

Дистанционное зондирование Земли при эколого- геологических исследованиях

3. Методы и технологии
изучения Земли из космоса

Содержание

3.1. Технология получения материалов ДЗЗ

Схема получения и обработки данных ДЗЗ. Материалы ДЗЗ.

Технология сканерной съёмки. Разрешение изображения

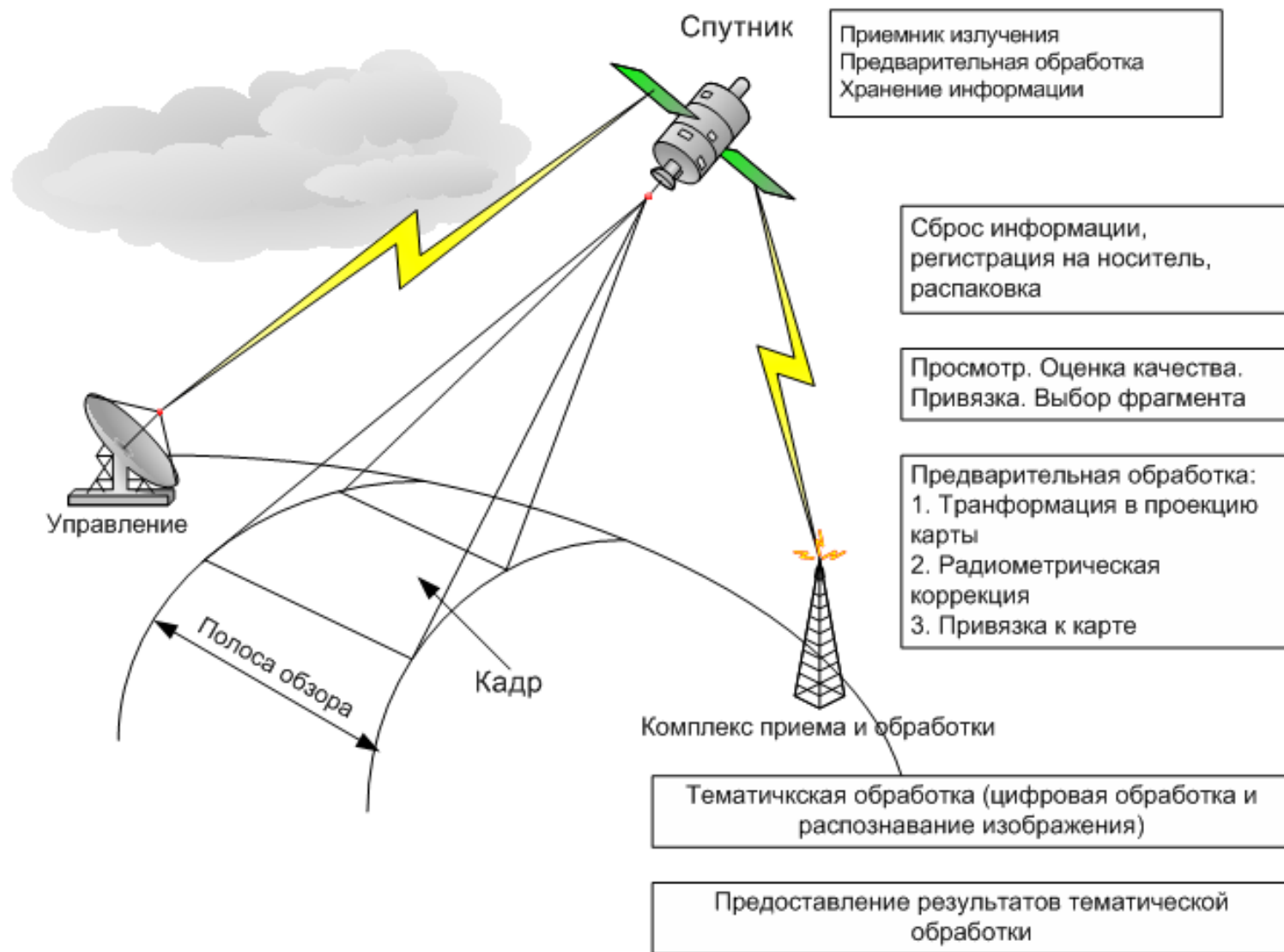
3.2. Системы ДЗЗ

SPOT-5. Landsat. TERRA. IRS-P6. Монитор-Э. IKONOS

3.1

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДЗЗ

Схема получения и обработки данных ДЗЗ



Процесс съёмки

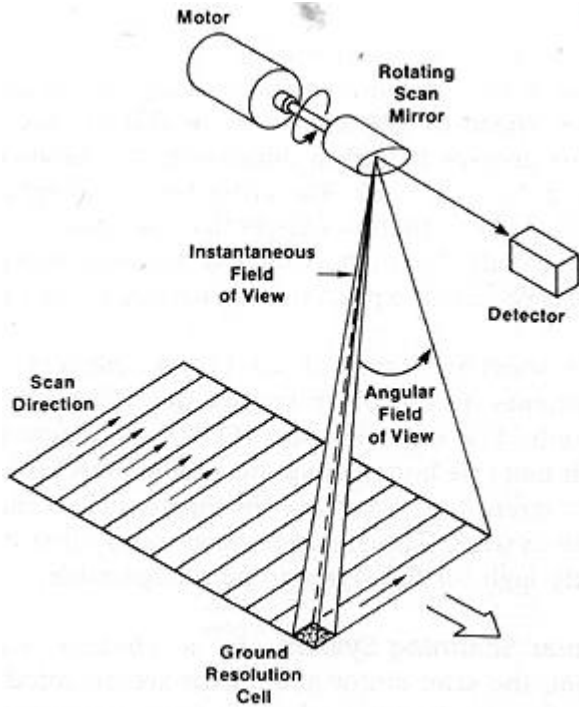


Материалы дистанционного зондирования

- Существуют две технологии космических съемок съемки с фотографических и со сканерных систем.
- Дистанционное зондирование осуществляют специальными приборами – датчиками. Датчики могут быть пассивными и активными, причем пассивные датчики улавливают отраженное или испускаемое естественное излучение, а активные способны сами излучать необходимый сигнал и фиксировать его отражение от объекта.
 - К пассивным датчикам относят оптические и сканирующие устройства, действующие в диапазоне отраженного солнечного излучения, включая ультрафиолетовый, видимый и ближний инфракрасный диапазоны.
 - К активным датчикам относят радарные устройства, сканирующие лазеры, микроволновые радиометры и др.
- Наиболее распространенный в настоящее время тип дистанционных данных – цифровые снимки космических сканеров. Эти приборы регистрируют отраженное от земной поверхности солнечное излучение в нескольких спектральных диапазонах (видимых и инфракрасных), и снимки, таким образом, несут огромное количество качественной информации о структуре и состоянии растительного покрова, выраженной в количественной, цифровой форме.

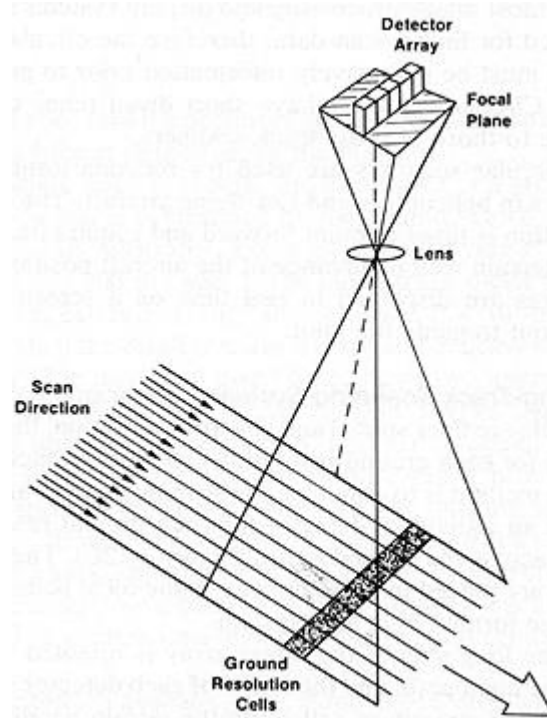
Технология сканерной съёмки

оптико-механическая



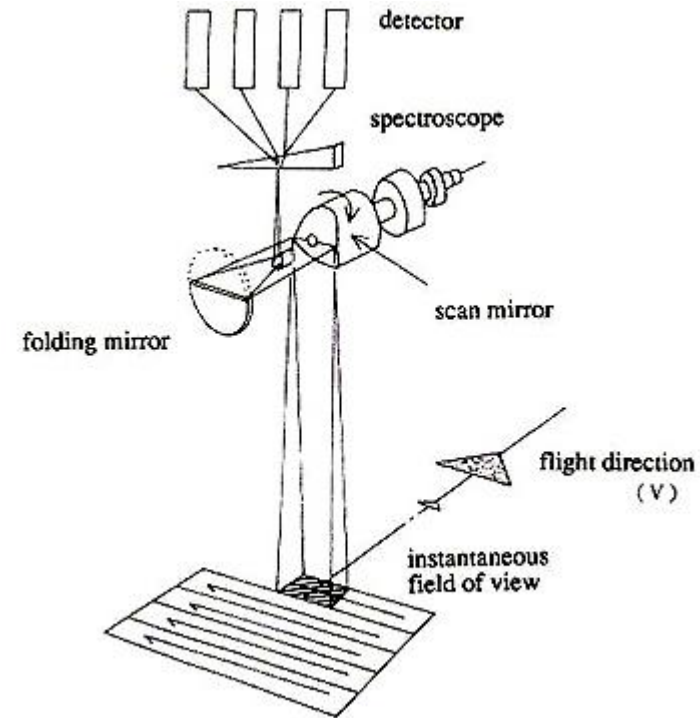
A. CROSS-TRACK SCANNER.

оптико-электронная



C. ALONG-TRACK SCANNER.

мультиспектральная
(многозональная)



Структура данных сканерной съёмки

- В зависимости от числа одновременно используемых при съёмке спектральных зон съёмочные системы могут быть:
 - **панхроматическими** называют однозональные изображения, полученные сразу во всём видимом диапазоне спектра.
 - **многозональные изображения** – это набор спектральных каналов в одном файле. Многозональные изображения при синтезе не всегда воспроизводят реальные цвета, так как спектральные каналы не всегда соответствуют длинам волн, которые входят в цветовую гамму.
- Иногда появляется необходимость регистрации изображении подстилающей поверхности в реальных цветах. Снимки, полученные в реальных цветах, называются **цветными**.
- В том случае, когда появляется необходимость следить за объектом, имеющим резкий контраст с окружающей средой в одном узком диапазоне спектра, можно использовать спектрозональные изображения, т.е. изображения, полученные отдельно в нужном спектральном интервале. Такие изображения называются **спектральными**.

Многозональная съемка

- Наиболее информативными для решения практически всех задач являются многозональные изображения.
- Одно из условий **выбора спектральных зон** для съёмки требует, чтобы объекты на полученных изображениях различались по оптической плотности (уровню видеосигнала). Кривые спектральной яркости снимаемых объектов в пределах выбранной зоны для этого по возможности не должны пересекаться.
- В практике бывают случаи, когда выполнение этого условия одновременно для всех объектов оказывается невозможным. В результате некоторые объекты могут не отличаться на изображении по оптической плотности и, следовательно, окажутся отнесёнными по этому признаку к одному классу.
- Излучение реального объекта, как известно из курса физики и оптики, имеет спектр. Это означает, что в разных оптических (видимых человеческим глазом) спектральных диапазонах (или зонах) интенсивность отраженного света различна. При фотографировании на один снимок все эти излучения в разных зонах накладываются друг на друга, а на снимке получается суммарная интенсивность разных спектральных диапазонов.

Разрешение

- **Разрешение** – это общий термин, используемый для описания количества пикселей, которые могут быть одновременно просмотрены на дисплее, или участок на земле, которому соответствует пиксель на изображении. В более узком смысле в дистанционном зондировании используют четыре типа разрешения:
 - спектральное – под ним понимают определённый интервал длин волн, в которых работает сенсор;
 - пространственное – участок на земле, которому соответствует каждый пиксель на изображении (масштаб изображения);
 - радиометрическое – число полутонов серого тона на изображении, т. е. количество возможных значений данных файла в каждом спектральном канале (выражается числом битов в каждой записи);
 - временное – максимальная частота получения изображения на одну и ту же территорию данным типом сенсоров.

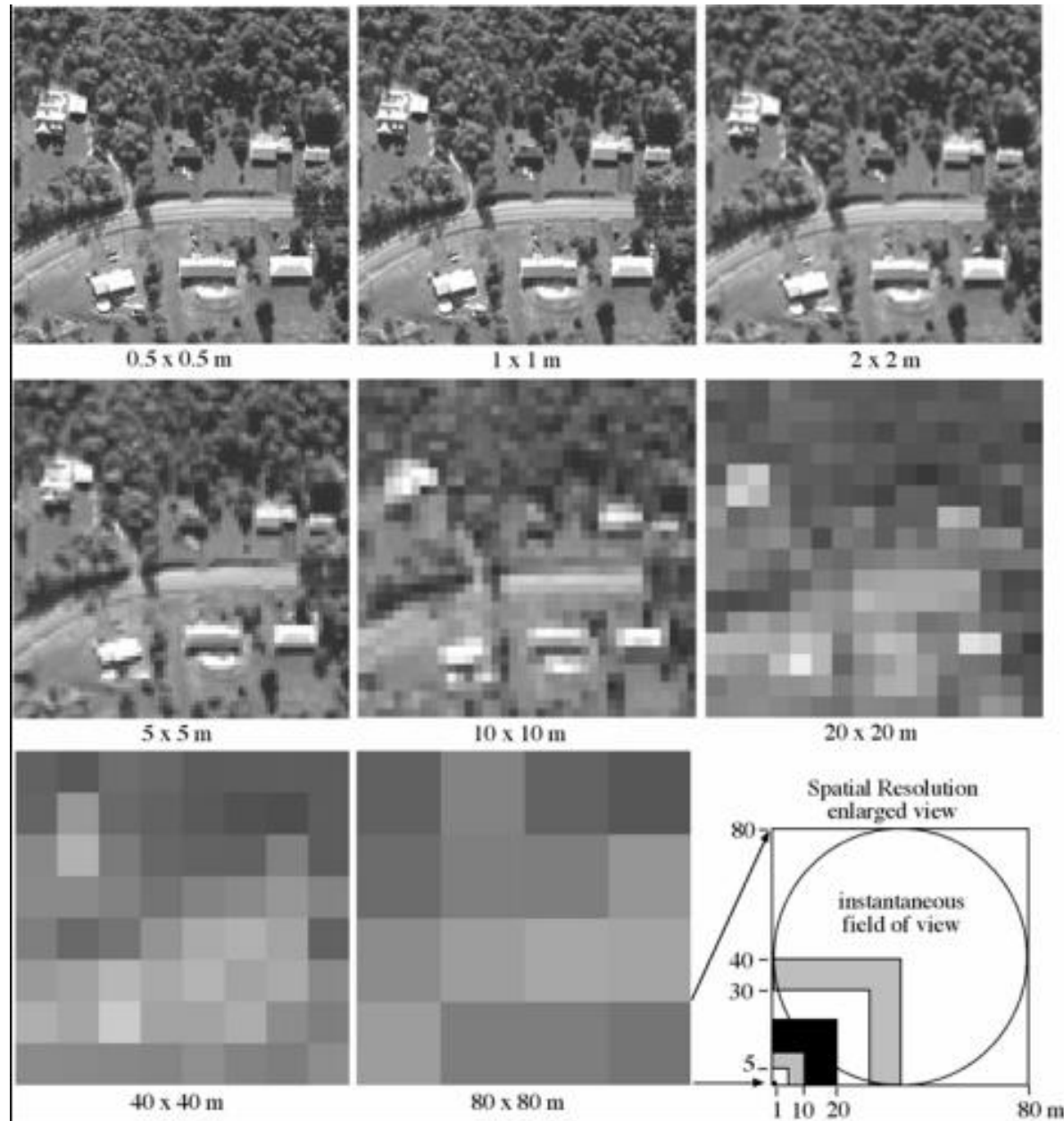
ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗРЕШЕНИЕ

Низкого >1000 м

Среднего, 100-1000 м

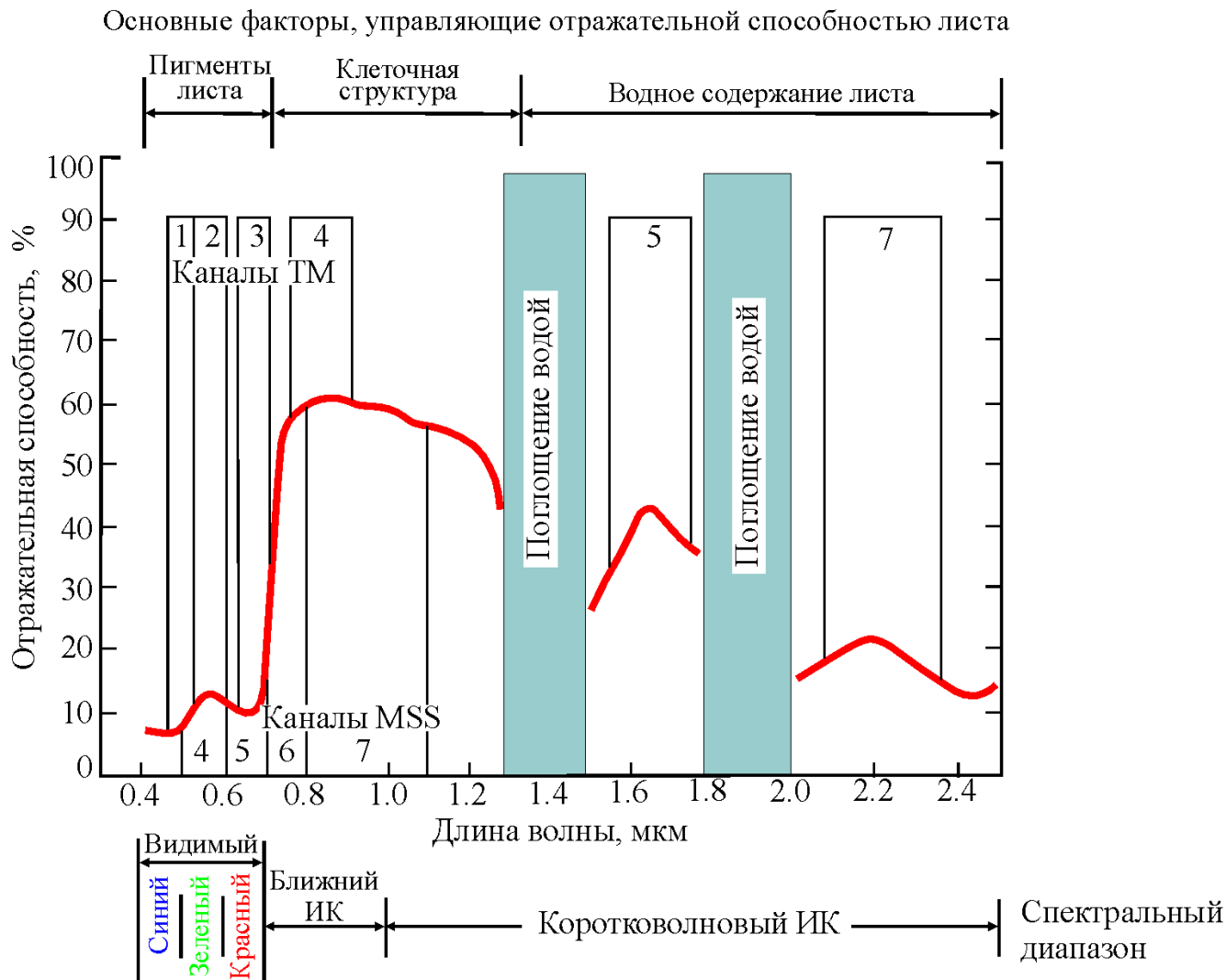
Высокого, 10-100 м

- 30-100 м
- 10-30 м
- 1-10 м
- < 1 м



Размер элемента сканирования должен быть более чем в два раза меньше
самого маленького из интересующих объектов

СПЕКТРАЛЬНОЕ РАЗРЕШЕНИЕ



Landsat 7 ETM+			b8			
Номер канала	b1	b2	b3	b4	b5	b7
Границы, мкм	.450–.515	.525–.605	.630–.690	.775–.900	1.550–1.750	2.090–2.35

Характеристический спектр зеленого листа; показаны также полосы пропускания каналов датчиков систем MSS и TM

РАДИОМЕТРИЧЕСКОЕ РАЗРЕШЕНИЕ

Число градаций на которое может быть разбит регистрируемый поток излучения

24-БИТ – 65 536 ГРАДАЦИЙ



8-БИТ – 256 ГРАДАЦИЙ



2-БИТ – 4 ГРАДАЦИЙ



1-БИТ – 2 ГРАДАЦИЙ

3.2

СИСТЕМЫ ДЗЗ

SPOT-5

- Название SPOT-5 (Systeme Probatoire l'Observation de la Terre)
- Тип КА ДЗЗ
- Страна Франция
- Разработчик Israel Aircraft Industries
- Эксплуатация системы Spot Image
- Платформа Mk-3S
- Инструменты 2 x [HRG](#), [HRS](#), [Vegetation 2](#)
- Расчетный срок действия, лет 5
- Дата запуска 04 мая 2002
- Статус функционирует
- Высота орбиты (перигей-апогей), км 830
- Наклонение орбиты, гр 98.7
- Период повторного просмотра, сут 26

HRG

Название	HRG (Haute Resolution Geometrique)
Тип	Оптико-электронная аппаратура

Каналы

Номер канала	Разрешение, м	Начало, нм	Конец, нм
1	5(2.5)	480	710
2	5(2.5)	480	710
3	10	500	590
4	10	610	680
5	10	780	890
6	20	1580	1750



Landsat

- Название Landsat-7
- Тип КА ДЗЗ
- Страна США
- Владелец NASA, USGS
- Разработчик Lockheed Martin (бывш. Martin Marietta Astro Space)
- Эксплуатация системы USGS
- Платформа Lockheed Martin Missiles & Space
- Инструменты [ETM+](#)
- Расчетный срок действия, лет 6 лет
- Дата запуска 15 апреля 1999
- Статус функционирует с отклонениями в работе камеры
- Высота орбиты (перигей-апогей), км 669-705
- Наклонение орбиты, гр 98.2
- Период повторного просмотра, сут 16 сут (233 орбиты)

ETM+

Название	ETM+ (Enhanced Thematic Mapper)
Тип	многоспектральный оптико-механический сканирующий радиометр
Страна	США
Разработчик	Raytheon (Hughes) Santa Barbara Remote Sensing
Носитель	Landsat 7
Полоса захвата, км	183
Источники данных	http://glcf.umiacs.umd.edu/ http://glovis.usgs.gov/ http://earthexplorer.usgs.gov/

Каналы

Номер канала	Разрешение, м	Начало, нм	Конец, нм
1	30	450	515
2	30	525	605
3	30	630	690
4	30	760	900
5	30	1550	1750
6	60	10400	12500
7	30	2080	2350
8	15	520	900

TERRA – первый спутник системы EOS

Earth Observing System

Орбита	близкая к полярной, солнечно-синхронная
Высота	705 км
Тип данных	цифровой
Наклонение орбиты	98 град
Частота получения информации	2 дня

АППАРАТУРА

ASTER	усовершенствованный радиометр космического базирования Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
CERES	система, регистрирующая излучение энергии от облаков и земной поверхности Clouds and the Earth's Radiant Energy System
MISR	спектрорадиометр многостороннего обзора Multi-angle Imaging Spectroradiometer
MODIS	спектрорадиометр среднего разрешения MODerate-resolution Imaging Spectroradiometer
MOPITT	измерения уровня загрязнения в тропосфере Measurements of Pollution in the Troposphere



Аппаратура MODIS

Задачи: *измерение температуры суши и морской поверхности,
наблюдение облачного, снежного и ледового покровов,
выявление пожаров и тепловых аномалий,
измерение влажности поверхности,
наблюдение за океаническими течениями
и цветом морской поверхности,
выявление изменений растительного покрова,
в т. ч. в глобальном масштабе,
измерение концентрации и свойств аэрозолей
в атмосфере*

Характеристики:

Спектральные диапазоны:	36 каналов в диапазоне от 0,4 до 14,4 мкм
Пространственное разрешение в надире :	1, 2 каналы – 250 м 3–7 каналы – 500 м 8–36 каналы – 1000 м
Ширина полосы обзора:	2330 км
Угол обзора:	± 55 град от направления в надир
Скорость передачи данных радиометра:	2,5–11 Мбит/с
Радиометрическое разрешение :	12 бит
Точность измерения температуры поверхности :	1 К (суша); 0,2 К (море)

ДАННЫЕ РАДИОМЕТРА ASTER



Архив данных ASTER формируется в рамках совместного проекта [Международного социально-экологического союза](#), [Центра охраны дикой природы](#) и ИТЦ СканЭкс при поддержке [Института мировых ресурсов](#) и участии ряда российских природоохранных организаций.

Радиометр [ASTER \(Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer\)](#) установлен на борту [Terra](#), первого спутника серии EOS.

Прибор позволяет проводить съемку земной поверхности в 14 спектральных диапазонах от видимого до дальнего инфракрасного с пространственным разрешением от 15 до 90 м.

Одной из уникальных особенностей радиометра является возможность стереосъемки в ближнем инфракрасном (ИК) диапазоне, что обеспечивает получение стереоснимков высокого разрешения и позволяет создавать на их основе детальные цифровые модели местности.

Описание съемочной аппаратуры

Основные характеристики радиометра ASTER

Номера каналов	Спектральный диапазон (мкм)	Пространств. разрешение (м)	Полоса обзора (км)	Повторяемость съемки одной территории (для одного спутника)
1 - 3 VNIR	0.52 - 0.86	15	60	1 раз в период от 4 до 16 суток
4 - 9 SWIR	1.60 - 2.43	30		
10 -14 TIR	8.125 - 11.65	90		



Индийская космическая программа [IRS \(Indian Remote Sensing programme\)](#) успешно функционирует с 1988 года.

В рамках программы представлены спутники двух основных типов: оперативные и экспериментальные, серии IRS-P (P - prototype), предназначенные для отработки перспективной аппаратуры съемки Земли.

Оперативные космические аппараты (КА) IRS-1C/1D, действующие сегодня, находятся на орбите с 1995 и 1997 гг. соответственно. Установленная на спутниках аппаратура обеспечивает съемку земной поверхности с пространственным разрешением 5.8 метров в панхроматическом режиме (прибор PAN) и одновременную многозональную съемку с пространственным разрешением 23 и 188 м (приборы LISS-3 и WiFS).

ИТЦ СканЭкс оказывает услуги по предоставлению данных IRS-1C/1D на территории России и стран СНГ, а также принимает заявки на выполнение оперативной прицельной съемки с КА IRS-1C/1D. Архив данных формируется с 2002 года.

Основные характеристики съемочной аппаратуры спутника IRS-P6.

Сканер		LISS-4		LISS-3	AWiFS
Тип		Mono	MSS	MSS	MSS
Повторяемость съемки одной территории, сутки		5	5	24	5
Пространствен-ное разрешение, м	Green Red NIR SWIR	5.8	5.8 5.8 5.8	23.5 23.5 23.5 23.5	56 56 56 56
Ширина полосы съемки, км		70	23	140	740
Радиометрическое разрешение, бит		10	10	7	10
Спектральный диапазон, нм	Green Red NIR SWIR	620-680	520-590 620-680 770-860	520-590 620-680 770-860 1550-1700	520-590 620-680 770-860 1550-1700

Космический аппарат QuickBird (DigitalGlobe, Inc. - США)



18 октября 2001 года американская компания DigitalGlobe успешно запускает спутник QuickBird 2. Также происходит модернизация оборудования на наземных станциях приема, расположенных в Норвегии и на Аляске.

Со второго квартала 2002 года DigitalGlobe начинает продажу снимков с QuickBird, имеющих 0,61 м и 2,44 м пространственного разрешения в черно-белом и цветном диапазонах соответственно.

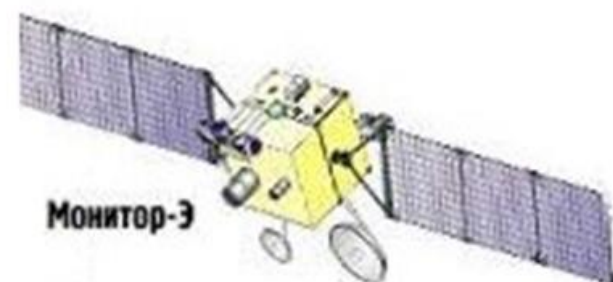
Спутник находится на солнечно-синхронной орбите и имеет наибольшую полосу захвата, наибольший объем для хранения данных на борту и самое высокое пространственное разрешение получаемого изображения среди других существующих коммерческих спутников. QuickBird предназначен для эффективного получения изображений высокой метрической точности. За год спутник может получать изображения земной поверхности общей площадью 75 миллионов кв. км, что позволяет компании DigitalGlobe обновлять свой архив с беспрецедентной скоростью.

Технические параметры	Значение
Дата запуска	18 октября 2001 года
Высота орбиты	450 км
Наклон орбиты	97,2 градуса, солнечно-синхронная
Скорость	7,1 км/сек
Время прохождения одного витка	93,5 минут
Спектральные слои	Панхроматический: 450-900 нм Синий: 450-520 нм Зеленый: 520-600 нм Красный: 630-690 нм Ближний ИК: 760-900 нм
Глубина цвета	11 бит
Время пересечения экватора	10:30 (точка пересечения орбиты на спуск)
Класс космического аппарата	Высокодетальный
Пространственное разрешение (панхроматическое)	0,61 метра (в надири)
Пространственное разрешение (мультиспектральное)	2,44 метра (в надири)
Возможность получения стереопары	Да, с соседних витков
Периодичность появления над объектом	Для широты России - 5 суток
Максимальное время выполнения заказа	90 дней (зависит от погоды, площади и общего количества заказов)
Размер кадра	16,5х16,5 км (272 кв. км.)
Площадь минимального заказа - архив	25 кв. км. (изображение произвольной формы) или 10 кв. км по особым ценам
Площадь минимального заказа - новая съемка	64 кв. км. (изображение произвольной формы)

Космический аппарат "Монитор-Э"/ 15 Aug 2005/

Автор: Информационно-аналитический отдел

Опубликовано: August 15, 2005, 13:49



Назначение

Получение оперативных данных ДЗЗ в интересах экологического мониторинга, контроля чрезвычайных ситуаций, исследования природных ресурсов Земли, картографии и хозяйственной деятельности. Данный космический аппарат предназначен для осуществления оперативного наблюдения поверхности Земли в полосе захвата от 90 до 160 км с пространственным разрешением от 8 до 20 м. Целевая аппаратура КА позволяет осуществлять как панхроматическую, так и многозональную съемку земной поверхности и передачу информации в масштабе времени, близком к реальному.

КА «Монитор –Э» — низкоорбитальный экспериментальный КА (индекс Э), у которого новыми являются универсальная космическая платформа (УКП) и камеры для съемки земной поверхности.

Съемка КА «Монитор –Э» будет проводиться в двух режимах: трассовая съемка – когда камера снимает на земной поверхности по ходу движения КА, и маршрутная съемка – в этом случае КА может отклоняться от трассы полета и производить съемку отдельных участков территории по заказу потребителя. Оптико-электронной целевой аппаратурой КА «Монитор –Э» проводится съемка одновременно во всех четырех каналах (в трех диапазонах многозональной аппаратурой и в одном диапазоне панхроматической аппаратурой).

Основные характеристики:

- ◆ дата запуска — 26 августа 2005г.
- ◆ масса КА — 750 кг
- ◆ параметры орбиты
 - ◊ высота — 550 км
 - ◊ наклонение — 97,5 град (ССО)
- ◆ периодичность съемки на широте 60 град, сутки (ПСА/РДСА) — 6/4
- ◆ панхроматическая съемка земной поверхности с пространственным разрешением 8 м в полосе не менее 90 км;
- ◆ многозональная съемка земной поверхности с пространственным разрешением 20-40 м в полосе не менее 160 км;
- ◆ срок активного существования — 5 лет
- ◆ Средства выведения — РН «Рокот» с РБ «Бриз-КМ» с космодрома «Плесецк»
- ◆ Разработчик КА — ГКНПЦ им. М.В. Хруничева.

Характеристики целевой аппаратуры	Оптико-электронный комплекс	
	ПСА	РДСА
Спектральные диапазоны, мкм	0,51-0,85	0,54-0,59 0,63-0,68 0,79-0,90
Пространственное разрешение, м	8	20/40
Полоса захвата, км	90	160
Полоса обзора, км	730	890
Скорость передачи информации, Мбит/с	122,88	15,36 / 61,44

IKONOS

- Космический аппарат Ikonos был запущен 24 сентября 1999 г. с авиабазы Ванденберг (США).
- Владелец спутника до начала 2006 года являлась компания Space Imaging (США). В феврале 2006 года компания OrbImage объявила о слиянии с компанией Space Imaging. Объединенная компания получила новое название GeoEye.
- Спутник был выведен на низкую солнечно-синхронную орбиту высотой 680 км, обеспечивающую его прохождение над любым районом Земли каждые 1-5 дней (в зависимости от широты).
- Спутник Ikonos предназначен для получения цифровых изображений земной поверхности с пространственным разрешением 1 м в панхроматическом режиме и 4 м в мультиспектральном режиме.
- Основными преимуществами спутника Ikonos являются высокая маневренность и, как следствие, возможность съемки больших площадей за один проход (до 5 000 кв. км), а также возможность получения стереопар с одного витка. Расчетный срок пребывания на орбите составляет около 7 лет.

IKONOS

- Области применения данных дистанционного зондирования, полученных со спутника Ikonos:
- Создание и обновление топографических и специальных карт и планов вплоть до масштаба 1:5 000.
- Создание цифровых моделей рельефа с точностью 1-3 метра по высоте. Инвентаризация и контроль строительства объектов инфраструктуры транспортировки и добычи нефти и газа.
- Выполнение лесоустроительных работ, инвентаризация и оценка состояния лесов. Инвентаризация сельскохозяйственных угодий, создание планов землепользования, точное земледелие.
- Обновление топографической подосновы для разработки проектов генеральных планов перспективного развития городов, схем территориального планирования муниципальных районов.
- Инвентаризация и мониторинг состояния транспортных, энергетических, информационных коммуникаций.
- Широкий круг задач в области охраны окружающей среды.

Основные технические характеристики аппарата Ikonos

Дата запуска:	24 сентября 1999 г.	
Режимы:	Панхроматический	Мультиспектральный
Спектральный диапазон (мкм):	0,445-0,90	голубой: 0,45-0,52 зеленый: 0,52-0,61 красный: 0,64-0,72 ближний ИК: 0,77-0,88
Пространственное разрешение:	1 м	4 м
Ширина полосы охвата:	11 км	
Радиометрическое разрешение:	11 бит на пиксел	
Формат файлов:	GeoTIFF	
Периодичность съемки:	1-5 дней (в зависимости от широты области съемки)	
Срок выполнения заказа:	7-14 дней для архивных данных 7-90 дней для съемки на заказ	
Минимальная площадь заказа:	49 кв. км для архивных данных, возможен заказ полигона произвольной формы с расстоянием между вершинами не менее 5 км 100 кв. км для съемки на заказ, возможен заказ полигона произвольной формы с расстоянием между вершинами не менее 5 км	
Дата запуска:	24 сентября 1999 г.	

Примеры изображений IKONOS



Дубай, Объединенные Арабские Эмираты



Петропавловская крепость, Санкт-Петербург