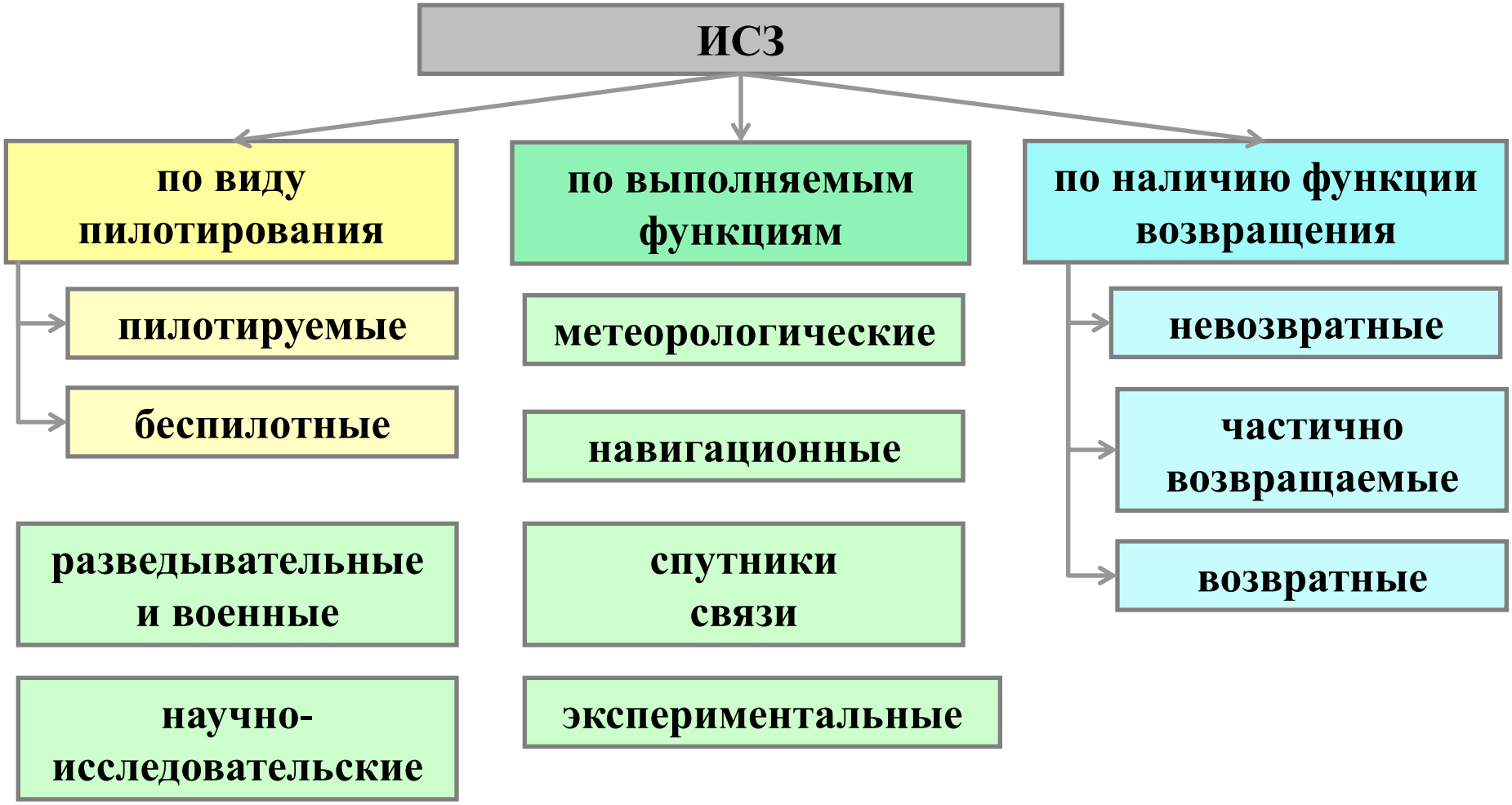
Лекция 18

Типы искусственных спутников Земли и их особенности

Искусственный спутник Земли (ИСЗ) — космический летательный аппарат, вращающийся вокруг Земли по геоцентрической орбите.



Пилотируемые и беспилотные ИСЗ

Под понятием **спутник**, как правило, подразумеваются **беспилотные космические аппараты**, однако околоземные пилотируемые и автоматические грузовые космические корабли, а также орбитальные станции, по сути, также являются спутниками. Более того, автоматические межпланетные станции и межпланетные космические корабли могут запускаться в дальний космос как минуя стадию спутника (прямое восхождение), так и после предварительного вывода на т.н. опорную орбиту спутника.

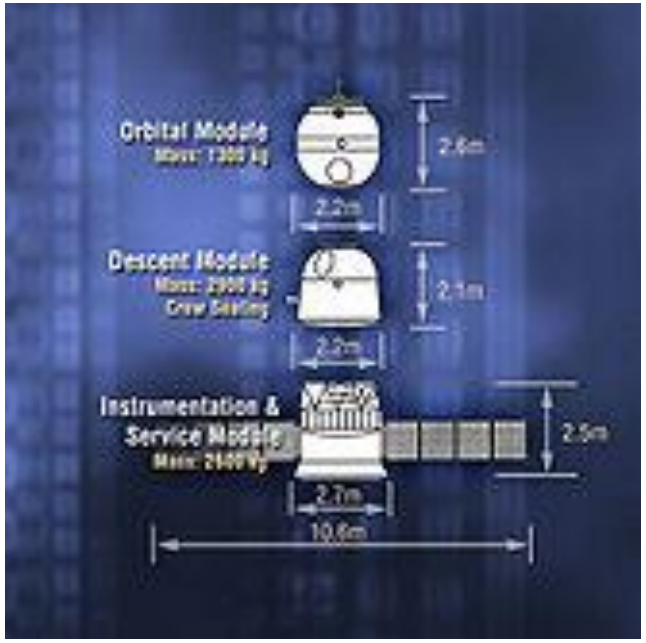
Одной из особенностей пилотируемых ИСЗ являются существенно большие масса и габариты по сравнению с беспилотными ИСЗ.

Пилотируемый космический корабль (ПКК) предназначен для доставки людей в космос и безопасного их возвращения на Землю. Одной из основных проблем при конструировании данного класса КА является создание безопасной, надёжной и точной системы возвращения экипажа на земную поверхность. В качестве таких систем используются ***бескрылые спускаемые аппараты*** или ***космопланы***.

Ввиду высочайшей сложности создания ПКК, их имеют только три страны — СССР/Россия, США, Китай. При этом китайские космические корабли во многом повторяют советский космический корабль «Союз». Планы создания собственных ПКК имеют Индия, Япония, Европа/ЕКА, Иран.

Спускаемый аппарат (СА) — КА или его часть, предназначенная для спуска полезной нагрузки с орбиты ИСЗ или с межпланетной траектории и мягкой посадки на поверхность Земли либо другого небесного тела.

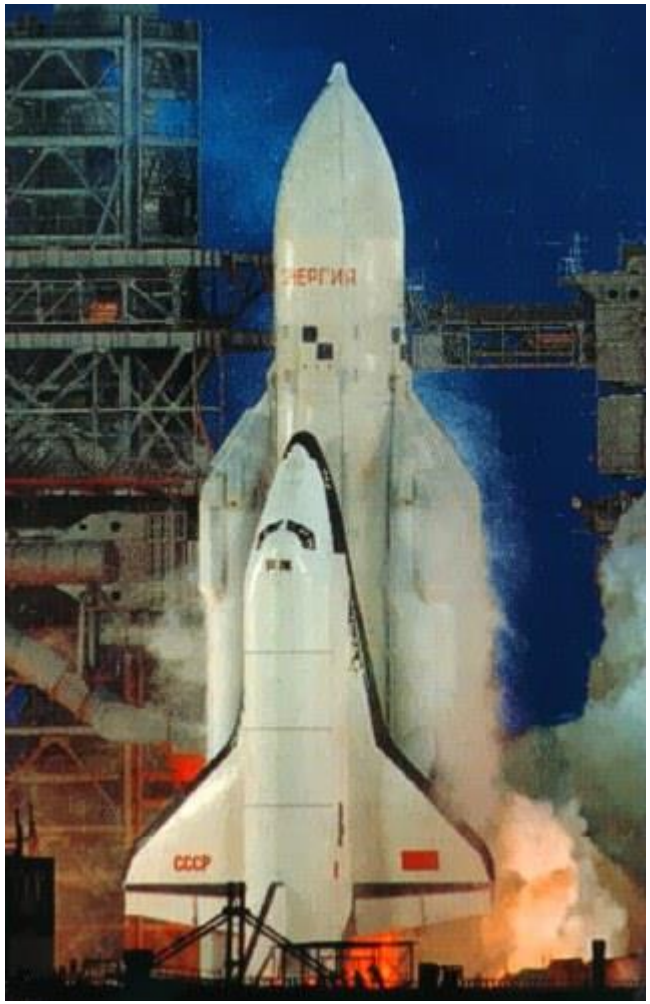
Космоплан – это суборбитальный космический корабль многоразового использования. Космоплан может выводиться на орбиту как за счет собственных двигателей, так и за счет ракеты-носителя.



Пилотируемый КА «Союз-ТМА», рассчитан на экипаж 1…3 чел, автономный ресурс от 3 до 200 суток (в составе орбитальной станции)
Средний диаметр 2,25 м, длина 7,9 м, масса 7170 кг

Спускаемый аппарат корабля «Союз-19»

Спускаемый аппарат «Союз ТМА-2» после приземления



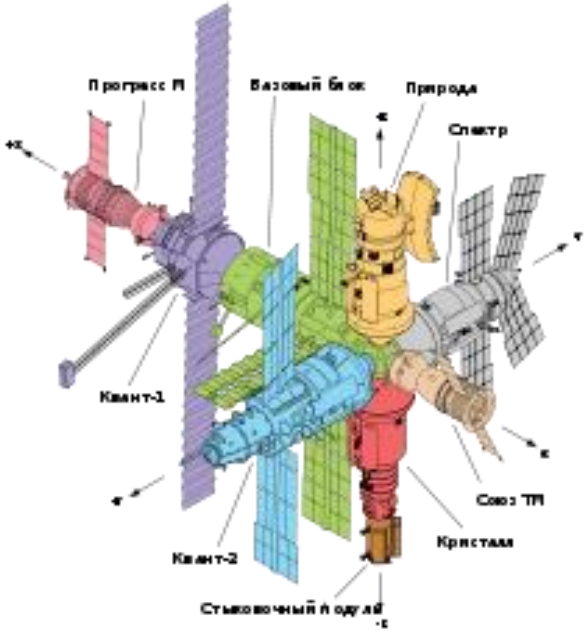
Старт комплекса «Энергия — Буран» (15.11.1988) с космодрома Байконур; экипаж до 10 чел., длина 36,4 м (без РН), ширина 24 м (размах крыла),высота более 16 м (с шасси)

Орбитальная станция (ОС) — КА, предназначенный для долговременного пребывания людей на околопланетной орбите с целью проведения научных исследований в условиях космического пространства, разведки, наблюдений за поверхностью и атмосферой планеты, астрономических наблюдений и т. п.

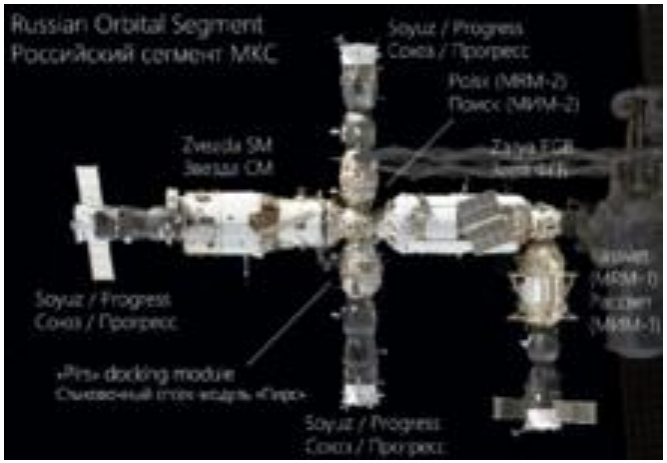
На ОС имеется комплекс технических систем, обеспечивающих коррекцию орбиты, ориентацию и стабилизацию ОС, стыковку с транспортными кораблями, снабжение электроэнергией (солнечные батареи), жизнедеятельность и безопасность экипажа, связь с центром управления полётами, и выполнение поставленных задач.

ОС последних поколений (Мир, МКС) имеют *модульную архитектуру* — станция состоит из *модулей* — секций, доставляемых на орбиту по отдельности, и собираемых в единое целое на орбите. Такая технология позволяет создать станцию с массой, многократно превышающей максимальную полезную нагрузку одной ракеты-носителя, и постепенно наращивать жилое и рабочее пространство станции, расширяя, таким образом, как состав экипажа, так и количество и номенклатуру проводимых на ней работ.

Экипаж ОС периодически сменяется с помощью транспортных кораблей, доставляющих также запасы топлива и материалы для функционирования станции. Сменённых членов экипажа и результаты проведённых исследований доставляют на Землю при помощи спускаемого аппарата.



ОС «Мир» и ее базовый блок

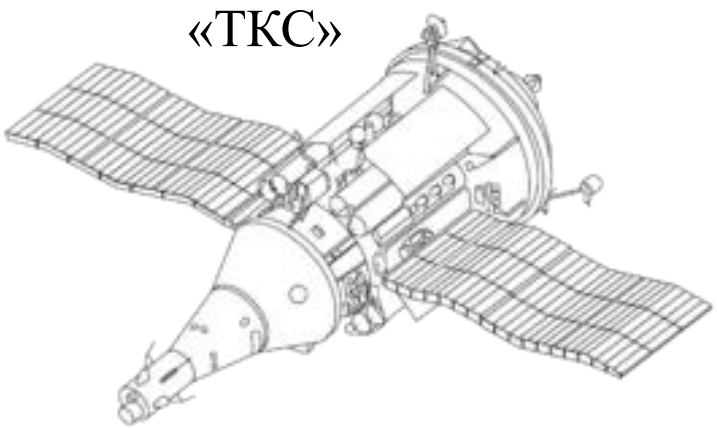


ОС «МКС» и ее российский сегмент

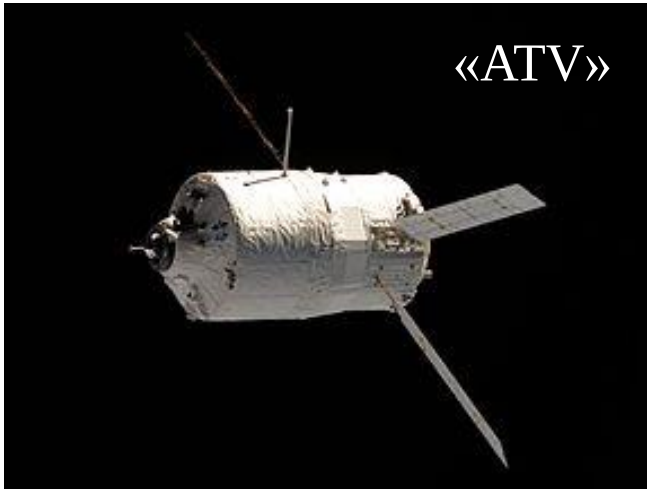
Автоматический грузовой космический корабль (АГК) — беспилотный космический корабль, предназначенный для снабжения пилотируемой орбитальной станции (ОС) топливом, научным оборудованием и материалами, продуктами, воздухом, водой и т.д., производящий с ней стыковку. Существуют варианты таких кораблей только для доставки грузов, а также как для доставки, так и возвращения грузов, имеющие в последнем случае один или более спускаемый аппарат. Кроме того, с помощью двигателей АГК осуществляется коррекция орбиты ОС.

Первыми АГК были советские невозвращаемые корабли серии **«Прогресс»** и многофункциональные корабли серии **ТКС**, имевшие возвращаемые аппараты. АГК «Прогресс» снабжали ОС «Салют» и «Мир», АГК ТКС стыковались только с ОС «Салют».

Для снабжения МКС были разработаны и используются европейские корабли **ATV** и японские корабли **HTV**, а также продолжают использоваться модернизированные российские АГК «Прогресс». Кроме того, по заказу НАСА для снабжения МКС частные фирмы разработали АГК **Дракон** и **Сигнус**.



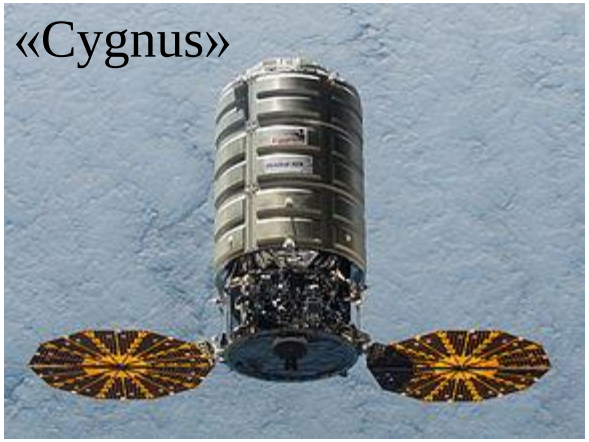
Стартовая масса: 21,62 т;
масса на орбите: 17,57 т;
стартовая длина 17, 51 м;
на орбите: 13,2 м



Диаметр 4,5 м; длина 10,3 м;
масса 20,75т; назначение:
очистка МКС от мусора и
коррекция ее орбиты

Диаметр 4,4 м; длина 10 м;
масса 10,5т; назначение:
доставка грузов

Разработчик:
компания
SpaceX



Разработчик: Orbital
Sciences Corporation

Метеорологические ИСЗ

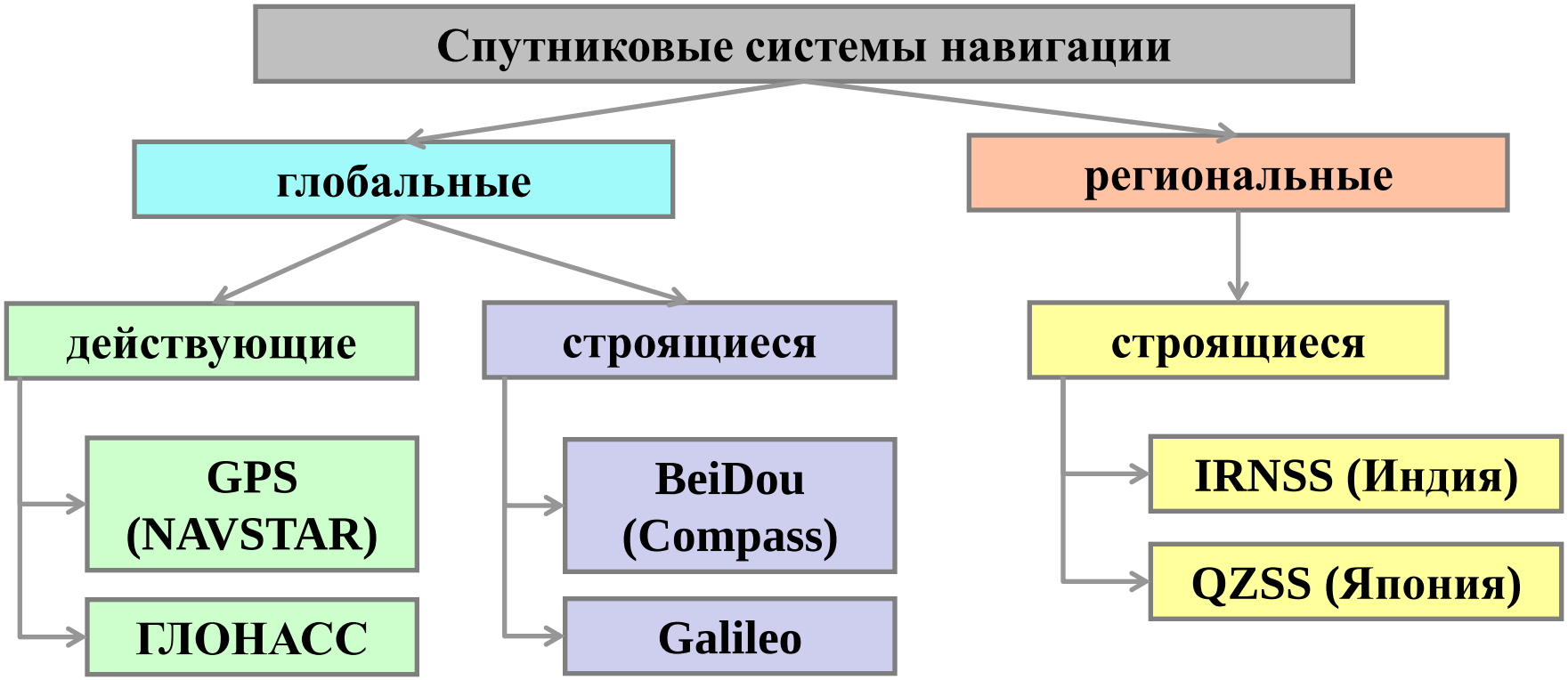
Метеорологический спутник — искусственный спутник Земли, созданный для получения из космоса метеорологических данных о Земле, которые используется для прогноза погоды. Спутники этого типа несут на борту приборы, с помощью которых наблюдают в частности за температурой поверхности Земли и облачным, снеговым и ледовым покровом. Методы получения метеоинформации и способы её обработки с помощью метеоспутников изучает спутниковая метеорология.

Метеоспутники вместе со станциями приёма и обработки данных образуют метеорологическую космическую систему. Страны Европы обслуживает организация EUMETSAT.

Модель геостационарного спутника Meteosat первого поколения.

Навигационные ИСЗ

Спутниковая система навигации — система, предназначенная для определения местоположения (географических координат) наземных, водных и воздушных объектов. Спутниковые системы навигации также позволяют получить скорости и направления движения приёмника сигнала. Кроме того могут использоваться для получения точного времени. Такие системы состоят из космического оборудования, наземного сегмента (систем управления) и пользовательского сегмента.



Глобальные навигационные системы

Параметр	ГЛОНАСС	GPS (NAVSTAR)	Galileo	BDS Compass
Владелец	Министерство обороны РФ	Министерство обороны США	ЕС и ЕКА	Китайское национальное космическое управление
Число НС (резерв)	24 (3)	24 (3)	27 (3)	30 (5)
Число орбитальных плоскостей	3	6	3	нет данных
Число НС в орбитальной плоскости	8	4	9	нет данных
Тип орбит	Круговая (e=0±0.01)	Круговая	Круговая	Круговая
Высота орбиты, КМ	19100	20183	23224	21500
Наклонение орбиты, градусы	64.8±0.3	~55 (63)	56	~55
Период обращения КА	11 ч 15 мин 44 ± 5 с	~11 ч 58 мин	14 ч 4 мин. и 42 с.	нет данных
Способ разделения сигналов НС	Кодово-частотный	Кодовый	Кодово-частотный	нет данных

Повышение точности определения местоположения с использованием СРНС

Средняя **погрешность** определения положения приемника с использованием СРНС (в частности системы GPS) достигает **нескольких десятков метров**, поэтому актуальна задача разработки методов повышения точности позиционирования без изменения параметров спутникового сегмента.

В связи с этим были разработаны отдельные модели спутниковых приёмников, позволяющих производить т. н. **«дифференциальное измерение»** расстояний между двумя точками с точностью до сантиметров. Для этого измеряется положение навигатора в двух точках с небольшим промежутком времени. При этом, хотя каждое такое измерение имеет погрешность, равную 10-15 метрам без наземной системы корректировки и 10-50 см при использовании такой системы, измеренное расстояние имеет погрешность намного меньшую, так как факторы, мешающие измерению (погрешность орбит спутников, неоднородность атмосферы в данном месте Земли и т. д.) в этом случае взаимно вычитаются.

Кроме того, есть несколько систем, которые посылают потребителю уточняющую информацию (**«дифференциальную поправку к координатам»**), позволяющую повысить точность измерения координат приёмника до 10 сантиметров. Дифференциальная поправка пересылается либо с геостационарных спутников, либо с наземных базовых станций, может быть платной или бесплатной.

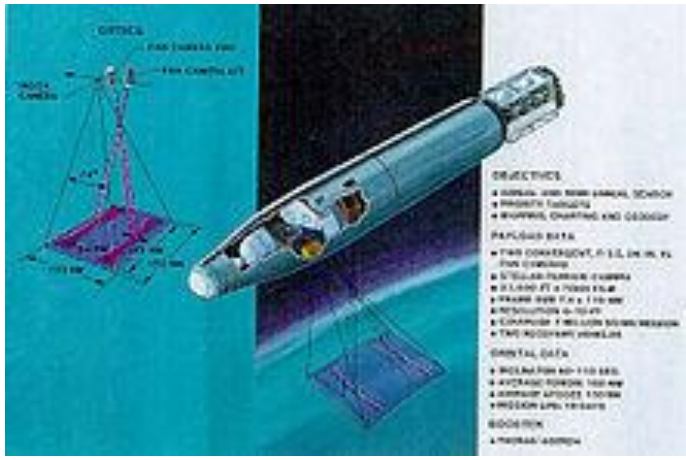
На 2009 год имелись следующие бесплатные **системы предоставления поправок**: американская система WAAS (GPS), европейская система EGNOS (Galileo), японская система MSAS (QZSS). К 2016 г. Было завершено создание системы коррекции для ГЛОНАСС под названием СДКМ.

Разведывательные ИСЗ

Разведывательный спутник — ИСЗ, предназначенный для наблюдения за отдельными участками Земли (телевизионная съёмка, фотосъёмка) в целях обеспечения разведывательной деятельности, или спутник связи, применяющийся для разведки. РИСЗ обычно располагаются на низких орбитах высотой порядка нескольких сотен метров.

Виды РИСЗ

Фотографические съемка на фотопленку, спускаемую на Землю в специальных камерах	**Оптико-электронные** съемка на цифровую камеру, передача снимков по радиоканалу	**Радиолокационные** получение радиолокационных изображений, передача по радиоканалу
Зенит (Россия)	Янтарь-4КС1 (Россия)	Офек (Израиль)
Corona (США)	Crystal (США)	Lacrosse (США)
FSW (Китай)	Яогань (Китай)	Яогань (Китай)



Спутник KH-4B Corona

Фотографический спутник Янтарь-2К («Феникс»)

Спускаемый аппарат КА «Зенит-2»

Оптико-электронный спутник Янтарь-4КС1 («Терилен»)

Модель немецкого спутника SAR-Lupe внутри ракеты Космос-3М

Оптико-электронный спутник Офек-3

Научно-исследовательские ИСЗ

Геофизические
проводят исследования геофизических параметров Земли (геомагнитное, радиационное поле, плотность атмосферы).

Геодезические
предназначены для решения задач спутниковой геодезии и выступают в роли объектов наблюдения.

Астрономические
предназначены для проведения астрономических наблюдений космических объектов.

Дистанционного зондирования Земли
предназначены для наблюдения поверхности Земли космическими средствами, оснащёнными различными видами съемочной аппаратуры. Методы зондирования могут быть пассивными, то есть использовать естественное отраженное или вторичное тепловое излучение объектов на поверхности Земли, обусловленное солнечной активностью, и активные — использующие вынужденное излучение объектов, инициированное искусственным источником направленного действия. Данные ДЗЗ, полученные с КА, характеризуются большой степенью зависимости от прозрачности атмосферы. Поэтому на КА используется многоканальное оборудование пассивного и активного типов, регистрирующие электромагнитное излучение в различных диапазонах. Средства ДЗЗ могут работать как в оптическом диапазоне длин волн, так и в радиодиапазоне.

Геофизический спутник «Космос-261»
(активное существование 19.12.1968 – 12.02.1969)
Масса 335 кг; длина 2,4 м; диаметр 2,3 м

Параметры орбиты:

тип – низкоорбитальная околоземная орбита;
e = 0,03195;
i = 71°;
T = 93,1 минут;
высота апогея 642 км;
высота перигея 207 км.

Состав научной аппаратуры:

«**РИМ-901**» — манометр для определения плотности верхних слоёв атмосферы Земли;

«**РИП-801**» — спектрометр протонов малых энергий;

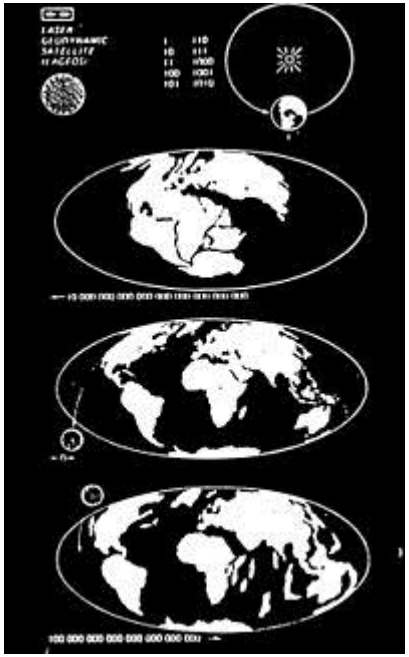
«**РИП-802**» — спектрометр протонов энергий средней мощности;

«**РИЭ-204**» — спектрометр электронов энергий средней мощности;

«**РИГ-111**» — наружный счётчик Гейгера.

Геодезические ИСЗ

PAGEOS (*PAssive Geodetic Earth Orbiting Satellite*) — спутник-баллон, выведенный на орбиту NASA в июне 1966 года. D=31 м, m= 56 кг. Назначение: спутниковая триангуляция



LAGEOS (1976) и **LAGEOS II** (1992) (**LA**ser **GEO**dynamics **S**atellite) — спутники NASA, предназначенные для изучения геодинамики и уточнения параметров гравитационного поля Земли. Это пассивные спутники, которые отражают лазерный луч, посылаемый с Земли. Благодаря этому положение спутников вычисляется с высокой точностью. Каждый спутник представляет собой медный шар диаметром ~60 см и массой 410 кг. В его тонкой алюминиевой оболочке равномерно расположены 426 уголковых отражателей.

LARES (***La**ser **Re**lativity **S**atellite*) — итальянский геодезический спутник, который был выведен на орбиту 13 февраля 2012 года.

Спутник изготовлен из вольфрамовых сплавов и несет 92 уголковых отражателя, с помощью которых можно с высокой точностью (единицы сантиметров) отслеживать траекторию полёта аппарата с помощью лазерных локационных станций на поверхности Земли.

LARES имеет 36,4 см в диаметре и массу около 400 кг. Выведен на практически круговую орбиту с перицентром 1450 км и наклоном 69,5 градуса.

Слежение за орбитой спутника осуществляется с помощью станций Международной Лазерной Лока-ционной Службы (International Laser Ranging Service) и других международных и национальных агентств и лабораторий.

Астрономические ИСЗ

Потребность в таком виде обсерваторий возникла из-за того, что земная атмосфера задерживает гамма-, рентгеновское и ультрафиолетовое излучение космических объектов, а также большую часть инфракрасного излучения.

Космические телескопы оборудуют устройствами для сбора и фокусировки излучения, а также системами преобразования и передачи данных, системой ориентации, иногда двигательными системами. Первым успешным орбитальным телескопом был советский спутник Космос-215, запущенный 19 апреля 1968 года, а вторым стал запущенный 7 декабря того же года американский спутник «ОАО-2», его предшественник. Множество значительных научных результатов было получено с помощью телескопа «Хаббл», запущенного 24 апреля 1990 года.

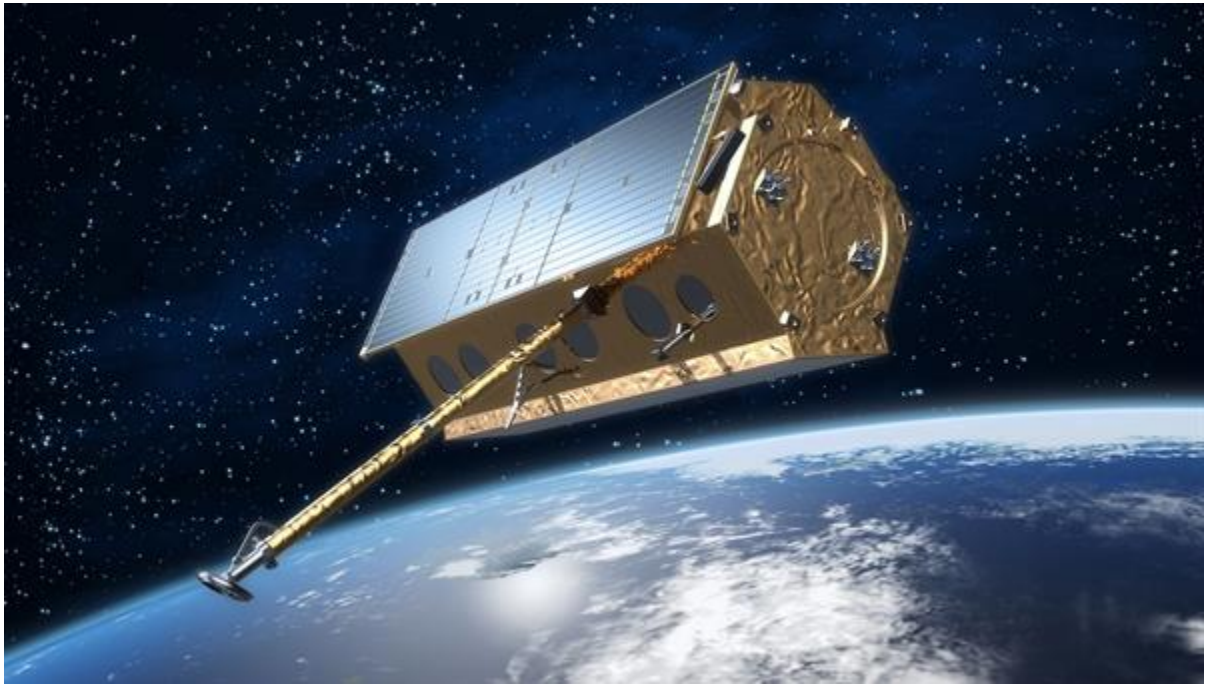
Космос-215

«ОАО-2»

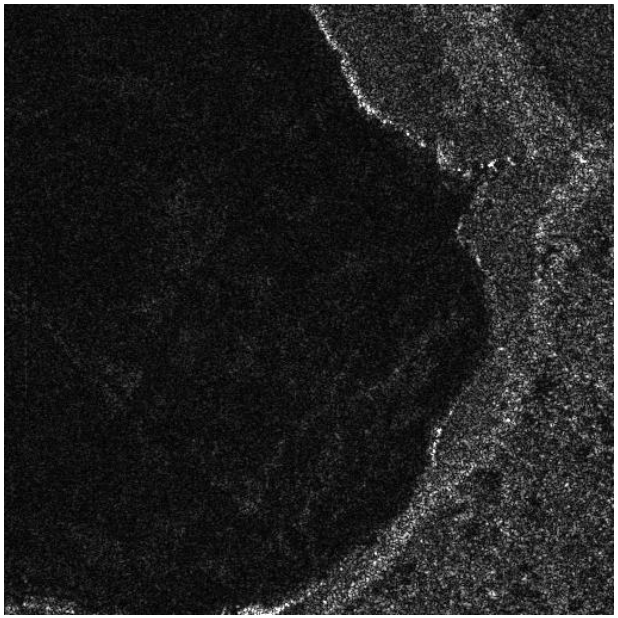
«Хаббл»

Спутниковые системы ДЗЗ

Название	Год создания	Кол-во каналов	Спектральный диапазон, мкм
ASTER	1999	**14**	0,62 – 11,65
Hyperion	2000	**220**	0,4 – 2,5
CHRIS-PROBA	2001	**19** (ПР – 18м) **63** (ПР – 36м)	0,4 – 1,05
MODIS	2002	**36**	0,405 – 14,85
LandSat-8	2013	**11**	0,433-1,39 10,3 – 12,5
TerraSAR-X	2007	**4**	30000 (9,65 ГГц)



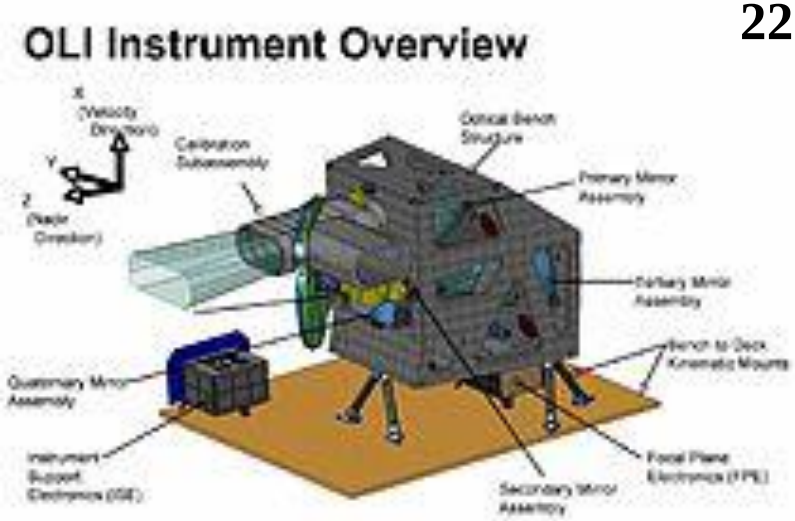
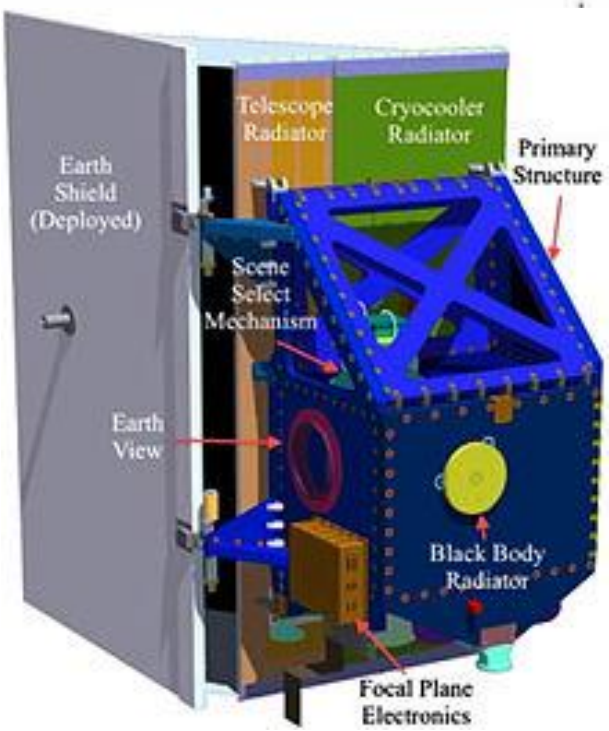
TerraSAR-X — немецкий спутник дистанционного зондирования Земли, предназначен для радарной съёмки поверхности Земли в гражданских интересах.



Фрагмент одновзглядового РСА-изображения района Розенхейм, Германия

Фрагмент многовзглядового РСА-изображения городского региона Канады

LandSat-8



Одно из первых изображений с Landsat 8. Fort Collins, Колорадо, США. Естественные цвета (Operational Land Imager, каналы 2 (синий), 3 (зелёный) и 4 (красный).