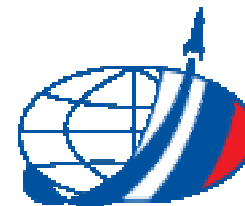




Филиал ФГУП «РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

Научно-технологический центр
космического мониторинга Земли



Г.М.Чернявский

Некоторые аспекты ДЗЗ в России

*Пятая Юбилейная Открытая Всероссийская конференция
«Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»
Москва, ИКИ РАН, 12-16 ноября 2007 г.*



КОСМИЧЕСКОЕ АППАРАТОСТРОЕНИЕ



- Первый ИСЗ - стимул ракетостроения, основа новой отрасли науки и техники - космического аппаратостроения.
- Назначение отрасли – создание сложных технических систем, включая космические аппараты (искусственные спутники Земли, межпланетные станции, роверы, космические корабли), обеспечивающих непосредственное и (или) опосредованное пребывание человека в космосе.
- Основная цель утилизации космоса - глобальная информатизация (спутниковая радиосвязь; пространственно-временное позиционирование Земных объектов; дистанционное зондирование Земли из космоса).



КОСМИЧЕСКОЕ АППАРАТОСТРОЕНИЕ

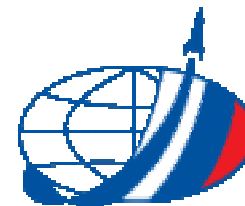


- **Космическую деятельность в области глобальной информатизации** продуктивно эксплицировать некоторым классом *информационных космических систем (ИКС)*.
- **ИКС** интегративное множество **технических средств космического и земного базирования**, целевой задачей которого является **получение, обработка и распространение информации** определенного содержания и объема.
- **Космический аппарат (КА)**: занимает верхнюю страту в иерархии ИКС выполняет **информационную и динамическую функции**, обеспечивая **оперативные параметры** (регулярность, оперативность, долгосрочность) ИКС

Примечание, динамическая функция ИКС выполняются некоторой совокупностью КА > 1. Нарушение данного атрибута системы угрожает ее деструкцией.



ПАРАМЕТРЫ ИКС



- Состав КА ИКС:

- космическая платформа,
- бортовой информационный комплекс.

Примечание: Уровень космического аппаратостроения в России:

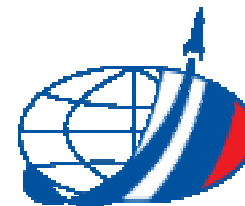
- соответствует мировому - в части космических платформ,
- значительно отстает в части целевой аппаратуры

- Параметры КА ИКС детерминированы:

- * целевыми задачами ИКС;

- * ограничения:

- экстремальные условия космической среды;
- социально экономическое окружение;
- уровень космических и информационных технологий;
- характеристики средств выведения;
- атрибутивность системы (приемлемость, преемственность).



Два подхода к системному проектированию КА ИКС:

- **оптимизационный** - максимизация значений информационных и оперативных параметров КС, включая комплексирование задач при экономических и габаритно-массовых ограничениях.
- **перевернутый «принцип свиньи»** - минимизация массо-габаритных характеристик КА (микро-, нано-спутники) без учета целевой функции

Примечание: принцип пригоден для решения политических задач.

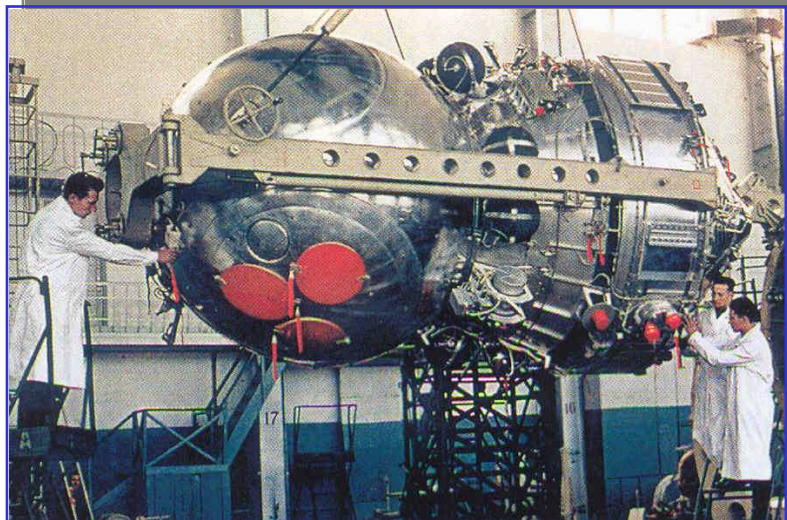
Мировые тенденции космического аппаратостроения в области ИКС:

- *Масса американских и индийских КА ДЗЗ превышает 2 т.*
- *Масса КА персональной связи за 40 лет увеличилась в 10 раз.*
- *Масса навигационного КА GPS: в 2007г-2т в 2013г – 2700 кг.*
- *Снижение массы КА «Канопус-В» привело к деструкции системы.*

ПЕРВЫЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ КА ДЗЗ

ДЗЗ из космоса началось в 1960-х г.г.

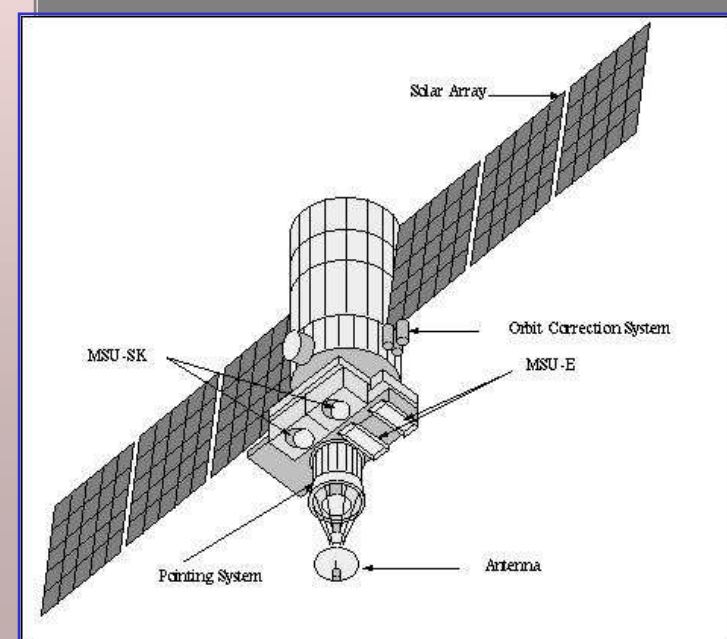
КА фотонаблюдений
«ЗЕНИТ»
1961г.



метеорологический КА
«МЕТЕОР»
1964г.

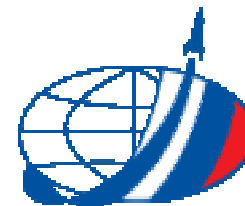


природоресурсный КА
«РЕСУРС-О»
1980г.





КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ДЗЗ



ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ОПЕРАТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КС ДЗЗ

МОНИТОРИНГ
ОКРУЖАЮЩЕЙ
СРЕДЫ

НАЗНАЧЕНИЕ

ДЕТАЛЬНОЕ
НАБЛЮДЕНИЕ ЗЕМЛИ
(картография, инвентаризация)

ВЫСОКОЕ ≤ 40 м.
СРЕДНЕЕ ≤ 500 м
НИЗКОЕ ≤ 1000 м

РАЗРЕШЕНИЕ

ВЫСОКОЕ ≤ 40 м.
ДЕТАЛЬНОЕ ≤ 2 м

200-3000 км

ПОЛОСА
ЗАХВАТА

20 - 60км
200-600км

UV, VIS, NIR, IR, TIR, MW

СПЕКТРАЛЬНЫЙ ДИАПАЗОН

VIS, NIR, MW

ЧАСЫ
ДОСТУПНОСТЬ

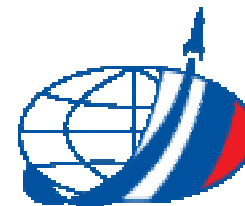
ПЕРИОДИЧНОСТЬ ОБЗОРА

СУТКИ

ОПТИЧЕСКИЕ
РАДИОЛОКАЦИЯ
СВЧ-РАДИОМЕТРИЯ

СРЕДСТВА ЗОНДИРОВАНИЯ

ОПТИЧЕСКИЕ
РАДИОЛОКАЦИЯ
СВЧ-РАДИОМЕТРИЯ



МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЫНОК систем и продукции ДЗЗ:

Ожидается изготовление до 2010г. - 130 КА.

Общий объем продукции - 10,1 млрд. долл.

Формируется международная программа мониторинга Земли GEOSS

Доля России - 1% в общем мировом сбыте космических данных.

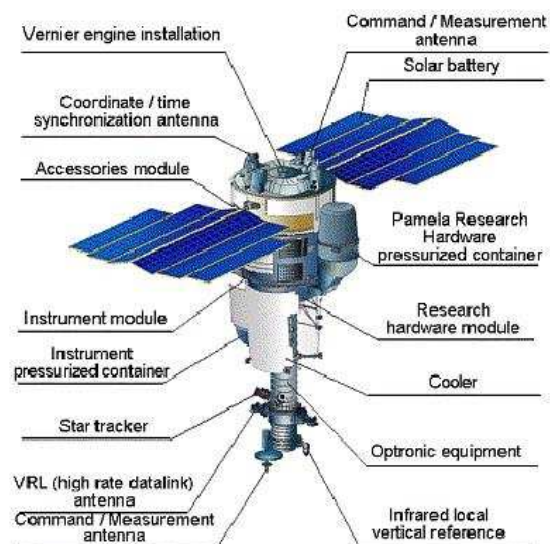
КА ДЕТАЛЬНОГО и СВЕРХВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

Зарубежные КА с разрешением $\leq 1-5$ м: «QuickBird», «Ikonos»,

и с разрешением >5 м: «Eros», «Spot», «Landsat» и

Отечественный КА «Ресурс-ДК»

Запуск 2005г.





СОСТОЯНИЕ ОРБИТАЛЬНЫХ ГРУППИРОВОК ДЗЗ



КА МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Зарубежные КА:

- Американские КА NOAA, DMSP, «Terra», «Aqua», «Aura»;
- Европейские КА по программе EUTMETSAT;
- Канадский КА RADARSAT;
- Японский КА ADEOS;
- Индийские КА IRS.

Отечественные КА – *отсутствуют.*

Пассивные методы ДЗЗ в оптическом диапазоне наиболее распространены в мировой практике.

В России - состояние стагнации.

В 80г.г. – созданы оптические приборы высокого и среднего разрешения МСУ-Э, МСУ-СК.

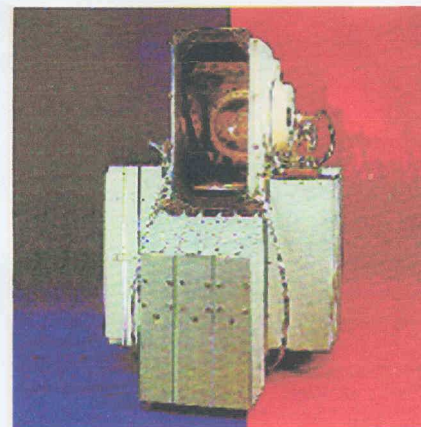
Многоспектральные приборы высокого и среднего разрешения и их комплексирование востребованы на мировом рынке космических услуг . В настоящее время эта ниша пуста.

На базе МСУ-Э создается сканер низкого разрешения МСУ-СК

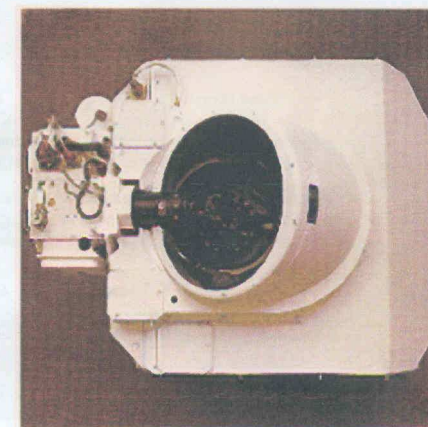
Разрабатывается шести диапазонный оптический прибор среднего разрешения (КМСС).

Разработки зондировщиков в оптическом диапазоне отсутствуют.

МСУ-Э



МСУ-СК



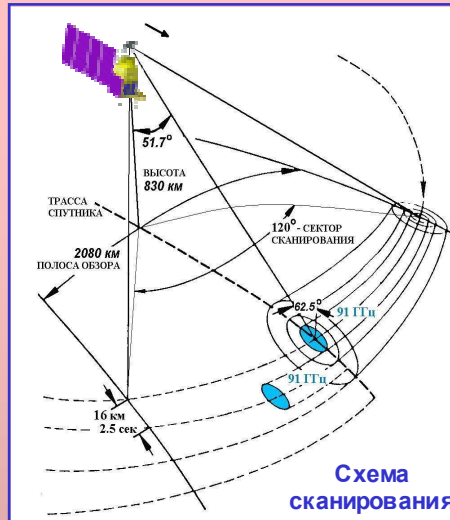
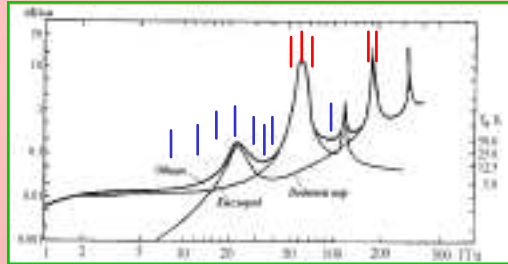


РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ СРЕДСТВА



- В России, практически не разрабатываются радиолокаторы детального и высокого разрешения космического базирования.
- Радиолокатор бокового обзора с низким разрешением установлен на КА «Метеор-М» №1.

Поглощение и излучение атмосферы



МТВЗА
КА «Метеор-3М»
Запуск - 2001 г.

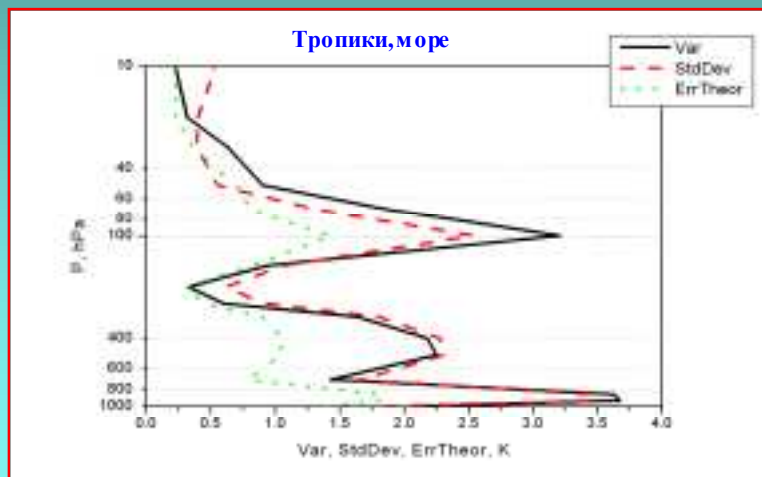
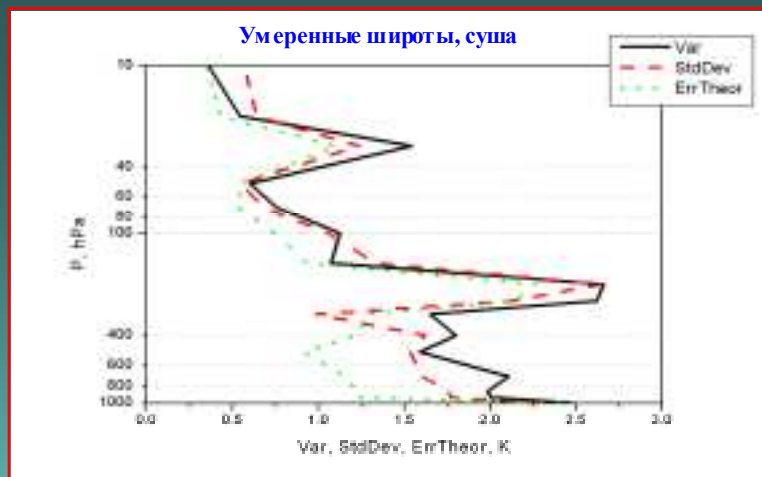


МТВЗА-ОК
КА «Сич-1М»
Запуск - 2004 г.



МТВЗА-ГЯ
КА «Метеор-М»
Запуск - 2008 г.

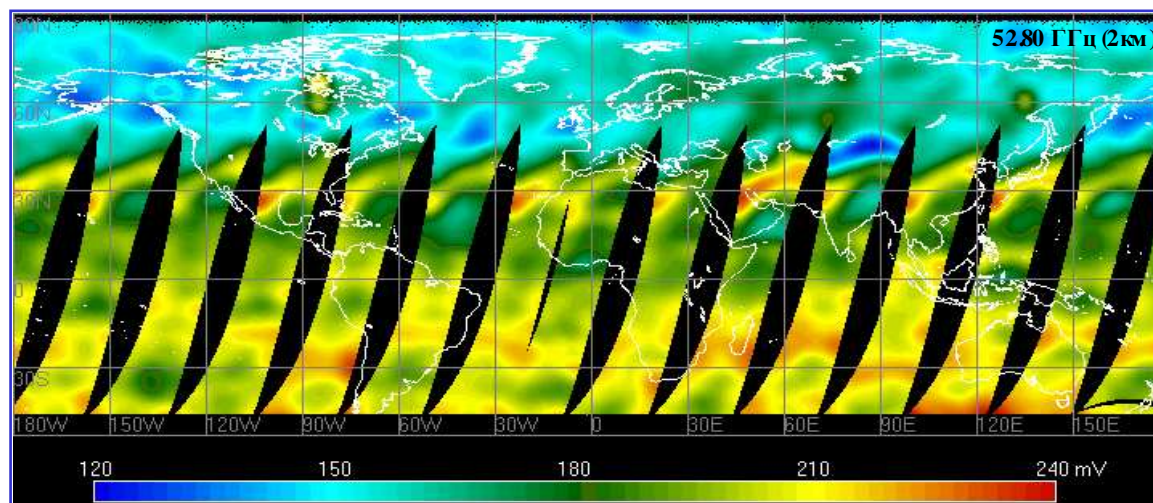
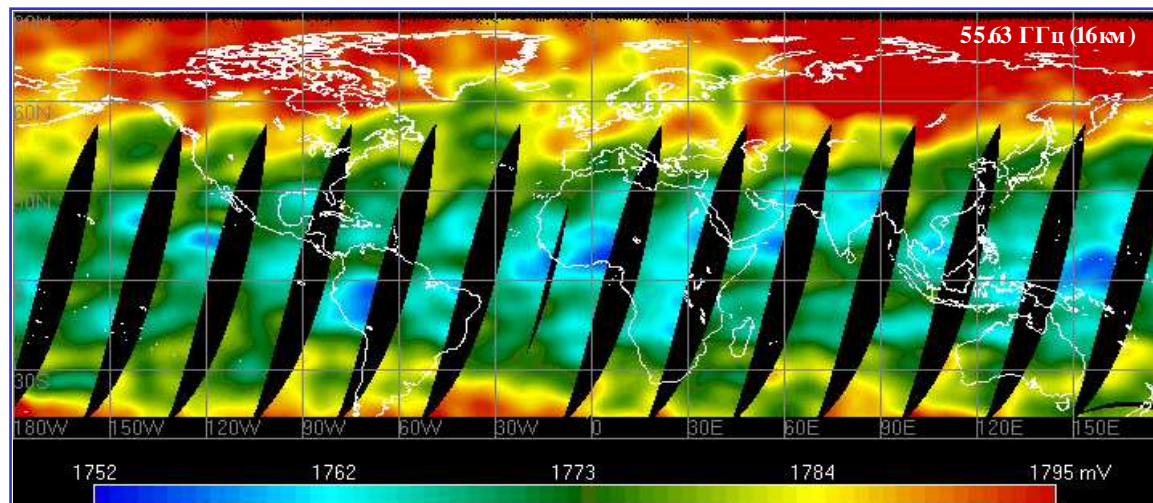
Прибор (спутник, год запуска)	Частоты, ГГц	Разрешение, км	Полоса обзора, км	Основные задачи	Примечание
SSM/I (DMSP F08, 1987)	19.3, 22.2, 37.0, 85.5	13-69	1400	интегральные метеопараметры	сканер
SSM/T-1 (DMSP F11, 1991)	50.5-59.4	175	1600	профиль температуры	зондировщик
SSM/T-2 (DMSP F11, 1991)	91.6, 150, 183.31	48	1400	профиль влажности	зондировщик
AMSU-A (NOAA-K, 1998)	23.8, 31.4, 50-59, 89	50	2340	профиль температуры	зондировщик
AMSU-B (NOAA-K, 1998)	89, 157, 183.31	15	2200	профиль влажности	зондировщик
МТВЗА (Метеор-3М №1, 2001)	20, 35, 94	25-110	1500	интегральные метеопараметры	сканер
МТВЗА (Метеор-3М №1, 2001)	18.7, 22.2, 33, 36.5, 42, 48, 52-57, 91.6, 183.31	16-75	2200	интегральные метеопараметры, профили температуры и влажности	сканер/зондировщик
AMSР (Aqua, май 2002)	6.9, 10.6, 18.7, 23.8, 36.5, 89	5-75	1400	ТПО, интегральные метеопараметры	сканер
WindSat (DMSP Coriolis, январь 2003)	6.8, 10.7, 18.7, 23.8, 37	25	1025	ТПО, скорость и направление приводного ветра	сканер/поляриметр (CMIS, 2010)
SSMIS (DMSP F16, октябрь 2003)	19.3, 22.2, 37.0, 50.3-59.4, 91.6, 150, 183.31	13-75	1700	интегральные метеопараметры, профили температуры и влажности	сканер/зондировщик (CMIS, 2010)
МТВЗА-ОК (Сич-1М, декабрь 2004)	6.9, 10.6, 18.7, 23.8, 31, 36.5, 42, 48, 52-57, 91.6, 183.31	19-150	2000	интегральные метеопараметры, профили температуры и влажности, ТПО	сканер/зондировщик
МТВЗА-ГЯ (Метеор-М, 2008)	10.6, 18.7, 23.8, 31, 36.5, 42, 48, 52-57, 91.6, 183.31	16-70	1500	интегральные метеопараметры, профили температуры и влажности, ТПО	сканер/зондировщик
МИРАМ (Канопус-СТ 2010)	6.9, 10.6, 18.7, 23.8, 31, 36.5, 42, 48, 52-57, 91.6, 183.31, 220	12-98	2000	интегральные метеопараметры, профили температуры и влажности, ТПО скорость и направление приводного ветра	сканер/зондировщик поляриметр



Погрешность (StdDev) восстановления профилей температуры атмосферы по данным СВЧ-измерений МГВЗА

ErrTheor - теоретическая погрешность

Var – естественная изменчивость.

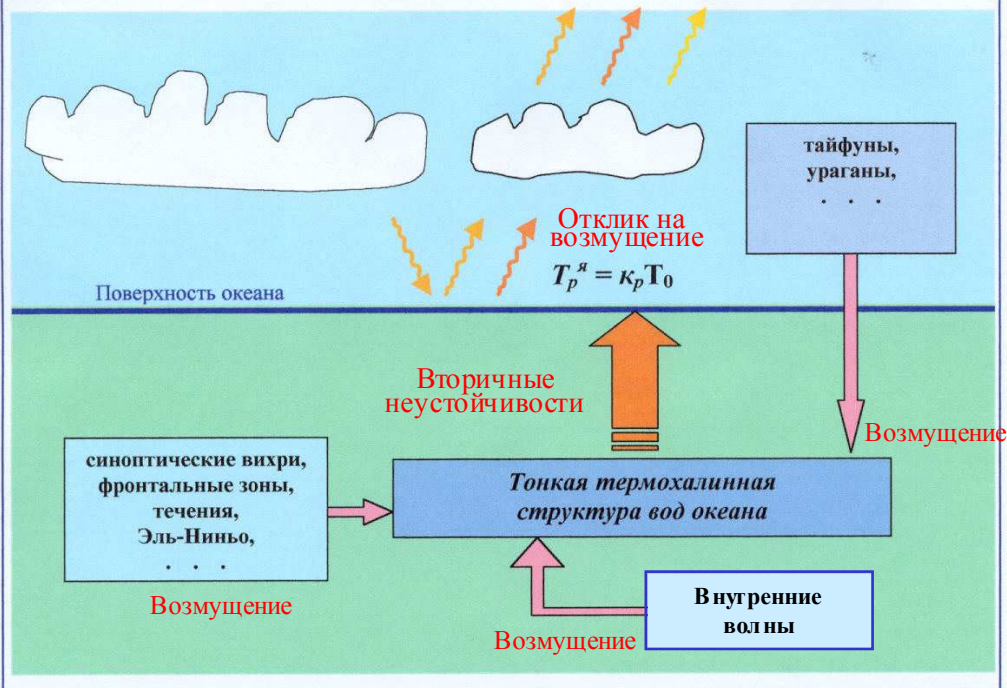


Изображения атмосфера Земли на частотах 53.80 и 55.63 ГГц по данным СВЧ-радиометра МГВЗА (КА «Метеор-3М»)

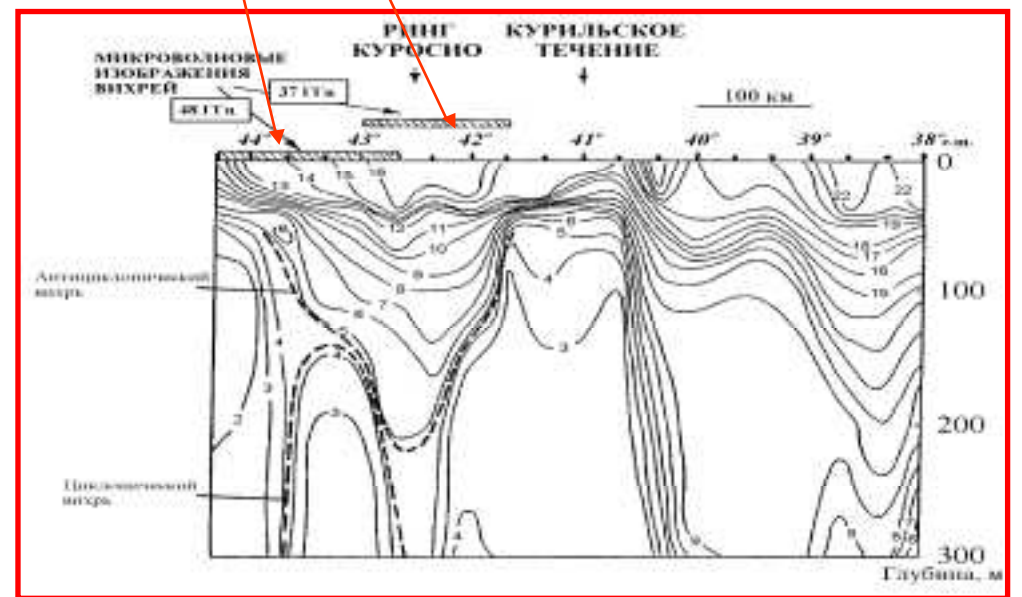
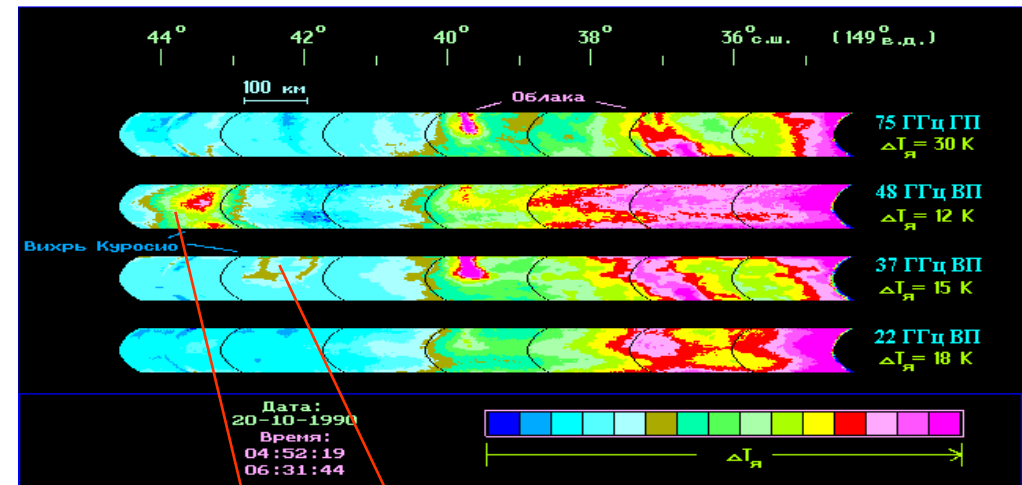
Модель диагностики внутриокеанических процессов

$$T_{p\uparrow}^{\text{я}}(\theta_0, H) = \kappa_p(\theta_n) T_0 e^{-\tau(0, H)} + \int_0^H \frac{\alpha(z) \Gamma(z) e^{-\tau(z, H)} dz}{\eta'(\theta_0, z)}$$

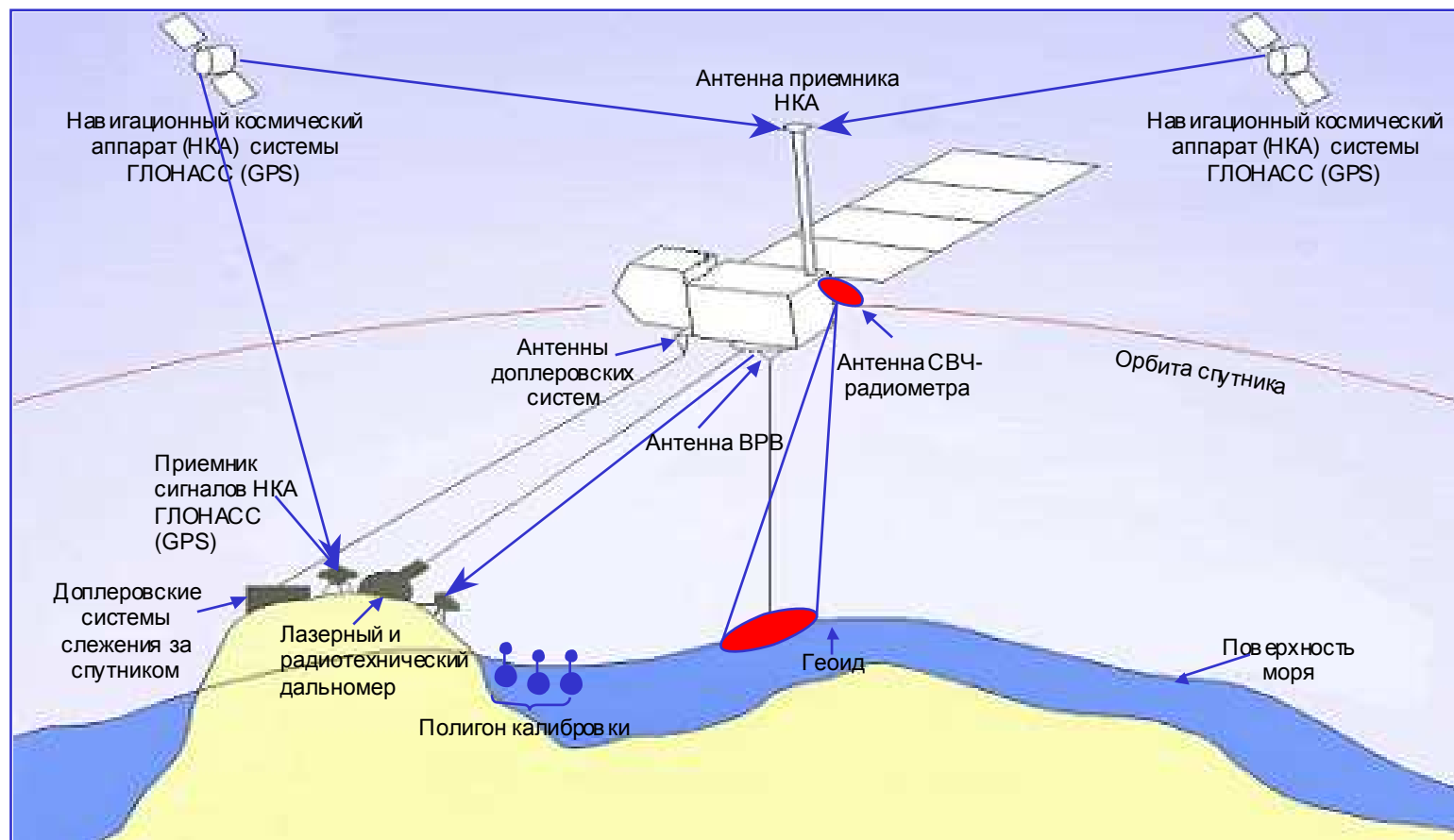
$$+ (1 - \kappa_p(\theta_n)) \int_0^H \frac{\alpha(z) \Gamma(z) e^{-\tau(z, H)} dz}{\eta'(\theta_0, z)} \cdot e^{-\tau(0, H)}$$



СВЧ-диагностика синоптических вихрей Курошио



Применение СВЧ-радиометра для коррекции влияния влажности тропосферы с целью повышения точности измерений радиовысотомера до 2 см.

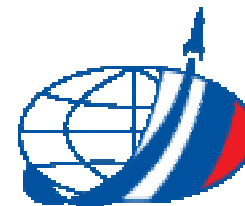


$$\Delta h_{vap} = 10^{-6} \int_0^h N_{vap}(z) dz = 1723 \int_0^h \frac{V(z)}{T(z)} dz \approx 1723 \frac{\rho_{vap}}{T_{eff}}$$

$$\rho_{vap} = a_0 + a_1 T_{я}^{18.7 ГГц} + a_2 T_{я}^{23.8 ГГц} + a_3 T_{я}^{36.7 ГГц} + a_4 (T_{я}^{23.8 ГГц})^2$$



КРАТКОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ ДЗЗ В РОССИИ



2001г.

- **ФКП 2001–2005г.г.;**
- запуск на орбиту КА «Метеор-ЗМ» №1;
- мероприятия Росавиакосмоса, ликвидировавшие научно-технический задел КА ДЗЗ.

2005г.

- прекращение функционирования орбитальной группировки ДЗЗ;
- запуск на орбиту КА «Монитор-Э».

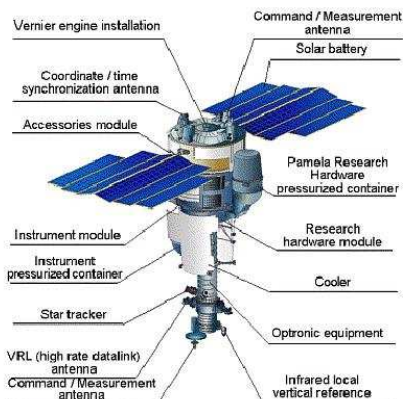
2006г.

- запуск КА «Ресурс-ДК».

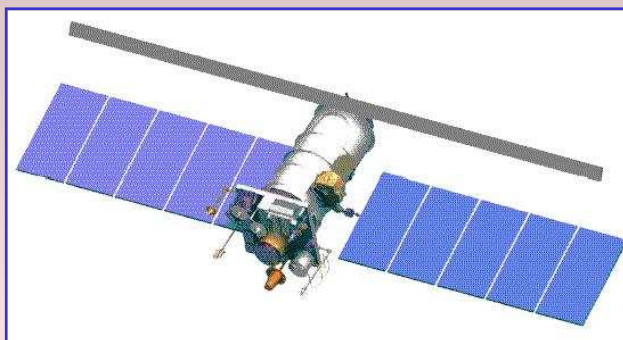
2007г.

- декларирование проекта «Арктика».

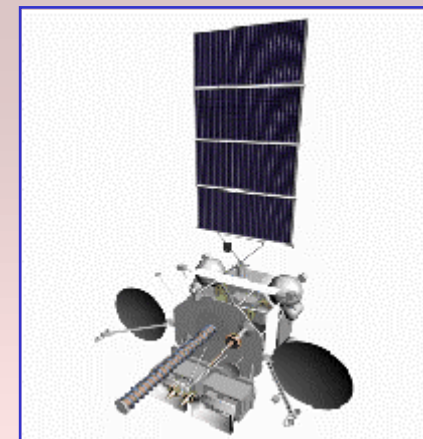
ОРБИТАЛЬНАЯ ГРУППИРОВКА ДЗЗ в 2010г.



КА Ресурс-ДК (Ресурс-П)
детального наблюдения



КА «Метеор-М»
мониторинга окружающей среды (гидрометеорологические)



КА «Электро»

В 2010г. – предусмотренные ФКП-2015 задачи мониторинга окружающей среды в части – природопользования, экологической обстановки, чрезвычайных ситуаций не решаются.

Причины:

- недостаточное финансирование в 2001-2005г.г.;
- деформация проектов «Ресурс-П», «Канопус-В»;
- отсутствие компетентного заказчика;
- деградация школы Главных конструкторов.



1. **Необходимое условие** существования *орбитального сегмента* КС ДЗЗ с конкурентно способными компонентами - **системный подход** к его созданию.

Достаточное условие - финансовое и организационное обеспечение его создания.

Основную помеху созданию и эксплуатации орбитальных средств ДЗЗ представляет **субъективный фактор**.

2. Для функционирования и развития *наземного сегмента* отечественных КС в качестве вынужденной меры следует рекомендовать использование в обозримом будущем **данных с зарубежных КА**.