

Первые результаты работы аппаратуры КМСС и ККВО на борту космического аппарата «Метеор-М» №1

АНО «Космос-НТ»
Институт космических исследований РАН
2009

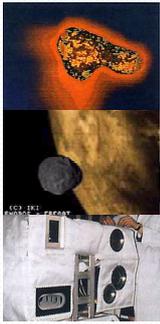
История разработок



- Около 30 лет в ИКИ РАН ведутся работы по созданию цифровых оптико-электронных систем ДЗЗ в видимой и ближней ИК-области спектра.
- 1973 – Первая в стране самолетная лаборатория ДЗЗ. Получаемые видеоданные регистрировались на цифровом магнитофоне.
- 1980 - Проведенные самолетные эксперименты позволили создать первую в стране цифровую космическую многоспектральную сканирующую систему «Фрагмент», отработавшую 4 года на спутнике «Метеор-Природа» и положившую начало созданию отечественной оперативной системы исследования Земли из космоса.

2

История разработок



- В дальнейшем, проводимые ИКИ и его международной кооперацией разработки были нацелены на планетные исследования. В качестве фотоприемников уже использовались матричные и линейные ПЗС.
- 1984 - Платформенный комплекс ТВС «Вега» - съемка кометы Галлея и ее ядра.
- 1988 - Видеоспектрометрический комплекс «Фрегат» - снимки Марса и его спутника Фобоса.
- 1996 - Видеоинформационный комплекс «Аргус» межпланетной станции «Марс-96», в том числе навигационная камера и **камера высокого разрешения HRSC** для картографирования поверхности Марса.

3

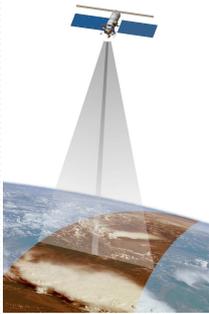
История разработок



- Астронавигационные системы
- 1989 – Система «Астро» для орбитальной станции «Мир». Совместная разработка с компанией Карл Цейсс Йена.
- 1996 – Навигационная звездная камера для видеоспектрометрического комплекса «Аргус» КА «Марс-96».
- 1998 – Звездный координатор БОКЗ. В настоящее время приборы этой серии работают на телекоммуникационных геостационарных спутниках и международной космической станции.

4

КМСС

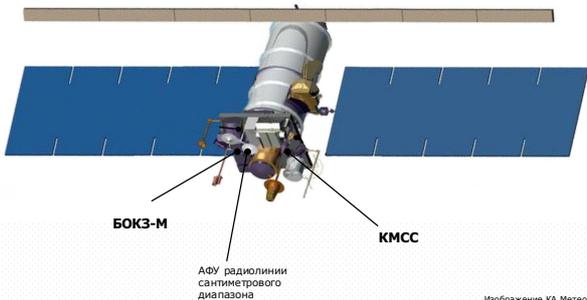


- **Комплекс многозональной спутниковой съемки (КМСС)** предназначен для получения изображений суши и водной поверхности в шести зонах видимого и ближнего ИК диапазонов спектра электромагнитных волн в полосе захвата около **1000 км** с пространственным разрешением от **60 м**.
- В состав оптико-электронной аппаратуры комплекса КМСС входят:
 - две камеры МСУ-100,
 - одна камера МСУ-50.

Основные характеристики

Параметры / Камера	МСУ-100	МСУ-50
Датчик изображения	3 линейных ПЗС	
Число элементов в строке	3 x 7926	
Фокусное расстояние, мм/отн. отверстие объектива	100/4,5	50/6
Захват, км (H = 830 км)	480 x 2	927
Разрешение на поверхности, м (H = 830 км)	60	120
Спектральные зоны, нм	535-575 630-680 700-900	370-450 450-510 580-690
Частота строк, Гц	156,25	
Информационный поток одной камеры, Мбит/сек	~ 30	
Разрядность АЦП/изображения, бит	16/8	

КМСС на КА



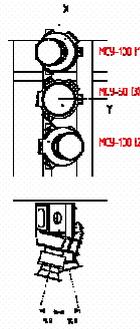
БОКЗ-М

АФУ радиолинии
сантиметрового
диапазона

КМСС

Изображение КА Метеор-М
© НПП ВНИИИМ

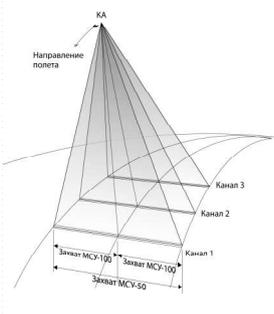
КМСС на КА



- Ось визирования камеры MSU-50 направлена в надир, параллельно оси Z космического аппарата.
- Камеры MSU-100 устанавливаются с наклоном на $\pm 14^\circ$ симметрично относительно оси Z космического аппарата.



Принцип съемки



- Принцип действия приборов основан на одновременной построчной регистрации движущегося оптического изображения посредством трех линейных чувствительных элементов на ПЗС, установленных в фокальной плоскости объектива.



Привязка данных КМСС



Задачи привязки

- определение географических координат изобразившихся объектов;
- нанесение координатной сетки на изображения;
- трансформирование изображений в заданную проекцию.

Основные требования:

- оперативность;
- автоматизация;
- высокая точность.

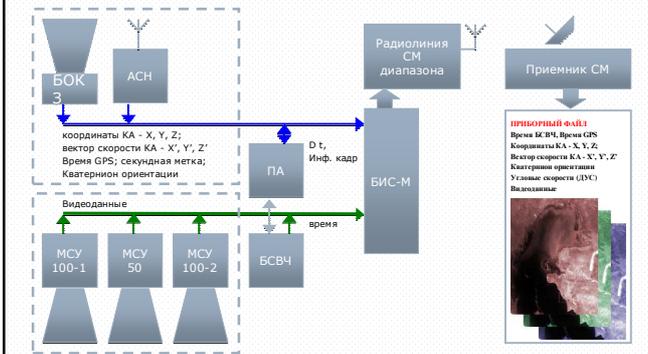
Особенности МСУ

- сканирующая съемочная система;
- несколько линейных ПЗС-детекторов.

Необходимы

- элементы внешнего ориентирования для каждой строки;
- элементы внутреннего ориентирования МСУ;
- модель рельефа.

КМСС + ККВО



Определение ориентации



БОКЗ-М

- Предназначен для высокоточного определения по изображениям произвольных участков небесной сферы инерциальной трехосной ориентации КА
- Алгоритм работы
 - съемка участка звездного неба
 - локализация ярких объектов
 - определение энергетических центров объектов
 - идентификация звезд по бортовому каталогу
 - вычисление кватерниона ориентации

Определение ориентации



Основные характеристики БОКЗ-М

точность определения ориентации $\sigma_{x,y} / \sigma_z$	2" / 20"
задержка первого определения ориентации	30 с
интервал между определениями ориентации	3 с
допустимая скорость углового движения КА	10°/с

масса	4 кг
энергопотребление	11 Вт
число звезд в бортовом каталоге	8500
интерфейс	MIL-1553B



срок активного существования	10 лет
число циклов включения / выключения	10 000
подтвержденная вероятность определения ориентации	0,995

Спутниковая навигация



АСН-М-М

- Предназначена для определения по сигналам спутниковых навигационных систем GPS или ГЛОНАСС в реальном масштабе времени местоположения и скорости КА с временной привязкой и формированием секундных меток
- Выходная информация
 - Координаты КА - X, Y, Z
 - Вектор скорости КА - X', Y', Z'
 - Время измерения - tACH
 - Аппаратная секундная метка



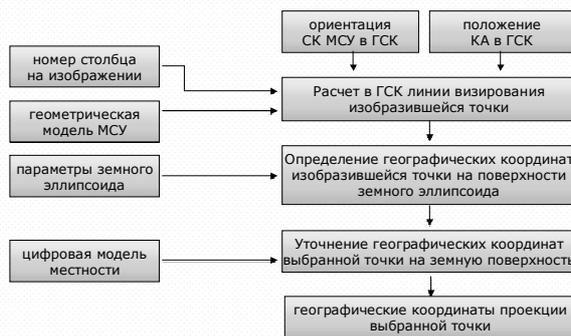
Спутниковая навигация



Основные характеристики АСН-М-М

частота навигационных измерений	1 Гц
точность определения положения КА (σ)	25 м
точность определения скорости КА (σ)	0,05 м/с
погрешность временной привязки измерений	0,33 мкс
погрешность привязки меток «1с» (σ)	10 мкс
точность оценки положения КА (σ)	15 м
точность оценки скорости КА (σ)	0,03 м/с
стабильность внутреннего генератора	10 нс/с
масса (по блокам)	3,8 + 0,46 + 0,27 кг
энергопотребление (по блокам)	13 + 5 Вт
вероятность срыва слежения в полете	0,4%
интерфейс	MIL-1553B

Привязка данных КМСС



Летные испытания



Предварительные результаты ЛИ на ноябрь 2009 г.

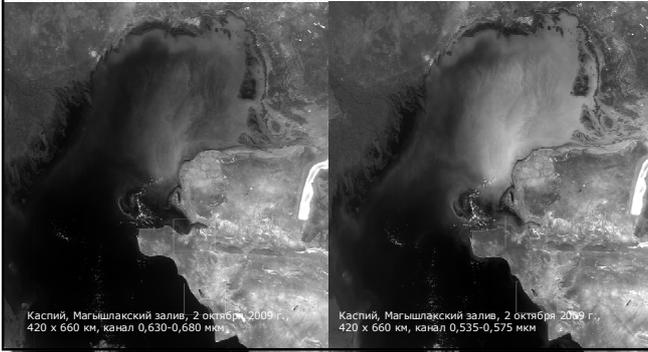
- Проведены первичные включения приборов КМСС/МСУ. Все приборы функционируют нормально.
- В ходе проверок аппаратуры БИС-М проводились периодические включения отдельных приборов КМСС/МСУ.
- Проведена съемка совместно с экспериментальной аппаратурой координатно-временного обеспечения – звездным координатором БОКЗ-М и приемником спутниковой навигационной системы GPS (GLONASS) АСН-М-М.
- Совместно со специалистами НЦ ОМЗ ведутся работы по отработке наземного программного комплекса автоматического синтеза и привязки изображений. Программный комплекс функционирует нормально, требуется уточнение сеток времени и геометрических параметров.
- Начата реализация частной программы летных испытаний испытаний, окончание – 20 ноября 2009 г.

Первые данные



- Прием и обработка данных КМСС ведется на наземных комплексах Роскосмоса – в НЦ ОМЗ (Москва) и Госкомгидромета – в НИЦ "Планета" (Москва, Обнинск, Новосибирск, Хабаровск).
- Специалисты ИКИ РАН как разработчики аппаратуры КМСС, ККВО и программного обеспечения нормализации и географической привязки данных, принимают участие во внедрении технологии в автоматизированный цикл первичной обработки и архивации данных в НКПОР.
- В НЦ ОМЗ и НИЦ "Планета" уже ведется работа по тематической обработке съемок КМСС, получены первые практические результаты.
- Первые результаты доступны на интернет-сайте НЦ ОМЗ и НИЦ "Планета".

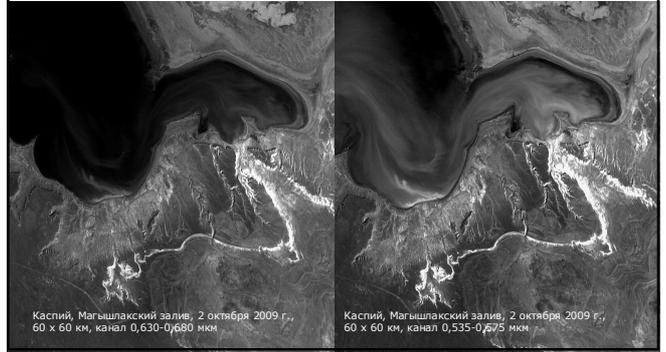
Первая съемка



Каспий, Магышлакский залив, 2 октября 2009 г., 420 x 660 км, канал 0,630-0,680 мкм

Каспий, Магышлакский залив, 2 октября 2009 г., 420 x 660 км, канал 0,535-0,575 мкм

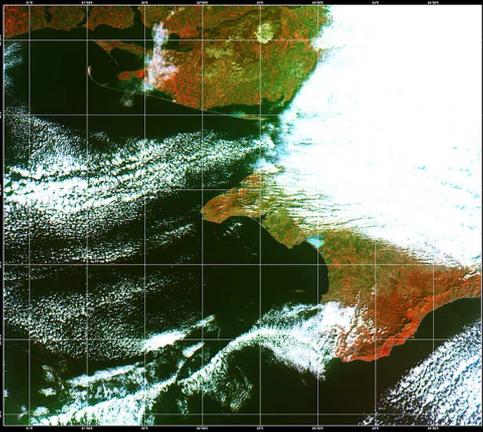
Первая съемка



Каспий, Магышлакский залив, 2 октября 2009 г., 60 x 60 км, канал 0,630-0,680 мкм

Каспий, Магышлакский залив, 2 октября 2009 г., 60 x 60 км, канал 0,535-0,575 мкм

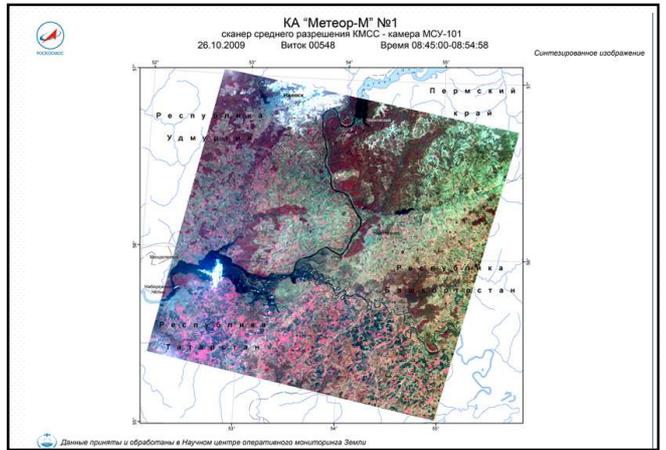
Синтез и привязка по данным ККВО



КА "Метеор-М" №1
Камера КМСС/МСУ-100 ИР02
Цветовое/таргетное изображение
Спектральные каналы 555, 655 и 860 нм
26 октября 2009 г.
Виток № 549
10:24 - 10:36 МСК



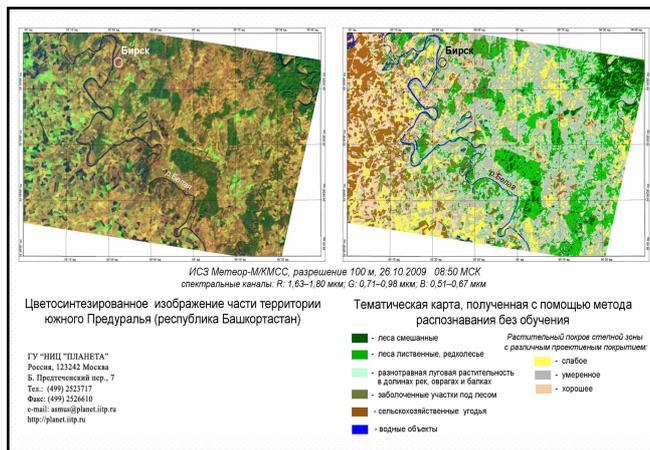
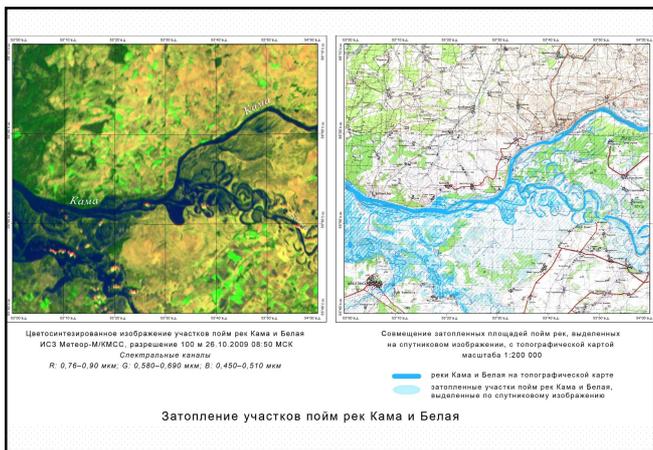
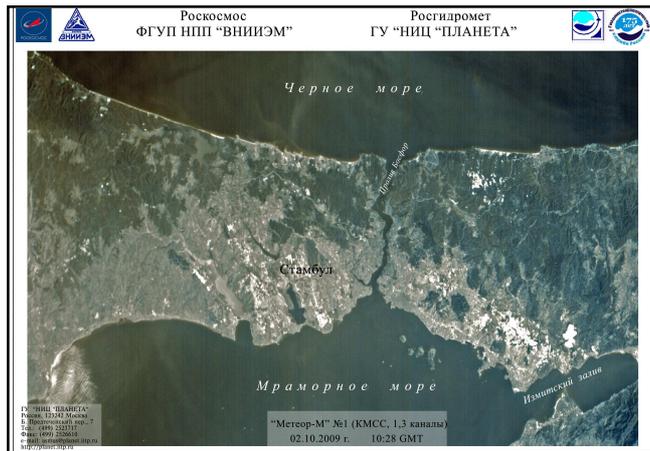
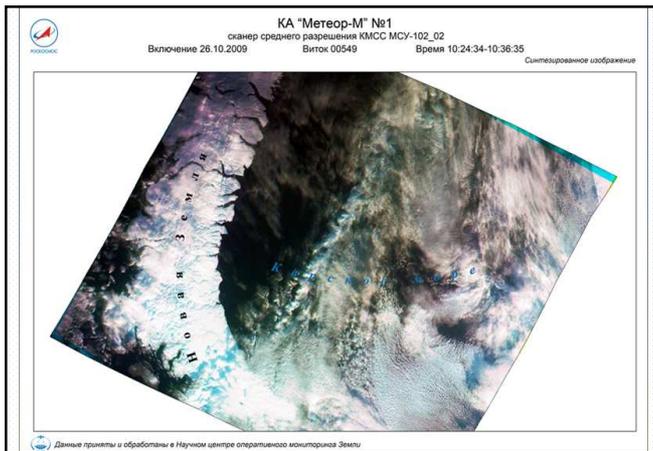
Синтез и привязка по данным ККВО
ИКИ



КА "Метеор-М" №1
сканер среднего разрешения КМСС - камера МСУ-101
26.10.2009
Виток 00548
Время 08:45:00-08:54:58

Синтезированное изображение

Данные получены и обработаны в Научном центре оперативного мониторинга Земли



ИРИ

Спасибо за внимание