

Космические аппараты с радиолокационными системами ДЗЗ

Космический аппарат Alos запущен 24 января 2006 г. с космодрома Танегашима (Япония). Владелец спутника является Японское аэрокосмическое агентство JAXA. КА был выведен на солнечно-синхронную орбиту высотой 691,65 км.

КА ALOS оснащен радиолокатором L-диапазона (PALSAR), предназначенным для круглосуточного и всепогодного наблюдения Земли и позволяющим получать изображения с разрешением от 10 до 100 м.

Радиолокационная система PALSAR, может менять угол визирования в диапазоне 10-51° относительно надир, используя технологию антенны с фазированной решеткой с 80 модулями приема/передачи. Один из основных режимов наблюдения – «точный режим». Этот режим с высокой разрешающей способностью является основным рабочим режимом для интерферометрических наблюдений. Режим ScanSAR позволяет получать полосы покрытия шириной до 350 км с единичной горизонтальной (HH) или вертикальной (VV) поляризацией. Пространственное разрешение составляет около 100 м в продольном и поперечном направлениях. Поляриметрический режим используется в порядке эксперимента. Поляризация меняется в



Alos (PALSAR)

каждом импульсе передаваемого сигнала, а сигналы с двойной поляризацией принимаются вместе. При максимальной скорости передачи данных (240 Мбит в секунду) ширина полосы покрытия равна 30 км, а пространственное разрешение составляет 30 м. Расчетный срок пребывания спутника на орбите составляет не менее 5 лет.

Основные технические характеристики

Микроволновый радиодиапазон	L-диапазон (23,5 см)				
Режим	FBS (HH или VV)	FBD (HH, HV или VV, VH)	Прямая передача данных (HH или VV)	ScanSAR (HH или VV)	Поляриметрический (HH, VV, HV, VH)
Номинальное пространственное разрешение, м	7	14	14	100 (в режиме multy Look)	24
Ширина полосы съемки, км	70	70	70	350	3
Скорость передачи данных на наземный сегмент, Мбит/сек	240	240	120	120	240
Радиометрическое разрешение, бит	5	5	3 / 5	5	3 / 5
Формат файлов	CEOS, по желанию заказчика GeoTIFF				
Обработка	Радиометрическая, сенсорная и геометрическая коррекция Приведение к картографической проекции				
Периодичность съемки, дней	46				
Срок выполнения заказа, дней	7-14 для архивной съемки 7-40 для съемки на заказ				

Cosmo-SkyMed 1-4



Серия космических аппаратов двойного назначения Cosmo-SkyMed 1-4 (Constellation of Small Satellites for Mediterranean basin Observation – созвездие малых спут-

ников для наблюдения за Средиземноморским бассейном), разрабатываемая Итальянским космическим агентством (ASI) совместно с Министерством обороны Италии будет полностью развернута в ближайшие 2 года. Первые два КА были запущены с авиабазы Вандерберг (США) соответственно 8 июня и 9 декабря 2007 г. и выведены на орбиту с высотой 619,6 км и наклоном 97,86°. КА Cosmo-SkyMed 3-4 планируется запустить в 2008-2009 гг. Все спутники группировки оснащены радиолокаторами с синтезированной апертурой, позволяющими выполнять интерферометрическую съемку земной поверхности с беспрецедентным пространственным разрешением (лучше 1 м на местности). Радиолокационная система каждого спутника будет снимать земную поверхность в X-диапазоне (3,1 см), с изменяемой поляризацией излучения (HH, VH, HV, VV), в диапазоне съемочных углов от 20° до 50°. Расчетный срок пребывания на орбите каждого космического аппарата Cosmo-SkyMed 1-4 составляет около 5 лет. Оператором спутников является компания Telespazio (Италия).

Основные технические характеристики

Микроволновый радиодиапазон	X-диапазон (3,1 см)				
Режим	С одним режимом поляризации (по выбору - HH, VV, HV или VH)				С двумя режимами поляризации (по выбору HH, VV, HV или VH)
	Сверхвысокого разрешения (Spotlight или «Frame»)	Высокого разрешения (HIMAGE или Stripmap)	Среднего разрешения (WideRegion или ScanSAR)	Низкого разрешения (Huge Region или ScanSAR)	Среднего разрешения с двойной поляризацией (Ping Pong или Stripmap)
Номинальное пространственное разрешение, м	≤ 1	3-15	30	100	15
Размер сцены, км	10 x 10	40	100	200	30
Скорость передачи данных на наземный сегмент, Мбит/сек	300				
Радиометрическое разрешение, бит на пиксель	8				
Формат файлов	CEOS				
Обработка	Радиометрическая, сенсорная и геометрическая коррекция Приведение к картографической проекции, создание ЦМР				
Периодичность съемки, ч	Каждые 10				
Срок выполнения заказа	1-3 дня для архивных данных 12 ч - 3 дня для съемки на заказ				
Минимальная площадь заказа	Одна стандартная сцена для любого из 4 режимов				

Envisat

1 марта 2002 г. Европейским космическим агентством (ESA) в целях дальнейшего развития программы исследований земной поверхности, начатой спутниками ERS, был осуществлен запуск космического аппарата Envisat. Была выбрана солнечно-синхронная орбита со средней высотой 790 км, наклоном 98,55° и 35-дневным циклом повтора, обеспечивающим глобальное покрытие в промежутке от 1 до 3 дней.

КА является многоцелевым, на нем установлено 9 разнообразных систем дистанционного зондирования, включая оптические сканеры, ультрафиолетовые и инфракрасные спектрометры, радиолокационный альтиметр и т. д. Однако, учитывая сверхнизкое пространственное разрешение большинства перечисленных приборов, наибольший интерес для широкого круга пользователей представляет усовершенствованный радиолокатор бокового обзора с синтезированной апертурой (SAR), выполняющий съемку земной поверхности в С-диапазоне (5,6 см), с изменяемой поляризацией излучения, в диапазоне съемочных углов от 15° до 45°.



Расчетный срок пребывания КА Envisat на орбите – 4 года, на сегодняшний день аппарат продолжает успешно работать.

Основные технические характеристики

Микроволновый радиодиапазон	С-диапазон (5,6 см)		
	Среднего разрешения (Image Mode)	Низкого разрешения (Wide Swath mode)	Глобального мониторинга (Global Monitoring mode)
Режим			
Номинальное пространственное разрешение, м	30	150	1000
Ширина полосы съемки, км	100	400	400
Скорость передачи данных на наземный сегмент, Мбит/сек	105		
Радиометрическое разрешение, бит на пиксель	8		
Формат файлов	CEOS		
Обработка	Радиометрическая, сенсорная и геометрическая коррекция Приведение к картографической проекции		
Периодичность съемки, суток	От 2,5 до 35		
Срок выполнения заказа, дней	7-14 для архивных данных 7-40 для съемки на заказ		
Минимальная площадь заказа	Одна квадратная сцена с длиной равной ширине полосы съемки для любого режима		

ERS-1 и ERS-2



Космическая система ERS разрабатывалась Европейским космическим агентством (ESA) с начала 1980-х гг. 17 июля 1991 г. на солнечно-синхронную орбиту со средней высотой 785 км и наклоном $98,5^\circ$ был запущен первый КА серии – ERS-1. Второй КА – ERS-2, ставший преемником и конструктивным аналогом ERS-1, был выведен на такую же орбиту 21 апреля 1995 г. На первом из спутников установлено 5, на втором – 6 разнообразных систем

дистанционного зондирования, включая оптические ультрафиолетовые и инфракрасные сканеры, радиолокационный альтиметр и т. д. Однако, учитывая сверхнизкое пространственное разрешение большинства перечисленных приборов, наибольший интерес для широкого круга пользователей представляет радиолокатор бокового обзора с синтезированной апертурой (SAR), выполняющий съемку земной поверхности в С-диапазоне (5,6 см), с вертикальной поляризацией излучения (VV), в диапазоне съемочных углов от 20° до 26° . Расчетный срок пребывания на орбите спутника ERS-1 определялся в 3 года, однако аппарат продолжал успешно работать до 10 марта 2000 г., что позволило ESA в течение почти 5 лет эксплуатировать спутниковую группировку, обеспечивавшую удвоенную периодичность съемки поверхности Земли. Также благодаря этому был проведен ряд экспериментов по радиолокационной интерферометрии, в частности осуществлен проект ERS Tandem, продолжавшийся в 1995-1996 гг. и значительно продвинувший технологии радиолокационного дистанционного зондирования Земли. Срок пребывания на орбите ERS-2 определялся в 2 года, несмотря на мелкие неисправности, он успешно проработал до июня 2003 г. С тех пор, в связи с поломкой записывающего устройства, съемка ведется только в пределах доступности наземных станций ESA.

Основные технические характеристики

Микроволновый радиодиапазон	С-диапазон (5,6 см)
Режимы	Основной режим (AMI-SAR Image Mode)
Номинальное пространственное разрешение , м	26 X 30
Ширина полосы съемки, км	100
Скорость передачи данных на наземный сегмент, Мбит/сек	105
Радиометрическое разрешение, бит на пиксель	8
Формат файлов	CEOS
Обработка	Радиометрическая, сенсорная и геометрическая коррекция Приведение к картографической проекции
Периодичность съемки, суток	Не более 35
Срок выполнения заказа, дней	7-14 для архивных данных Не более 50 для съемки на заказ
Минимальная площадь заказа	Одна квадратная сцена с длиной равной ширине полосы съемки для любого режима

Radarsat-1

Космический аппарат Radarsat-1, созданный под управлением Канадского космического агентства CSA (Canadian Space Agency) во взаимодействии с несколькими коммерческими структурами, запущен 4 ноября 1995 г. с авиабазы Ванденберг в Калифорнии (США) на солнечно-синхронную орбиту с высотой 798 км и наклоном 98,6°. Спутник оснащен радиолокатором бокового обзора с синтезированной апертурой, обладающим уникальными возможностями изменения ширины полосы съемки и пространственного разрешения. Радиолокационная система выполняет съемку земной поверхности в С-диапазоне (5,6 см), с горизонтальной поляризацией излучения (HH), в диапазоне съемочных углов от 10° до 60°. Расчетный срок пребывания КА на орбите определялся в 7 лет, однако аппарат продолжает успешно работать. Пользователи во всем мире имеют возможность заказать изображения с шириной от 50 до 500 км и пространственным разрешением от 8 до 100 м. Международным распространением дан-



ных Radarsat-1 занимается компания MDA (MacDonald, Dettwiler and Associates Ltd.).

Основные технические характеристики

Микроволновый радиодиапазон	С-диапазон (5,6 см)					
Режим	Высокого разрешения (Fine)	Расширенный высокого разрешения (Extended High)	Стандартный (Standard)	Широко-захватный (Wide)	Расширенный низкого разрешения (Extended Low)	Узкий низкого разрешения (ScanSAR Narrow)
Номинальное пространственное разрешение, м	8	25	25	30	35	50
Ширина полосы съемки, км	50	75	100	150	170	300
Скорость передачи данных на наземный сегмент, Мбит/сек	2 диапазона: 105 в реальном времени, 85 для записи данных					
Радиометрическое разрешение, бит на пиксель	8					
Формат файлов	CEOS, по желанию заказчика GeoTIFF					
Обработка	Радиометрическая, сенсорная и геометрическая коррекция Приведение к картографической проекции					
Периодичность съемки, суток	От 9 на экваторе и до 3 в средних широтах и ежедневной съемки в приполярных районах					
Срок выполнения заказа, дней	1-14 для архивных данных 2-30 для съемки на заказ					
Минимальная площадь заказа	Одна квадратная сцена с длиной равной ширине полосы съемки для любого режима					

Radarsat-2



Космический аппарат нового поколения Radarsat-2, разработанный Канадским космическим агентством CSA (Canadian Space Agency) и компанией MDA (MacDonald, Dettwiler and Associates Ltd.), запущен 14 декабря 2007 г. с космодрома Байконур на солнечно-синхронную орбиту с высотой 798 км и наклоном 98,6°, с периодом обращения 100,7 мин. КА оснащен радиолокатором бокового обзора с синтезированной апертурой, обладающим, как и спутник Radarsat-1, уникальными возможностями изменения ширины полосы съемки и пространственного разрешения. Съемка земной поверхности проводится в С-диапазоне (5,6 см), с изменяемой поляризацией излучения (НН, VH, HV, VV), в диапазоне съемочных углов от 10° до 60°. Расчетный срок пребывания на орбите – не менее 7 лет.

Основные технические характеристики

Микроволновый радиодиапазон	С-диапазон (5,6 см)					
Режим	Сверхвысокого разрешения (Ultra-Fine)	Высокого разрешения (Fine)	Высокого разрешения с полной поляризацией (Fine Quad-hi)	Стандартный (Standard)	Широкозахватный (Wide)	Узкий низкого разрешения (ScanSAR Narrow)
Номинальное пространственное разрешение, м	3	8	8-12	25	30	50
Ширина полосы съемки, км	25	50	25	100	150	300
Поляризация	Один тип из: НН/НV/МН/ВV	НН и НV либо ВН и ВV	НН, ВV, НV, ВН,	НН и НV либо ВН и ВV		
Формат файлов	CEOS, GeoTIFF					
Обработка	Радиометрическая, сенсорная и геометрическая коррекция Приведение к картографической проекции					
Периодичность съемки, суток	В зависимости от режима и типа съемки. От 2-3 на экваторе в полосе 500 км					
Срок выполнения заказа, дней	1-14 для архивных данных 2-30 для съемки на заказ					
Минимальная площадь заказа	Одна квадратная сцена с длиной равной ширине полосы съемки для любого режима					

TerraSAR-X

Космический аппарат TerraSAR-X, разработанный немецким аэрокосмическим центром (DLR) и компанией EADS Astrium GmbH, был запущен 15 июня 2007 г. с космодрома Байконур и выведен на круговую солнечно-синхронную орбиту высотой 514 км с наклоном 97,44°. КА оснащен новейшим радиолокатором с синтезированной апертурой, позволяющим выполнять радиолокационную съемку земной поверхности с беспрецедентным пространственным разрешением (до 1 м), что делает КА TerraSAR-X, одной из наиболее совершенных систем дистанционного зондирования Земли. Радиолокатор выполняет съемку земной поверхности в X-диапазоне (3,1 см), с изменяемой поляризацией излучения (HH, VH, HV, VV), в диапазоне съемочных углов от 20° до 55°. Эксплуатирует спутник компания Infoterra GmbH (Германия). Расчетный срок пребывания аппарата TerraSAR-X на орбите составляет около 5 лет.



Основные технические характеристики

Микроволновый радиодиапазон	X-диапазон (3,1 см)			
Режимы:	Сверхвысокого разрешения (High Resolution SpotLight)	Высокого разрешения (SpotLight)	Широкополосный высокого разрешения (StripMap)	Среднего разрешения (ScanSAR)
Номинальное пространственное разрешение, м	1	2	3	16
Размер сцены, км	10 x 5	10 x 10	30 x 50	100 x 150
Скорость передачи данных на наземный сегмент, Мбит/сек	300			
Радиометрическое разрешение, бит на пиксель	16			
Формат файлов	CEOS, GeoTIFF			
Обработка	Радиометрическая, сенсорная и геометрическая коррекция. Приведение к картографической проекции, создание ЦМР, производных картографических продуктов			
Периодичность съемки, суток	Цикл 11, подцикл 2,5			
Срок выполнения заказа, дней	1-3 для архивных данных 1-6 для съемки на заказ			
Минимальная площадь заказа	Одна стандартная сцена для любого из 4 режимов			