

Запущенный в 2012 г. вместе с российским КА «Канопус-В» спутник **БКА** (Белорусский космический аппарат) обеспечивает полное покрытие территории страны космической съемкой. По международной классификации космический аппарат относится к классу малых спутников (он полностью идентичен КА «Канопус-В»). Полезная нагрузка БКА включает панхроматическую и мультиспектральную камеры с полосой захвата 20 км. Полученные снимки позволяют рассмотреть объекты на земной поверхности с разрешением 2,1 м в панхроматическом режиме и 10,5 м — в мультиспектральном. Этого достаточно для того, чтобы выполнять различные задачи, связанные с мониторингом, например выявление очагов пожаров и т. д. Однако в будущем стране может понадобиться спутник с более высоким разрешением. Белорусские ученые готовы начать разработку космического аппарата с разрешением до 0,5 м. Окончательное решение по проекту нового спутника будет принято, по-видимому, в 2014 г., а его запуск можно ожидать не ранее 2017 г.

УКРАИНА

Запуск КА **«Сич-2»** был осуществлен в рамках национальной космической программы Украины с целью дальнейшего развития системы космического мониторинга и геоинформационного обеспечения народного хозяйства страны. Спутник оснащен оптико-электронным сенсором с тремя

спектральными и одним панхроматическим каналами, а также сканером среднего инфракрасного диапазона и комплексом научной аппаратуры «Потенциал». Среди главных задач, стоящих перед КА «Сич-2», мониторинг аграрных и земельных ресурсов, водных объектов, состояния лесной растительности, контроль районов чрезвычайных ситуаций. Образец снимка с КА «Сич-2» представлен на рис. 2.

Спутник был выведен из эксплуатации в мае 2013 г. Государственное космическое агентство Украины планирует в ближайшем будущем запустить КА «Сич-3-0» с разрешением лучше 1 м. Спутник создается в КБ «Южное».



Рис. 2. «Сич-2». Россия, Московская область, г. Подольск. Мультиспектральный режим. Разрешение 8,2 м (2012 г.)

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КА «СИЧ-2»

Дата запуска: 17 августа 2011 г.			
Стартовая площадка: Пусковая база «Ясный» (Россия)			
Средство выведения: РН «Днепр»			
Разработчик: ГНБ «Южное» им. М. К. Янгеля			
Оператор: Государственное космическое агентство Украины			
Масса, кг	176		
Орбита	Тип	Высота, км	Наклонение, град.
	Солнечно-синхронная	700	98,2
Расчетный срок функционирования, лет	5		

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЪЕМОЧНОЙ АППАРАТУРЫ КА «СИЧ-2»

Режим съемки	Панхроматический	Мультиспектральный
Спектральный диапазон, мкм	0,51–0,90	0,51–0,59 (зеленый) 0,61–0,68 (красный) 0,80–0,89 (ближний ИК)
Пространственное разрешение (в надире), м	8,2	
Ширина полосы обзора, км	48,8	



ПОИСК СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ* catalog.sovzond.ru

* Поиск спутниковых снимков по космическим аппаратам: QuickBird, WorldView-1, WorldView-2, Ikonos, GeoEye, Pleiades, RapidEye, Alos, DMC-UK-2, Deimos-1, TerraSAR, Монитор-Э, Ресурс-ДК, Ресурс-Ф и др.



Компания «Совзонд»

115563, Москва, ул. Шипиловская, 28А

Тел.: +7(495) 642-8870, 988-7511, 988-7522

Факс: +7(495) 988-7533

E-mail: sovzond@sovzond.ru

США

В США отрасль ДЗЗ активно развивается прежде всего в секторе сверхвысокого разрешения. 1 февраля 2013 г. две ведущие американские компании DigitalGlobe и GeoEye — мировые лидеры в области поставки данных сверхвысокого разрешения — объединились. Новая компания оставила название DigitalGlobe. Суммарная рыночная стоимость компании составляет 2,1 млрд долл.

В результате объединения компания DigitalGlobe в настоящее время обладает уникальными возможностями для предоставления широкого набора космических снимков и геоинформационных сервисов. Несмотря на монопольное положение в самом доходном сегменте рынка, основную часть доходов (75–80%) объединенной компании приносит оборонный заказ по 10-летней программе EnhancedView (EV) общей стоимостью 7,35 млрд долл., предусматривающий госза-

купку ресурсов коммерческих спутников в интересах Национального агентства геопространственной разведки (NGA).

В настоящее время DigitalGlobe является оператором спутников ДЗЗ сверхвысокого разрешения WorldView-1 (разрешение 50 см), WorldView-2 (46 см), QuickBird (61 см), GeoEye-1 (41 см) и IKONOS (1 м). Общая суточная производительность системы — более 3 млн кв. км.

В 2010 г. компания DigitalGlobe заключила контракт с компанией Ball Aerospace на разработку, создание и запуск спутника **WorldView-3**. Стоимость контракта составляет 180,6 млн долл. Компания Exelis VIS получила контракт на создание бортовой съемочной системы для спутника WorldView-3 на сумму 120,5 млн долл. Съемочная система WorldView-3 будет аналогична той, которая установлена на КА WorldView-2. Кроме того, съемка будет проводиться в режимах SWIR (8 каналов; разрешение 3,7 м) и CAVIS (12 каналов; разрешение 30 м).

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КА WORLDVIEW-3

Дата запуска (планируемая): 2014 г.		
Разработчики: Ball Aerospace & Technologies, Exelis (бортовая съемочная аппаратура)		
Оператор: DigitalGlobe		
Масса, кг		2800
Орбита	Тип	Солнечно-синхронная
	Высота, км	617
Расчетный срок функционирования, лет		7,25

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЪЕМОЧНОЙ АППАРАТУРЫ КА WORLDVIEW-3

Режим съемки	Панхроматический	Мультиспектральный
Спектральный диапазон, мкм	0,50–0,90	0,40–0,45 (фиолетовый или coastal) 0,45–0,51 (синий) 0,51–0,58 (зеленый) 0,585–0,625 (желтый) 0,63–0,69 (красный) 0,63–0,69 (крайний красный или red-edge) 0,77–0,895 (ближний ИК-1) 0,86–1,04 (ближний ИК-2)
Пространственное разрешение (в надире), м	0,31	1,24
Максимальное отклонение от надира, град.		40
Радиометрическое разрешение, бит/пиксель		11
Точность геопозиционирования, м		CE90 mono = 3,5
Ширина полосы съемки, км		13,1
Периодичность съемки, сутки		1
Возможность получения стереопары		Да
Формат файлов		GeoTIFF, NITF

Перспективный КА **GeoEye-2** начал разрабатываться в 2007 г. Он будет иметь следующие технические характеристики: разрешение в панхроматическом режиме — 0,25–0,3 м, улучшенные спектральные характеристики. Производитель сенсора — компания Exelis VIS. Первоначально запуск спутника планировался в 2013 г., однако после объединения компаний DigitalGlobe и GeoEye было принято решение, завершив создание спутника, поставить его на хранение для последующей замены одного из спутников на

орбите либо до момента, когда спрос сделает его запуск выгодным для компании.

11 февраля 2013 г. был осуществлен запуск нового КА **Landsat-8** (проект LDCM — Landsat Data Continuity Mission). Спутник продолжит пополнение банка изображений, получаемых с помощью спутников серии Landsat на протяжении уже 40 лет и охватывающих всю поверхность Земли. На КА Landsat-8 установлены два сенсора: оптико-электронный (Operational Land Imager, OLI) и тепловой (Thermal InfraRed Sensor, TIRS).

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КА LANDSAT-8

Дата запуска: 11 февраля 2013 г.		
Стартовая площадка: Авиабазы Ванденберг		
Средство выведения: RH Atlas 5		
Разработчик: Orbital Sciences Corporation (OSC) (быв. General Dynamics Advanced Information Systems) (платформа); Ball Aerospace (полезная нагрузка)		
Операторы: NASA и USGS		
Масса, кг		2623
Орбита	Тип	Солнечно-синхронная
	Высота, км	705
	Наклонение, град.	98,2
Расчетный срок функционирования, лет		5

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЪЕМОЧНОЙ АППАРАТУРЫ КА LANDSAT-8

Режим съемки	VNIR	SWIR	PAN	TIR
Спектральный диапазон, мкм	0,43–0,45 (фиолетовый или coastal) 0,45–0,52 (синий) 0,53–0,60 (зеленый) 0,63–0,68 (красный) 0,85–0,89 (ближний ИК)	1,36–1,39 (Cirrus) 1,56–1,66 (SWIR-1) 2,10–2,30 (SWIR-2)	0,50–0,68	10,40–12,50
Пространственное разрешение (в надири), м	30	30	15	100
Радиометрическое разрешение, бит/пиксель	12			

ФРАНЦИЯ

Во Франции основным коммерческим оператором спутников ДЗЗ является компания Astrium GEO-Information Services — геоинформационное подразделение международной компании Astrium Services. Компания создана в 2008 г. в результате объединения французской компании SpotImage и группы компаний Infoterra. Astrium Services-GEO-Information является оператором оптических спутников высокого и сверхвысокого разрешения SPOT и Pleiades, радарных спутников нового поколения TerraSAR-X и TanDEM-X. Центральный офис Astrium Services-GEO-Information расположен в Тулузе, кроме того, имеется 20 офисов и более 100 дистрибьюторов по всему миру.

Компания Astrium Services входит в состав европейской аэрокосмической корпорации EADS (European Aeronautic Defence and Space Company).

Спутниковая система наблюдения за поверхностью Земли SPOT (Satellite Pour L'Observation de la Terre) спроектирована Национальным космическим агентством Франции (CNES) совместно с Бельгией и Швецией. Система SPOT включает в себя ряд космических аппаратов и наземных средств. В настоящее время на орбите работают спутники **SPOT-5** (запущен в 2002 г.) и **SPOT-6** (запущен в 2012 г.; рис. 3). Спутник **SPOT-4** был выведен из эксплуатации в январе 2013 г. КА **SPOT-7** планируется запустить в 2014 г. Спутники SPOT-6 и SPOT-7 имеют идентичные характеристики.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КА SPOT-6 И SPOT-7

Даты запусков: 9 сентября 2012 г. (SPOT-6), (планируемая) 2014 г. (SPOT-7)		
Стартовая площадка: Космодром Шрихарикота (Индия)		
Средство выведения: PH PSLV-C21 (Индия)		
Разработчик: EADS Astrium Satellites		
Оператор: Astrium GEO-Information Services		
Масса, кг		800
Орбита	Тип	Солнечно-синхронная
	Высота, км	655
	Наклонение, град.	98,2
Расчетный срок функционирования, лет		9

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЪЕМОЧНОЙ АППАРАТУРЫ КА SPOT-6 И SPOT-7

Режим съемки	Панхроматический	Мультиспектральный
Спектральный диапазон, мкм	0,48–0,71	0,50–0,59 (зеленый) 0,61–0,68 (красный) 0,78–0,89 (ближний ИК)
Пространственное разрешение (в надире), м	2	8
Точность геопозиционирования, м	СЕ90 = 10	
Ширина полосы съемки, км	60	
Возможность получения стереопары	Да	
Производительность съемки, млн кв. км/сутки	3	

С запуском в 2011–2012 гг. КА **Pleiades-1A** и **Pleiades-1B** (рис. 4) Франция начала программу съемки Земли со сверхвысоким разрешением, вступив в конкурентную борьбу с американскими коммерческими системами ДЗЗ.

Программа Pleiades High Resolution является составной частью европейской спутниковой системы ДЗЗ и ведется под руководством французского космического агентства CNES начиная с 2001 г.

Спутники Pleiades-1A и Pleiades-1B синхронизированы на одной орбите таким образом, чтобы иметь возможность обеспечить ежедневную съемку одного и того же участка земной поверхности. Использование космических технологий нового поколения, таких, как оптоволоконные системы гиросtabilизации, дает космическим аппаратам, оборудованным самыми современными системами, беспрецедентную маневренность. Они могут проводить съемку в любом месте 800-километровой полосы меньше чем за 25 секунд с точностью геопозиционирования меньше 3 м (СЕ90) без использования наземных опорных точек и 1 м — с использованием наземных точек. Спутники способны снимать более 1 млн кв. км в день в панхроматическом и мультиспектральном режимах.



Рис. 3. SPOT-6. Гибралтарский пролив, Средиземное море. Синтез в естественных цветах. Разрешение 10 м (13.09.2012 г.)



Рис. 4. Pleiades-1A. Россия, Калининградская область. Мультиспектральный режим. Разрешение 50 см (2012 г.)

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КА PLEIADES-1A И PLEIADES-1B

Даты запусков: 16 декабря 2011 г. (Pleiades-1A), 1 декабря 2012 г. (Pleiades-1B)	
Стартовая площадка	Космодром Куру (Французская Гвиана)
Средство выведения	РН «Союз» (Россия)
Разработчик: EADS Astrium Satellites	
Оператор: Astrium GEO-Information Services	
Масса, кг	1000
Расчетный срок функционирования, лет	5

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЪЕМОЧНОЙ АППАРАТУРЫ PLEIADES-1A И PLEIADES-1B

Режим съемки	Панхроматический	Мультиспектральный
Спектральный диапазон, мкм	0,48–0,83	0,43–0,55 (синий) 0,49–0,61 (зеленый) 0,60–0,72 (красный) 0,79–0,95 (ближний ИК)
Пространственное разрешение (в надире), м	0,7 (после обработки — 0,5)	2,8 (после обработки — 2)
Максимальное отклонение от надира, град.	50	
Точность геопозиционирования, м	CE90 = 4,5	
Ширина полосы съемки, км	20	
Производительность съемки, млн кв. км/сутки	Более 1	
Периодичность съемки, сутки	1 (в зависимости от широты области съемки)	
Формат файлов	GeoTIFF	
Скорость передачи данных на наземный сегмент, Мбит/с	450	

ЯПОНИЯ

Наиболее известным японским спутником ДЗЗ являлся ALOS (оптико-электронная съемка с разрешением 2,5 м в панхроматическом режиме и 10 м — в мультиспектральном, а также радарная съемка в L-диапазоне с разрешением 12,5 м). КА ALOS был создан в рамках японской космической программы и финансируется Японским космическим агентством JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency).

КА ALOS был запущен в 2006 г., а 22 апреля 2011 г. возникли проблемы с управлением спутником. После трехнедельных безуспешных попыток восстановить работу космического аппарата 12 мая 2011 г. была дана команда на отключение питания оборудования спутника. В настоящее время доступны только архивные снимки.

На смену спутнику ALOS придут сразу два космических аппарата — один оптико-электронный, второй радарный. Таким образом, специалисты агентства JAXA отказались от совмещения на одной платформе оптической и радарной систем, что было реализовано на спутнике ALOS, на котором установлены две оптические камеры

(PRISM и AVNIR) и один радар (PALSAR).

Радарный КА **ALOS-2** запланирован к запуску в 2013 г.

Запуск оптико-электронного КА **ALOS-3** запланирован на 2015 г. Он будет способен выполнять съемку в панхроматическом, мультиспектральном и гиперспектральном режимах.

Следует отметить также японский проект ASNARO (Advanced Satellite with New system ARchitecture for Observation), который был инициирован USEF (Institute for Unmanned Space Experiment Free Flyer) в 2008 г. В основе проекта лежат инновационные технологии создания миниспутниковых платформ (массой 100–500 кг) и съемочных систем. Одна из целей проекта ASNARO — создание миниспутника сверхвысокого разрешения нового поколения, который бы мог конкурировать со спутниками других стран, аналогичными по своим характеристикам, за счет удешевления данных и возможности проектировать и изготавливать аппараты в более сжатые сроки. Спутник **ASNARO** предназначен для съемки земной поверхности в интересах правительственных организаций Японии и планируется к запуску в 2013 г.

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КА ALOS-2

Дата запуска (планируемая): 2013 г.			
Средство выведения: РН Н-2А			
Разработчик: JAXA (Японское аэрокосмическое агентство)			
Масса, кг	2000		
Орбита	Тип	Высота, км	Наклонение, град.
	Солнечно-синхронная	628	97,9
Расчетный срок функционирования, лет	5 (с продлением до 7)		

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЪЕМОЧНОЙ АППАРАТУРЫ КА ALOS-2

Спектральный диапазон		L-диапазон	
Периодичность съемки, сутки		14	
Скорость передачи данных на наземный сегмент, Мбит/с		800	
Режим	Номинальное пространственное разрешение, м	Ширина полосы съемки, км	
SpotLight	1-3	25	
StripMap	3-10	50-70	
ScanSAR	100	350	

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КА ALOS-3

Дата запуска (планируемая): 2015 г.		
Средство выведения: РН Н-2А		
Разработчик: JAXA (Японское аэрокосмическое агентство)		
Масса, кг	2000	
Орбита	Тип	Солнечно-синхронная
	Высота, км	618
Расчетный срок функционирования, лет	5	

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЪЕМОЧНОЙ АППАРАТУРЫ КА ALOS-3

Режим съемки	Панхроматический	Мультиспектральный	Гиперспектральный
Пространственное разрешение (в надире), м	0,8	5	30
Ширина полосы съемки, км	50	90	30

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КА ASNARO

Дата запуска (планируемая): 2013 г.			
Средство выведения: РН «Днепр» (Россия)			
Разработчики: NEC Corporation и USEF			
Масса, кг	450		
Орбита	Тип	Высота, км	Наклонение, град.
	Солнечно-синхронная	504	97,4
Расчетный срок функционирования, лет	3-5		

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЪЕМОЧНОЙ АППАРАТУРЫ КА ASNARO

Режим съемки	Панхроматический	Мультиспектральный
Количество спектральных каналов	1	6
Пространственное разрешение (в надире), м	0,5	2
Радиометрическое разрешение, бит/пиксель	12	
Ширина полосы съемки, км	10	

ИНДИЯ

В стране на базе плановой системы государственного финансирования космической отрасли создана одна из самых эффективных программ ДЗЗ. В Индии успешно эксплуатируется группировка из космических аппаратов различного назначения, в том числе серии КА RESOURCESAT и CARTOSAT.

В дополнение к уже работающим на орбите спутникам в апреле 2011 г. был запущен КА **RESOURCESAT-2**, предназначенный для решения задач предотвращения стихийных бедствий, управления водными и земельными ресурсами (рис. 5).



Рис. 5. RESOURCESAT-2. Индия, г. Дели. Мультиспектральный режим. Разрешение 5,8 м (2011 г.)

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КА RESOURCESAT-2

Дата запуска: 20 апреля 2011 г.		
Стартовая площадка: Космодром Шрихарикота		
Средство выведения: PH PSLV-C16		
Разработчик: ISRO (Indian Space Research Organization)		
Оператор: ISRO, Antrix (поставщик данных)		
Масса, кг		1206
Орбита	Тип	Солнечно-синхронная
	Высота, км	822
	Наклонение, град.	98,7
Расчетный срок функционирования, лет		5

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЪЕМОЧНОЙ АППАРАТУРЫ RESOURCESAT-2

Режим съемки	LISS-4		LISS-3 (мульти-спектральный)	AWiFS (мульти-спектральный)
	Моноспектральный	Мультиспектральный		
Спектральный диапазон, мкм	0,62–0,68	0,52–0,59 (зеленый) 0,62–0,68 (красный) 0,77–0,86 (ближний ИК)	0,52–0,59 (зеленый) 0,62–0,68 (красный) 0,77–0,86 (ближний ИК) 1,55–1,70 (средний ИК)	0,52–0,59 (зеленый) 0,62–0,68 (красный) 0,77–0,86 (ближний ИК) 1,55–1,70 (средний ИК)
Пространственное разрешение (в надире), м		5,8	23,5	56
Радиометрическое разрешение, бит/пиксель		10	10	12
Ширина полосы съемки, км		70	141	740

26 апреля 2012 г. был осуществлен запуск КА **RISAT-1** с многофункциональным радиолокатором С-диапазона частот (5,35 ГГц). Спутник предназначен для круглосуточной и всепогодной съемки Земли в различных режимах. Съемка земной поверхности проводится в С-диапазоне длин волн с изменяемой поляризацией излучения (HH, VH, HV, VV).

На орбите работает группировка оптико-электронных космических аппаратов картографической серии CARTOSAT. Очередной спутник серии CARTOSAT-3 планируется запустить в 2014 г. Он будет снабжен оптико-электронной аппаратурой с беспрецедентным пространственным разрешением 25 см.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КА RISAT-1

Дата запуска: 26 апреля 2012 г.		
Стартовая площадка: космодром Шрихаринота		
Средство выведения: PH PSLV-C19		
Разработчик: ISRO (Indian Space Research Organization)		
Оператор: ISRO, Antrix (поставщик данных)		
Масса, кг		1858
Орбита	Тип	Солнечно-синхронная
	Высота, км	536
	Наклонение, град.	97,6
Расчетный срок функционирования, лет		5

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЪЕМОЧНОЙ АППАРАТУРЫ КА RISAT-1

Спектральный диапазон	С-диапазон			
	Режим	Номинальное пространственное разрешение, м	Ширина полосы съемки, км	Диапазон углов съемки, град.
Сверхвысокого разрешения (High Resolution SpotLight — HRS)	<2	10	20–49	Одиарная
	3	30	20–49	
Высокого разрешения (Fine Resolution Stripmap-1 — FRS-1)	6	30	20–49	Четверная
Среднего разрешения / низкого разрешения (Medium Resolution ScanSAR— MRS / Coarse Resolution ScanSAR — CRS)	25/50	120/240	20–49	Одиарная

КИТАЙ

Китай в течение последних 6 лет создал многоцелевую орбитальную группировку спутников ДЗЗ, состоящую из нескольких космических систем: спутники видовой разведки, а также предназначенные для океанографии, картографии, мониторинга природных ресурсов и чрезвычайных ситуаций.

В 2011 г. Китай запустил больше других стран спутников ДЗЗ: два спутника видовой разведки Yaogan (YG)-12 (с оптико-электронной системой субметрового разрешения) и Yaogan (YG)-13 (с радаром с синтезированной апертурой); KA Hai Yang (HY)-2A с микроволновым радиометром для решения океанографических задач; многоцелевой спутник мониторинга природных ресурсов Zi Yuan (ZY)-1-02C в интересах Министерства земельных и природных ресурсов (разрешение 2,3 м в панхроматическом режиме и 5/10 м в мультиспектральном режиме с полосой съемки шириной 54 км

и 60 км); оптический микроспутник (35 кг) TianXun (TX) с разрешением 30 м.

В 2012 г. Китай опять стал лидером по количеству запусков — национальная группировка ДЗЗ (не считая метеорологических спутников) пополнилась еще пятью спутниками: Yaogan (YG)-14 и Yaogan (YG)-15 (видовая разведка), Zi Yuan (ZY)-3 и Tian Hui (TH)-2 (картографические спутники), радиолокационный KA Huan Jing (HJ)-1C.

Космические аппараты **TH-1** и **TH-2** — первые китайские спутники, которые могут получать стереоснимки в виде триплета для геодезических измерений и картографических работ. Они идентичны по своим техническим характеристикам и работают по единой программе. Каждый спутник оснащен тремя камерами — стереокамерой для получения стереотриплет снимков, панхроматической камерой высокого разрешения и мультиспектральной камерой (рис. 6), которые могут выполнять съемку всей земной поверхности

для научных исследований, мониторинга земельных ресурсов, геодезии и картографии.

Спутники предназначены для решения многих задач:

- * создание и обновление топографических карт;
- * создание цифровых моделей рельефа;
- * создание 3D-моделей;
- * мониторинг изменений ландшафтов;
- * мониторинг землепользования
- * мониторинг состояния посевов сельскохозяйственных культур, прогнозирование урожайности;
- * мониторинг лесопользования и состояния лесов;
- * мониторинг ирригационных сооружений;
- * мониторинг качества воды.



Рис. 6. ТН-1. Гибралтарский пролив. Мультиспектральный снимок в естественных цветах. Разрешение 10 м (2012 г.)

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КА ТН-1 И КА ТН-2

Даты запуска: 24 августа 2010 г. (ТН-1), 6 мая 2012 г. (ТН-2)			
Разработчик: China Aerospace Science and Technology Corporation, Chinese Academy of Space Technology (CAST)			
Средство выведения: CZ-2D			
Оператор: Beijing Space Eye Innovation Technology Company (BSEI)			
Масса, кг	1000		
Орбита	Тип	Высота, км	Наклонение, град.
	Солнечно-синхронная	500	97,3
Расчетный срок функционирования, лет	3		

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЪЕМОЧНОЙ АППАРАТУРЫ КА ТН-1 И КА ТН-2

Режим съемки	Панхроматический	Мультиспектральный	Стереотриплет
Спектральный диапазон, мкм	0,51–0,69	0,43–0,52 (синий) 0,52–0,61 (зеленый) 0,61–0,69 (красный) 0,76–0,90 (ближний ИК)	0,51–0,69
Расчетный срок функционирования, лет	2	10	5
Точность геопозиционирования, м	CE90 = 25		
Ширина полосы съемки, км	60	90	60
Периодичность съемки, сутки	9		
Возможность получения стереопары	Да		

КАНАДА

Канада планирует и дальше развивать серию спутников RADARSAT, укрепляя лидирующие позиции на рынке радарной съемки. В настоящее время на орбите находятся спутники RADARSAT-1 и RADARSAT-2.

Компания MDA 9 января 2013 г. объявила о подписании контракта стоимостью 706 млн долл. с Канадским космическим агентством на создание и запуск группировки из трех радарных спутников **RADARSAT Constellation Mission**

(RCM). Срок действия контракта — 7 лет.

Группировка RCM обеспечит круглосуточное покрытие радарной съемкой территории страны. Данные могут включать в себя повторные снимки одних и тех же районов в разное время суток, что значительно улучшит мониторинг прибрежных зон, территорий северных, арктических водных путей и других областей стратегических и оборонных интересов. Система RCM также будет включать комплекс автоматизированного дешифрирования снимков, который в сочетании с оперативным получением данных

позволит немедленно обнаруживать и идентифицировать морские суда по всему Мировому океану. Предполагается значительное ускорение обработки данных — заказчики будут получать необходимую информацию практически в реальном режиме времени.

Группировка RCM будет проводить съемку земной поверхности в С-диапазоне (5,6 см), с изменяемой поляризацией излучения (HH, VH, HV, VV).

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КА RCM

Даты запусков (планируемые): 2016 (RCM-1), 2017 (RCM-2,3)			
Масса, кг		1300	
Орбита	Тип	Солнечно-синхронная	
	Высота, км	600	
	Наклонение, град.	—	
Расчетный срок функционирования, лет			7

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЪЕМОЧНОЙ АППАРАТУРЫ КА RCM

Спектральный диапазон	С-диапазон (5,6 см)			
Периодичность съемки, сутки	12			
Режим	Номинальное пространственное разрешение, м	Ширина полосы съемки, км	Диапазон углов съемки, град.	Поляризация
Низкого разрешения (Low Resolution)	100 x 100	500	19–54	Одиная (по выбору — HH, или VV, или HV, или VH); двойная (по выбору — HH/HV или VV/VH)
Среднего разрешения (Medium Resolution — Maritime)	50 x 50	350	19–58	
Среднего разрешения (Medium Resolution — Land)	16 x 16	30	20–47	
	30 x 30	125	21–47	
Высокого разрешения (High Resolution)	5 x 5	30	19–54	
Сверхвысокого разрешения (Very High Resolution)	3 x 3	20	18–54	
Ice/Oil Low Noise	100 x 100	350	19–58	
Ship Detection	Разное	350	19–58	

КОРЕЯ

С начала работ по реализации космической программы в 1992 г. в Республике Корея создана национальная система ДЗЗ.

Корейский институт аэрокосмических исследований (KARI) разработал серию спутников наблюдения Земли KOMPSAT (Korean Multi-Purpose Satellite). КА KOMPSAT-1

использовался для военных целей до конца 2007 г. В 2006 г. на орбиту был выведен спутник KOMPSAT-2.

Запущенный в 2012 г. КА **KOMPSAT-3** является продолжением миссии KOMPSAT и предназначен для получения цифровых изображений земной поверхности с пространственным разрешением 0,7 м в панхроматическом режиме и 2,8 м в мультиспектральном режиме.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КА KOMPSAT-3

Дата запуска: 17 мая 2012 г.			
Стартовая площадка: Космодром Танэгашима (Япония)			
Средство выведения: PH H-2A			
Разработчики: KARI (Korea Aerospace Research Institute), EADS Astrium Satellites (Франция)			
Оператор: KARI			
Масса, кг		1000	
Орбита	Тип	Высота, км	Наклонение, град.
	Солнечно-синхронная	700	98,1
Расчетный срок функционирования, лет		4	

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЪЕМОЧНОЙ АППАРАТУРЫ КА КОМPSAT-3

Режим съемки	Панхроматический	Мультиспектральный
Спектральный диапазон, мкм	0,45–0,90	0,45–0,52 (синий) 0,52–0,60 (зеленый) 0,63–0,69 (красный) 0,76–0,90 (ближний ИК)
Пространственное разрешение (в надире), м	0,7	2,8
Радиометрическое разрешение, бит/пиксель		14
Ширина полосы съемки, км		16,8

Проект КОМPSAT-5 является частью Корейского национального плана развития MEST (Министерство образования, науки и технологии), который стартовал в 2005 г. КА **КОМPSAT-5** также разрабатывается Корейским институтом аэрокосмических

исследований (KARI). Основная задача заключается в создании радарной спутниковой системы для решения мониторинговых задач. Съемка земной поверхности будет проводиться в С-диапазоне с изменяемой поляризацией излучения (HH, VH, HV, VV).

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КА КОМPSAT-5

Дата запуска: 2013 г. (планируемая)			
Стартовая площадка: пусковая база «Ясный» (Россия)			
Средство выведения: РН «Днепр» (Россия)			
Разработчик: KARI (Korea Aerospace Research Institute), Thales Alenia Space (Италия; бортовая радарная съемочная система — SAR)			
Оператор: KARI			
Масса, кг	1400		
Орбита	Тип	Высота, км	Наклонение, град.
	Солнечно-синхронная	550	97,6
Расчетный срок функционирования, лет	5		

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЪЕМОЧНОЙ АППАРАТУРЫ КОМPSAT-5

Спектральный диапазон	С-диапазон			
	Номинальное пространственное разрешение, м	Ширина полосы съемки, км	Диапазон углов съемки, град.	Поляризация
Высокого разрешения (High resolution mode)	1	30	45	HH, VH, HV, VV
Стандартный (Standard mode)	3	30	45	
Низкого разрешения (Wide swath mode)	1	30	45	

ВЕЛИКОБРИТАНИЯ

Британская компания DMC International Imaging Ltd. (DMCii) является оператором группировки спутников DMC (Disaster Monitoring Constellation) и работает как в интересах правительств стран — владельцев спутников, так и осуществляет поставки космических снимков для коммерческого использования. Группировка DMC обеспечи-

вает оперативную съемку районов стихийных бедствий для государственных агентств и коммерческого использования. Спутники также ведут съемку для решения задач сельского, лесного хозяйства и др. Разработчик спутников — британская компания Surrey Satellite Technology Ltd. (SSTL). Все спутники находятся на солнечно-синхронной орбите для обеспечения ежедневных глобальных покрытий съемками.

Входящий в группировку DMC британский КА UK-DMC-2 был запущен в 2009 г. Он ведет съемку в мультиспектральном режиме с разрешением 22 м в полосе шириной 660 м. На 2014 г. запланирован запуск трех новых спутников **DMC-3a,b,c** с улучшенными характеристиками. Они будут вести съемку в полосе шириной 23 км с разрешением в панхроматическом режиме 1 м и в 4-канальном мультиспектральном режиме (включая инфракрасный канал) — 4 м.

В настоящее время компания SSTL завершает разработку нового бюджетного радарного спутника: 400-килограммовый КА **NovaSAR-S** будет представлять собой платформу SSTL-300 с инновационным радаром для съемки в S-диапазоне. Подход SSTL к инжинирингу и проектированию позволяет развернуть миссию NovaSAR-S в полном объеме в течение 24 месяцев с момента заказа.

NovaSAR-S будет вести радарную съемку в четырех режимах с разрешением 6–30 м в различных комбинациях поляризации. Технические параметры спутника оптимизированы для широкого спектра задач, включая мониторинг наводнений, оценку состояния сельскохозяйственных культур, мониторинг лесов, классификацию растительного покрова, борьбу со стихийными бедствиями и наблюдения за акваториями, в частности для слежения за кораблями, обнаружения разливов нефти.

ИСПАНИЯ

Формируется национальная испанская группировка спутников ДЗЗ. В июле 2009 г. на орбиту был выведен спутник Deimos-1, который входит в состав международной группировки DMC. Он ведет съемку в мультиспектральном режиме с разрешением 22 м в полосе шириной 660 м. Оператор спутника, компания Deimos Imaging, появилась в результате сотрудничества испанской авиационно-космической инжиниринговой компании Deimos Space и Лаборатории ДЗЗ при Вальядолидском университете (Remote Sensing Laboratory of the University of Valladolid (LATUV)). Основная цель новой компании — разработка, внедрение, эксплуатация и коммерческое использование систем ДЗЗ. Компания расположена в г. Вальядолиде (Испания).

В настоящее время компания Deimos Imaging разработывает спутник высокого разрешения **Deimos-2**, запуск которого запланирован на 2013 г. КА Deimos-2 предназначен для получения недорогих мультиспектральных данных ДЗЗ высокого качества. Вместе с КА Deimos-1 спутник Deimos-2 составит единую спутниковую систему Deimos Imaging.

В ближайшие два года начнется реализация национальной программы наблюдения Земли из космоса PNOTS (Programa Nacional

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КА DEIMOS-2

Дата запуска (планируемая): 4-й квартал 2013 г.		
Разработчики: Deimos Imaging (Испания), Satrec Initiative (Корея)		
Оператор: Deimos Imaging		
Масса, кг		300
Орбита	Тип	Солнечно-синхронная
	Высота, км	620
	Наклонение, град.	—
Расчетный срок функционирования, лет		7

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЪЕМОЧНОЙ АППАРАТУРЫ КА DEIMOS-2

Режим съемки	Панхроматический	Мультиспектральный
Спектральный диапазон, мкм	0,45–0,90	0,45–0,52 (синий) 0,52–0,60 (зеленый) 0,63–0,69 (красный) 0,76–0,90 (ближний ИК)
Пространственное разрешение (в надире), м	1	4
Радиометрическое разрешение, бит/пиксель		10
Ширина полосы съемки, км		12
Периодичность съемки, сутки		2

de Observación de la Tierra por Satélite). КА **Paz** (в переводе с испанского языка — мир; другое название — SEOSAR — Satélite Español de Observación SAR) — первый испанский радарный спутник двойного назначения — является одним из компонентов этой программы. Спутник будет способен проводить съемку в любых погодных условиях, днем и ночью,

и в первую очередь будут выполняться заказы испанского правительства, связанные с вопросами безопасности и обороны. КА Paz будет снабжен радаром с синтезированной апертурой, разработанным компанией Astrium GmbH на платформе радара спутника TerraSAR-X.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КА PAZ

Дата запуска (планируемая): 2014 г.	
Стартовая площадка: Космодром Байконур (Россия)	
Средство выведения: РН «Днепр» (Россия)	
Разработчик: EADS CASA (Construcciones Aeronauticas S.A.)	
Оператор: HISDESAT (Hisdesat Servicios Estratégicos, S.A.)	
Масса, кг	1280
Орбита	Тип
	Солнечно-синхронная
Расчетный срок функционирования, лет	7

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЪЕМОЧНОЙ АППАРАТУРЫ КА PAZ

Спектральный диапазон	X-диапазон (3,1 см)			
Режим	Номинальное пространственное разрешение, м	Ширина полосы съемки, км	Диапазон углов съемки, град.	Поляризация
Сверхвысокого разрешения (High Resolution SpotLight — HS)	< (1 x 1) < (2 x 2)	5 x 5 5 x 5	15–60	Одинарная (по выбору — VV или HH); двойная (VV/HH)
Высокого разрешения (SpotLight — SL)	1 x 1 2 x 2	10 x 10 10 x 10	15–60	
Широкополосный высокого разрешения (StripMap — SM)	3 x 3 6 x 6	30 15	15–60	Одинарная (по выбору — VV или HH); двойная (по выбору — VV/HH или HH/HV или VV/VH)
Среднего разрешения (ScanSAR — SC)	16 x 6	100	15–60	Одинарная (по выбору — VV или HH)

В 2014 г. планируется запуск еще одного компонента программы PNOTS — КА **Ingenio** (другое название — SEOSat; Satélite Español de Observación de la Tierra). Спутник будет способен проводить мультиспектральную съемку высокого разреше-

ния для нужд испанского правительства и коммерческих заказчиков. Миссия финансируется и координируется CDTI (Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial). Проект контролируется Европейским космическим агентством.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КА INGENIO

Дата запуска (планируемая): 2014 г.	
Разработчик: EADS CASA (Construcciones Aeronauticas S.A.)	
Оператор: HISDESAT (Hisdesat Servicios Estratégicos, S.A.)	
Масса, кг	750
Орбита	Тип
	Солнечно-синхронная
Расчетный срок функционирования, лет	7

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЪЕМОЧНОЙ АППАРАТУРЫ КА INGENIO

Режим съемки	Панхроматический	Мультиспектральный
Пространственное разрешение (в надире), м	2,5	10
Ширина полосы съемки, км	60	

ЕВРОПЕЙСКОЕ КОСМИЧЕСКОЕ АГЕНТСТВО

В 1998 г. для обеспечения всеобъемлющего мониторинга окружающей среды руководящими органами Европейского союза было принято решение о развертывании программы GMES (Global Monitoring for Environment and Security), которая должна осуществляться под эгидой Еврокомиссии в партнерстве с Европейским космическим агентством (European Space Agency, ESA) и Европейским агентством по окружающей среде (European Environment Agency, EEA). Являясь на сегодняшний день наиболее масштабной программой наблюдения Земли, GMES обеспечит государственные органы и других пользователей высокоточной, современной и доступной информацией для улучшения контроля изменений окружающей среды, понимания причин изменения климата, обеспечения безопасности жизни людей и решения других задач.

На практике GMES будет состоять из сложного комплекса систем наблюдения: спутников ДЗЗ, наземных станций, морских судов, атмосферных зондов и т. д.

Космический компонент GMES будет опираться на два типа систем ДЗЗ: спутники Sentinel, специально предназначенные для программы GMES (их оператором будет ESA), и национальные (или международные) спутниковые системы ДЗЗ, включенные в так называемые миссии сотрудничества GMES (GMES Contributing Missions; GCMs).

Запуск спутников Sentinel начнется с 2013 г. Они будут вести съемку с использованием различных технологий, например с помощью радаров и оптико-электронных мультиспектраль-

ных сенсоров.

Для реализации программы GMES под общим руководством ESA ведется разработка пяти типов спутников ДЗЗ Sentinel, каждый из которых будет осуществлять определенную миссию, связанную с мониторингом Земли.

Каждая миссия Sentinel будет включать в себя группировку из двух спутников для обеспечения наилучшего охвата территории и ускорения повторных съемок, что послужит повышению надежности и полноты данных для GMES.

Миссия **Sentinel-1** будет представлять собой группировку из двух радарных спутников на полярной орбите, оснащенных радаром с синтезированной апертурой (SAR) для съемок в С-диапазоне.

Съемка радарных спутников Sentinel-1 не будет зависеть от погоды и времени суток. Первый спутник миссии планируется запустить в 2013 г., а второй — в 2015 г. Предназначенная специально для программы GMES, миссия Sentinel-1 продолжит радарные съемки С-диапазона, начатые и продолжаемые спутниковыми системами ERS-1, ERS-2, Envisat (оператор — ESA) и RADARSAT-1,2 (оператор — компания MDA, Канада).

Группировка Sentinel-1, как ожидается, будет обеспечивать съемками всю территорию Европы, Канады, а также основные морские судоходные пути каждые 1–3 дня, независимо от погодных условий. Радарные данные будут поставляться в течение часа после проведения съемки — это большой шаг вперед по сравнению с существующими радарными спутниковыми системами.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КА SENTINEL-1

Даты запуска (планируемые): 2013 г. (Sentinel-1A), 2015 г. (Sentinel-1B)		
Стартовая площадка: Космодром Куру (Франция)		
Средство выведения: РН «Союз» (Россия)		
Разработчики: Thales Alenia Space Italy (Италия), EADS Astrium GmbH (Германия), Astrium UK (Великобритания)		
Оператор: Европейское космическое агентство		
Масса, кг		2280
Орбита	Тип	Полярная солнечно-синхронная
	Высота, км	693
Расчетный срок функционирования, лет		7

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЪЕМОЧНОЙ АППАРАТУРЫ КА SENTINEL-1

Спектральный диапазон	С-диапазон		
Периодичность съемки, сутки	1-3		
Режим	Номинальное пространственное разрешение, м	Ширина полосы съемки, км	Поляризация
Interferometric Wide Swath	5x20	250	Двойная (по выбору — HH/HV или VV/VH)
Extra Wide Swath	20x40	400	
Stripmap	5x5	80	
Wave	20x5	20x20	Одинарная (по выбору — VV или HH)

Пара спутников **Sentinel-2** будет регулярно поставлять космические снимки высокого разрешения на всю Землю, обеспечивая непрерывность получения данных с характеристиками, аналогичными программам SPOT и Landsat.

Sentinel-2 будет оснащен оптико-электронным мультиспектральным сенсором для съемок с разрешением от 10 до 60 м в видимой, ближней инфракрасной (VNIR) и коротковолновой инфракрасной (SWIR) зонах спектра, включающих в себя 13 спектральных каналов, что гарантирует отображение различий в состоянии растительности, в том числе и временные изменения, а также сводит к минимуму влияние на качество съемки атмосферы.

Орбита высотой в среднем 785 км, наличие в миссии двух спутников позволят проводить повторные съемки каждые 5 дней на экваторе и каждые 2 — 3 дня в средних широтах. Первый спутник планируется запустить в 2014 г.

Увеличение ширины полосы обзора наряду с высокой повторяемостью съемок позволит отслеживать быстро изменяющиеся процессы, например характер растительности в течение вегетационного периода.

Уникальность миссии Sentinel-2 связана с сочетанием большого территориального охвата, частых повторных съемок и как следствие — систематическим получением полного покрытия всей Земли мультиспектральной съемкой высокого разрешения.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПУТНИКА КА SENTINEL-2

Даты запуска (планируемые): 2014 г. (Sentinel-2A), 2015 г. (Sentinel-2B)		
Стартовая площадка: Космодром Куру (Франция)		
Средство выведения: РН «Рокот» (Россия)		
Разработчик: EADS Astrium Satellites (Франция)		
Оператор: Европейское космическое агентство		
Масса, кг	1100	
Орбита	Тип	Солнечно-синхронная
	Высота, км	785
Расчетный срок функционирования, лет	7	

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЪЕМОЧНОЙ АППАРАТУРЫ КА SENTINEL-2

Режим съемки	VNIR										SWIR		
	1	2	3	4	5	6	7	8	8a	9	10	11	12
Спектральные каналы	0,44	0,49	0,56	0,66	0,70	0,74	0,78	0,84	0,86	0,94	1,38	1,61	2,19
Пространственное разрешение (в надире), м	60	10	10	10	20	20	20	10	20	60	60	20	20
Ширина полосы съемки, км	290												
Периодичность съемки, сутки	От 5 (на экваторе) до 2-3 (в средних широтах)												

Основной целью миссии **Sentinel-3** является наблюдение за топографией поверхности океана, температурой поверхности моря и суши, цветом

океана и суши с высокой степени точности и надежности для поддержки систем прогнозирования состояния океана, а также для мониторинга

окружающей среды и климата.

Sentinel-3 — наследник хорошо себя зарекомендовавших спутников ERS-2 и Envisat. Пара спутников Sentinel-3 будет иметь высокую повторяемость съемок. Орбиты спутников (815 км) обеспечат получение полного пакета данных каждые 27 дней. Запуск первого спутника миссии Sentinel-3 запланирован на 2013 г., сразу же после Sentinel-2. Спутник Sentinel-3В планируется запустить в 2018 г.

Миссии Sentinel-4 и Sentinel-5 предназначены для обеспечения данными о составе атмосферы соответствующих сервисов GMES. Обе миссии будут реализовываться на платформе метеорологических спутников, оператором которых является Европейская организация спутниковой метеорологии EUMETSAT. Спутники планируется запустить в 2017–2019 гг.

БРАЗИЛИЯ

Аэрокосмическая промышленность — одно из наиболее инновационных и важных направлений бразильской экономики. Бразильская космическая программа получит 2,1 млрд долл. федеральных инвестиций в течение четырех лет (2012–2015 гг.).

Национальный институт космических исследований (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais — INPE) работает совместно с Министерством науки и технологий и отвечает в том числе и за проведение космического мониторинга.

В рамках сотрудничества с Китаем INPE разрабатывает семейство спутников CBERS. Благодаря успешной миссии спутников CBERS-1 и CBERS-2 правительства двух стран решили подписать новое соглашение на разработку и запуск еще двух совместных спутников **CBERS-3** и **CBERS-4**, необходимых для контроля вырубки леса и пожаров в бассейне Амазонки, а также для решения задач мониторинга водных ресурсов, сельскохозяйственных земель и др. Бразильское участие в этой программе будет увеличено до 50%. CBERS-3 планируется запустить в 2013 г., а CBERS-4 — в 2014 г. Новые спутники будут обладать большими возможностями, чем их предшественники. В качестве полезной нагрузки на спутниках будут установлены по 4 съемочные системы с улучшенными геометрическими и радиометрическими характеристиками. Камеры MUXCam (Multispectral Camera) и WFI (Wide-Field Imager) разработаны бразильской стороной, а камеры PanMUX (Panchromatic and Multispectral Camera) и IRS (Infrared System) — китайцами. Пространственное разрешение (в надири) в панхроматическом режиме будет 5 м, в мультиспектральном — 10 м. Также ведется разработка серии собственных малых спутников на базе стандартной многоцелевой космической платформы среднего класса Multimission Platform (MMP). Первый из спутников — полярно-орбитальный малый спутник ДЗЗ

Amazonia-1. На нем планируется разместить мультиспектральную камеру Advanced Wide Field Imager (AWFI), созданную бразильскими специалистами. С орбиты высотой 600 км полоса обзора камеры составит 800 км, пространственное разрешение — 40 м. КА Amazonia-1 также будет снабжен британской оптико-электронной системой RALCam-3, которая будет вести съемку с разрешением 10 м в полосе обзора 88 км. Малый радарный спутник **MAPSAR** (Multi-Application Purpose) — совместный проект INPE и Аэрокосмического центра Германии (DLR). Спутник предназначен для работы в трех режимах (разрешение — 3, 10 и 20 м). Его запуск запланирован на 2015 г.

В рамках нашего обзора мы не ставили задачу проанализировать все новые и перспективные национальные системы ДЗЗ высокого и сверхвысокого разрешения. Сейчас уже более 20 стран обзавелись своими собственными спутниками наблюдения Земли. Помимо упомянутых в статье стран, такие системы имеют Германия (группировка оптико-электронных спутников RapidEye, радарные космические аппараты TerraSAR-X и TanDEM-X), Израиль (КА EROS-A,B), Италия (радарные КА COSMO-SkyMed-1-4) и др. Каждый год этот своеобразный космический клуб пополняется новыми странами и системами ДЗЗ. В 2011–2012 гг. своими спутниками обзавелись Нигерия (Nigeriasat-X и Nigeriasat-2), Аргентина (SAC-D), Чили (SSOT), Венесуэла (VRSS-1) и др. Запуск в декабре 2012 г. спутника Gokturk-2 (разрешение в панхроматическом режиме 2,5 м, в мультиспектральном — 10 м) продолжил турецкую программу ДЗЗ (на 2015 г. запланирован запуск третьего спутника серии Gokturk). В 2013 г. Объединенные Арабские Эмираты планируют запуск собственного спутника сверхвысокого разрешения Dubaisat-2 (разрешение в панхроматическом режиме 1 м, в мультиспектральном — 4 м). Ведутся работы над созданием принципиально новых систем космического мониторинга. Так, американская компания Skybox Imaging, базирующаяся в Силиконовой долине, работает над созданием самой высокопроизводительной в мире инновационной группировки мини-спутников ДЗЗ — SkySat. Она позволит получать космические снимки высокого разрешения на любой район Земли по несколько раз в день. Данные будут использованы для оперативного реагирования на чрезвычайные ситуации, мониторинга окружающей среды и т. д. Съемка будет вестись в панхроматическом и мультиспектральном режимах. Первый спутник группировки, SkySat-1, планируется запустить в 2013 г. После полного развертывания группировки (а всего планируется иметь на орбите до 20 спутников) у пользователей будет возможность просмотра любой точки Земли в режиме реального времени. Планируется также возможность проведения видеосъемки из космоса.