

## КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ «МЕТЕОР-М» № 2

Л. А. Макриденко, С. Н. Волков, А. В. Горбунов,  
Р. С. Салихов, В. П. Ходненко

Представлены общие сведения о космическом комплексе (КК) гидрометеорологического и океанографического обеспечения «Метеор-3М» с космическим аппаратом (КА) «Метеор-М» № 2. Рассмотрены основные задачи, решаемые данным комплексом, и показана область применения КА «Метеор-М» № 2. Представлены задачи космического аппарата, рассмотрены его структурная схема и основные характеристики. Дается конструкция КА, а также состав и основные характеристики его целевой аппаратуры. Важной особенностью данного КА является одновременное наличие на его борту активной и пассивной радиофизической аппаратуры, в частности бортового радиолокационного комплекса. Особое внимание уделено впервые установленному на данном КА гиперспектральному ИК-зондировщику (фурье-спектрометр) ИКФС-2 и предназначенному, в первую очередь, для температурно-влажностного зондирования атмосферы, что является классической задачей спутниковой метеорологии. Даны его основные характеристики. Приведены первые результаты работы целевой аппаратуры и служебных систем КА «Метеор-М» № 2.

**Ключевые слова:** космический комплекс, космический аппарат, целевая аппаратура, бортовой информационный комплекс, многозональное сканирующее устройство малого разрешения, комплекс многозональной спутниковой съёмки, бортовой радиолокационный комплекс, СВЧ-радиометр, фурье-спектрометр.

Запуск КА «Метеор-М» № 2 с помощью РН «Союз-2.1б» с РБ «Фрегат» был осуществлён 8 июля 2014 г. в 19 ч 58 мин по московскому времени с космодрома Байконур. Попутным запуском были выведены шесть МКА Relek (МКА-ФКИ), Sky Sat-2, DX-1, TechDemoSat-1 (TDS-1, Ukube-1, AISat-2).

По завершении ЛИ 8 апреля 2015 г. КА «Метеор-М» № 2 решением Государственной комиссии рекомендован к принятию в эксплуатацию.

КА «Метеор-М» № 2 создан по заданию Роскосмоса и Росгидромета АО «Корпорация «ВНИИЭМ» в рамках выполнения ОКР «Метеор-3М» на базе модернизированной унифицированной платформы «Ресурс-УКП» с учётом опыта создания КА «Метеор-М» № 1. КА «Метеор-М» № 2 – второй аппарат КК гидрометеорологического и океанографического обеспечения «Метеор-3М», создаваемого в рамках российской Федеральной космической программы. С космодрома Байконур 17 сентября 2009 г. был успешно запущен первый спутник этой серии – «Метеор-М» № 1.

В будущем ожидается увеличение группировки метеоспутников до 9 КА: 3 спутника на ГСО (серия «Электро»), 4 полярно-орбитальных аппарата (серия «Метеор»), 2 спутника на высокоэллиптической орбите (серия «Арктика-М»).

Запуск КА «Метеор-М» № 2 позволил пополнить отечественную полярно-орбитальную группировку гидрометеорологических спутников, что должно в значительной степени повысить оперативность передачи данных, точность прогнозирования и качество проведения экологического мониторинга.

КК «Метеор-3М» создаётся АО «Корпорация «ВНИИЭМ», как указывалось выше, в рамках Федеральной космической программы России на 2006 – 2015 гг. и предназначен для оперативно-

го получения глобальной гидрометеорологической информации в целях прогноза погоды, контроля озонового слоя и радиационной обстановки в ОКП, а также для мониторинга морской поверхности, включая ледовую обстановку, с целью обеспечения судоходства в полярных районах [1].

В целом область применения КК «Метеор-3М» включает в себя обеспечение подразделений Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, а также других ведомств оперативной космической информацией для решения следующих основных задач:

- анализа и прогноза погоды в региональном и глобальном масштабах;
- анализа и прогноза состояния акватории морей и океанов, включая контроль ледовой обстановки;
- анализа и прогноза условий для полётов авиации;
- анализа и прогноза гелиогеографической обстановки в ОКП, состояния ионосферы и магнитного поля Земли;
- мониторинга климата и его глобальных изменений;
- контроля чрезвычайных ситуаций;
- комплексного контроля озонового слоя в атмосфере Земли;
- контроля динамики малых газов в атмосфере, влияющих на «парниковый» эффект;
- определения трёхмерных полей температуры и влагосодержания атмосферы;
- определение влагозапаса и верхней границы облачности;
- экологического мониторинга окружающей среды и др.

КК «Метеор-3М» должен обеспечивать получение космической информации, необходимой для решения вышеперечисленных целевых задач, базируясь на результатах:

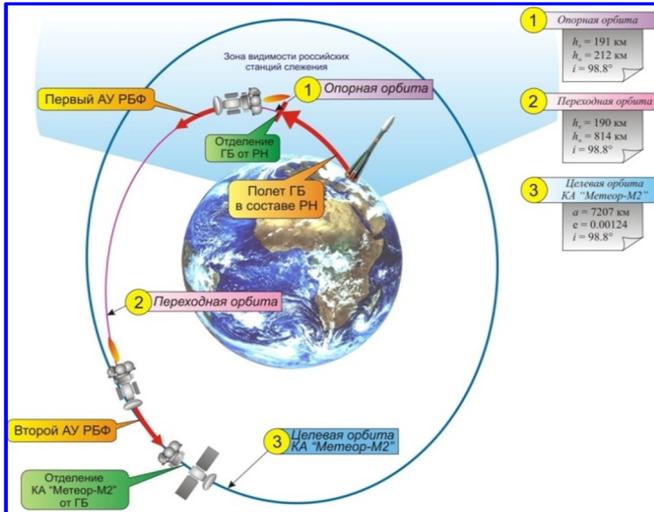


Рис. 1. Схема полёта РБ «Фрегат» при выведении КА «Метеор-М» № 2

- проведения глобальной съёмки освещённой стороны Земли в видимом диапазоне спектра;
- проведения глобальной съёмки освещённой и теневой сторон Земли в ИК- и микроволновом диапазонах спектра;
- проведения локальной съёмки радиолокационными средствами и многозональным съёмочным комплексом;
- получения глобальной информации о потоках ионизирующих излучений (гелиогеофизической обстановки) на высоте орбиты КА;
- проведения ТВЗА и получения данных о температуре подстилающей поверхности Земли;
- получения данных о малых газовых составляющих атмосферы, включая озон;
- приёма информации с ПСД, представляющих собой автономные станции сухопутного, морского или иного базирования и содержащих средства измерения параметров природной среды и радиопередающие устройства для связи с КА, с последующей передачей её на наземные пункты приёма информации (ППИ).

Информация, полученная космическим комплексом и дополненная из других источников, в результате тематической обработки может использоваться для получения выходных информационных продуктов, востребованных в различных отраслях экономики.

Состав КК «Метеор-3М»: КА «Метеор-М» № 2, № 2-1, № 2-2, № 2-3 и № 2-4; РКН; НКУ КА «Метеор-М»; НКПОР.

КК «Метеор-3М» предусматривает запуски метеорологических КА «Метеор-М» № 2-2, № 2-3 и № 2-4.

Для КА «Метеор» № 2 в АО «НИИЭМ» (г. Истра Московской области) был разработан и поставлен ряд служебных систем, в том числе: система сброса кинетического момента, ДУС, РХ,

РХ-МСУ и РХ-ФС, пленочные электронагреватели, низкотемпературные тепловые трубы.

РН «Союз-2.1б» обеспечила выведение ГБ (в составе РБ «Фрегат», КА «Метеор-М» № 2 с сопутствующей нагрузкой и адаптером) общей массой 6013 кг на опорную орбиту со средней высотой ~200 км и наклонением 98,8° с СК 17П32-6 космодрома Байконур по базовой трассе, соответствующей наклонению 95,4°.

Первым от РБ «Фрегат» на целевой орбите высотой около 830 км отделился КА «Метеор-М» № 2. Вслед за ним был выведен кластер из шести МКА научного назначения.

Схема выведения КА «Метеор-М» № 2 на целевую орбиту приведена на рис. 1.

Полярно-орбитальный КА «Метеор-М» № 2 предназначен для получения:

- глобальных локальных изображений облачности, поверхности Земли, ледового и снежного покровов в видимом, ИК- и микроволновом (в том числе сантиметровом) диапазонах спектра;
- данных для определения температуры морской поверхности и радиационной температуры подстилающей поверхности;
- радиолокационных изображений земной поверхности;
- данных о распределении озона в атмосфере и его общего содержания;
- информации о гелиогеофизической обстановке в ОКП;
- данных для определения общего содержания малых газовых компонентов атмосферы;
- данных о спектральной плотности энергетических яркостей уходящего излучения для определения вертикального профиля температуры и влажности в атмосфере;
- оценки составляющих радиационного баланса системы «Земля – атмосфера».

Кроме того, КА «Метеор-М» № 2 должен обеспечивать:

- накопление и передачу (по программе или команде) полного объема информации, собираемой измерительной аппаратурой КА как в режиме НП, так и в режиме воспроизведения информации (ВИ);
- сбор информации с ПСД и передачу её на наземные ППИ.

При этом потери каждого вида информации в течение суток в процессе записи на бортовые ЗУ и передачи информации на Землю не должны превышать 5%.

Наряду с аппаратурой, которая устанавливалась на КА «Метеор-М» № 1, на втором спутнике впервые установлен гиперспектральный ИК-зондировщик (фурье-спектрометр) ИКФС-2. Его данные должны

существенно дополнить информацию, получаемую из аэрологической сети Росгидромета.

Важной особенностью (и отличием от зарубежных метеоспутников) является одновременное наличие на борту активной и пассивной радиофизической аппаратуры, в частности наличие БРЛК.

Это особенно важно, поскольку комплекс позволяет осуществлять всепогодный мониторинг ледяного покрова в арктических районах, на внутренних морях России, а также проводить наблюдения за Антарктидой.

Приём, обработку, архивацию и распространение потребителям ЦИ спутников серии «Метеор-М» осуществляют три центра федерального уровня, находящиеся в ведении Росгидромета: Европейский, Сибирский и Дальневосточный центры ФГБУ «НИЦ «Планета».

Эти центры обеспечивают получение данных по всей территории России и ближнему зарубежью, а также данных глобального покрытия.

Среди основных потребителей спутниковой информации – организации Росгидромета, Министерство природных ресурсов и экологии РФ, Министерство по чрезвычайным ситуациям РФ, Министерство сельского хозяйства РФ, Федеральное агентство водных ресурсов, организации Российской академии наук.

Основные характеристики КА «Метеор-М» № 2 представлены в табл. 1.

Общий вид КА «Метеор-М» № 2 представлен на рис. 2 и 3.

Структурная схема КА «Метеор-М» № 2 показана на рис. 4.

**Конструкция.** КА «Метеор-М» № 2 в конструктивном отношении (рис. 5) состоит из нескольких крупных сборок:

- гермоконтейнера (1);
- приборной рамы, установленной внутри гермоконтейнера, на котором расположены блоки служебных систем и информационной аппаратуры (на рис. 5 не показаны);
- внешней приборной платформы (2) с установленным на ней блоком информационной аппаратуры;
- служебных систем и АФУ;
- БФ (3) с блоками поворота и раскрытия (4) с приводом БФ (5);
- АФУ БРЛК (6);
- адаптера (7) с системой отделения, предназначенного для соединения КА с РБ «Фрегат» и отделения от адаптера при выводе на орбиту.

Гермоконтейнер является основным силовым элементом конструкции и представляет собой цилиндр диаметром 1400 мм и длиной 2900 мм.

Таблица 1

## Характеристики КА «Метеор-М» № 2

Средства выведения	РН «Союз-2.1б» с РБ «Фрегат»
Платформа	«Ресурс-УКП»
<b>Параметры орбиты</b>	
Тип орбиты	Круговая, ССО
Высота в восходящем узле	825,5 км
Период обращения	101,41 мин
Наклонение	98,802 град.
Время пересечения экватора (нисходящий виток)	9 ч 30 мин
Стартовая масса КА	2778 кг
Масса полезной нагрузки	1250 кг
Режимы передачи данных	НП, ВИ, а также режим НП локальных данных в международном формате LRPG
<b>Ориентация</b>	
Тип	Постоянная, трехосная, маховичная на Землю и по курсу
Точность ориентации	Не хуже 10 угл. мин по крену и тангажу, 15 угл. мин по рысканию (при целевом применении – 3 угл. мин)
Точность стабилизации	Не хуже 0,001 град./с
Погрешность определения положения осей КА	Не более 6''
Точность временной привязки положения осей КА	Не хуже 1 мс
<b>Мощность системы энергоснабжения</b>	
Среднесуточная	1,4 кВт
Пиковая	2,0 кВт
САС	5 лет
Средства НКУ	ЦУП, КИС, РТС
Средства НКПОР	НКПОР/ОМЗ Роскосмоса, г. Москва НКПОР-М Росгидромета, г. Москва, г. Новосибирск, г. Хабаровск

Гермоконтейнер состоит из следующих частей:

- корпуса К (8);
- корпуса С (9);
- корпуса гермовводов (10);
- днища с фланцем гермовводов (11).



Рис. 2. КА «Метеор-М» № 2 в МИК



Рис. 3. КА «Метеор-М» № 2 в орбитальной конфигурации

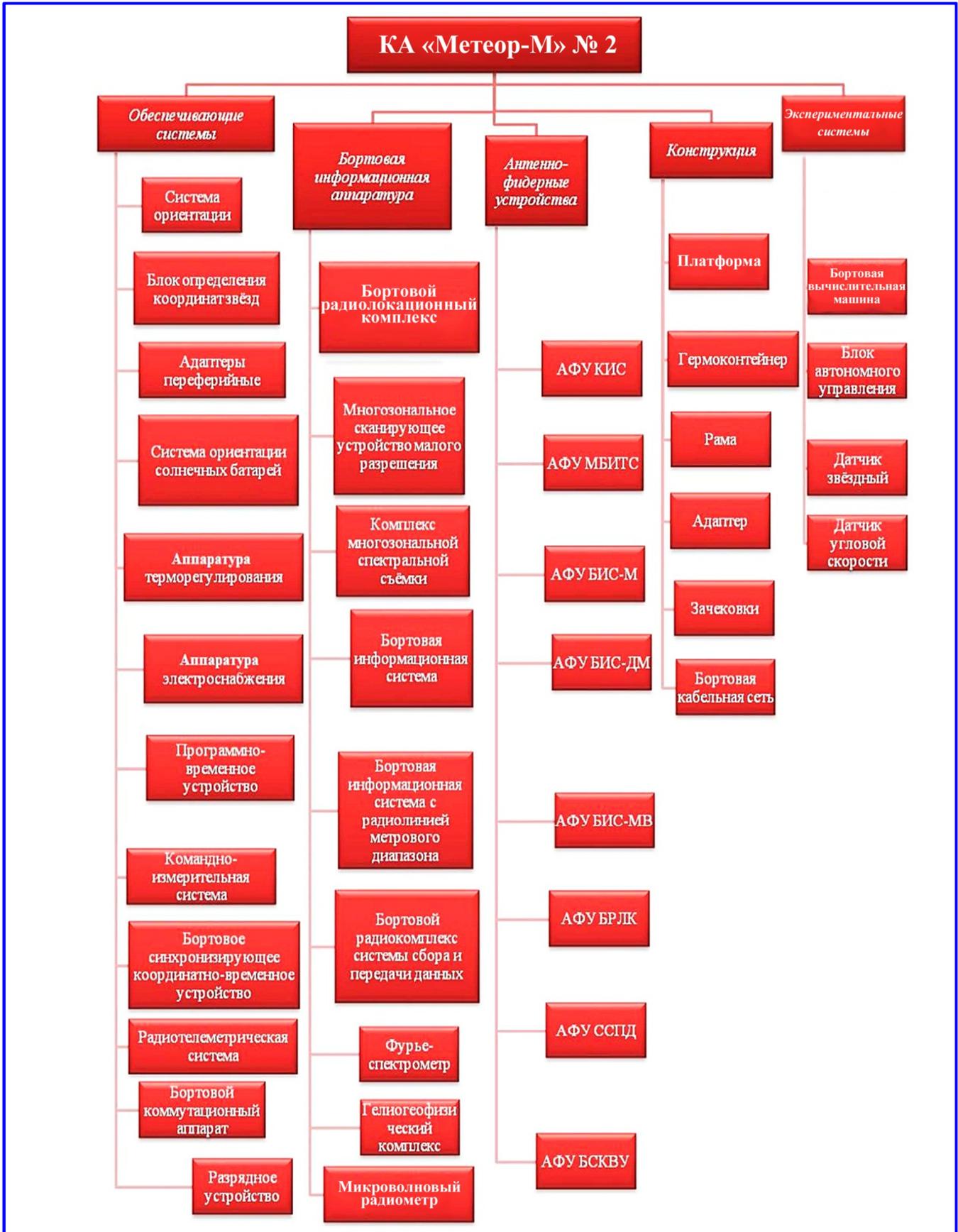


Рис. 4. Структурная схема КА «Метеор-М» № 2

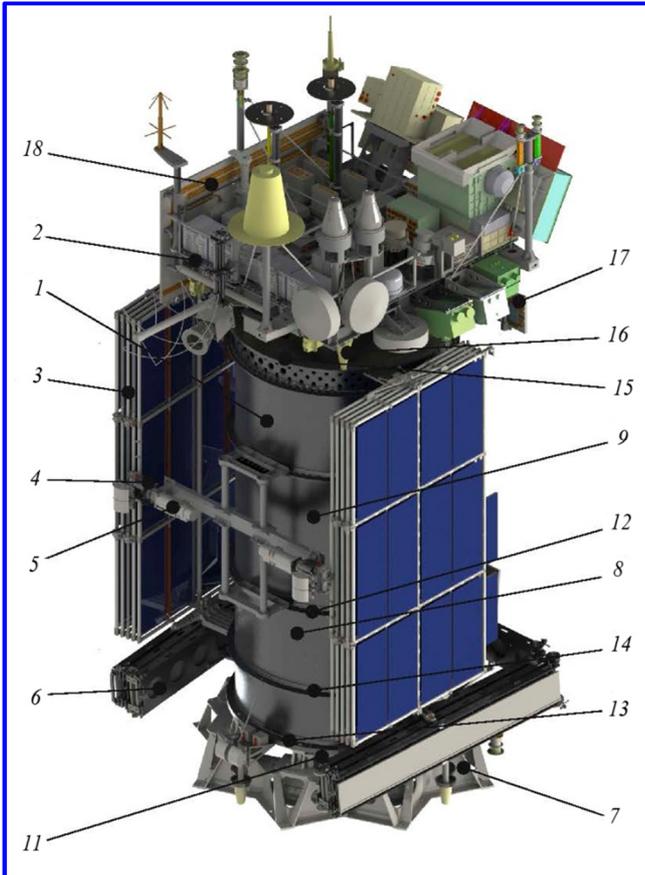


Рис. 5. Общий вид КА «Метеор-М» № 2 с адаптером

Корпуса соединяются между собой с помощью болтовых соединений по стыковочным шпангоутам (12).

Шпангоут (13) корпуса предназначен для стыковки с адаптером и для установки АФУ БРЛК.

Два шпангоута (12, 15) предназначены для транспортировки КА в специальном контейнере. Шпангоут (14) корпуса К служит для установки зачехловки батареи фотоэлектрической (БФ) и БРЛК.

Герметичность гермоконтейнера обеспечивается установкой уплотнительных прокладок из вакуумплотной резины.

Газовая среда внутри гермоконтейнера состоит в основном из азота (~98,5%) с небольшой добавкой гелия (0,01%).

Внешняя приборная платформа (2) представляет собой сборочно-сварочную конструкцию и через силовые стойки (16) крепится к шпангоуту (15) корпуса гермовводов.

Внутренняя рама представляет собой ферменную конструкцию, склепанную из угловых и швеллерных профилей, и устанавливается внутри гермоконтейнера.

Тепло от блоков, установленных на внешней приборной платформе, отводится с использованием тепловых труб и сбрасывается с помощью радиаторов (17, 18), расположенных на платформе по осям  $-X$  и  $-Y$ .

Тепло от блоков, установленных на внутренней раме, отводится с использованием тепловых труб и сбрасывается с помощью радиаторов (17, 18), расположенных на платформе по осям  $-X$  и  $-Y$ .

Тепло от блоков, установленных на внутренней раме, отводится циркулирующим газом и сбрасывается с помощью радиационных поверхностей корпусов.

Для обеспечения необходимого теплового режима КА свободные поверхности элементов конструкции КА и наружных блоков закрываются матами экранно-вакуумной теплоизоляции (ЭВТИ).

Компоновка КА исключает попадание элементов конструкции и БА в рабочие зоны антенн, поля обзора блоков служебных систем и информационной аппаратуры.

Конструкция КА обеспечивает необходимую точность привязки БА к строительным осям КА.

КА «Метеор-М» № 2 в основном соответствует первому аппарату «Метеор-М» № 1 по назначению, конструкции, составу и дополняет его в целях улучшения параметров обзорности и периодичности наблюдения.

Часть служебной аппаратуры была модернизирована, некоторая была заменена в связи с моральным старением.

В частности, аналоговая система ориентации была заменена на цифровую, функции стандарта времени и частоты БСВЧ и экспериментального навигационного приёмника АСН перешли к интегрированной системе – БСКВУ соответственно.

Состав и основные характеристики информационной аппаратуры КА «Метеор-М» № 2 представлены в табл. 2, а на рис. 6 показано расположение основной ЦА на КА.

**ЦА. МСУ-МР** предназначено для дистанционного получения изображений в широком угле обзора (не менее  $110^\circ$ ), содержит две идентичные оптико-механические системы, визирные оси которых параллельны. В процессе работы устройства системы дублируют друг друга, т. е. включаются последовательно.

Конструкция прибора представляет собой моноблок, а сам прибор имеет следующие режимы работы: режим непрерывной съёмки; режим работы каждого спектрального канала; режим очистки РХ; режим доочистки РХ.

**КМСС** предназначен для получения многозональных изображений поверхности Земли и Мирового океана с использованием гидрометеорологического и экоприродного мониторинга и обеспечения различных отраслей экономики оперативной космической информацией.

Таблица 2

Характеристики ЦА КА «Метеор-М» № 2

Прибор	Применение	Спектральные/ частотные диапазоны	Полоса захвата, км	Пространственное разрешение
МСУ-МР	Широкозахватная трассовая съёмка облачного покрова и подстилающей поверхности (в том числе ледяного покрова) с целью проведения глобального и регионального картирования облачности, температуры поверхности океана и суши	0,5 – 0,7 мкм; 0,7 – 1,1 мкм; 1,6 – 1,8 мкм; 3,5 – 4,1 мкм; 10,5 – 11,5 мкм; 11,5 – 12,5 мкм (6 каналов)	2800 (при $H=832$ км)	$\leq 1$
КМСС	Получение многоканальных изображений подстилающей поверхности в оптическом диапазоне в целях мониторинга земной поверхности и экологического мониторинга	Две камеры МСУ-100: 0,535 – 0,575 мкм; 0,63 – 0,68 мкм; 0,76 – 0,9 мкм. Одна камера МСУ-50: 0,37 – 0,45 мкм; 0,45 – 0,51 мкм; 0,52 – 0,69 мкм (3 +3 канала)	800 при двух одновременно работающих камерах МСУ-100; 927 при работе камеры МСУ-50	МСУ-100: не хуже 0,06; МСУ-50: не хуже 0,12
МТВЗА-ГЯ	ТВЗА в СВЧ-диапазоне с целью определения профилей температуры и влажности атмосферы, параметров привального ветра	10,6; 18,7; 23,8; 31,5; 36,5; 42; 48; 52 – 57; 91; 183,3 ГГц (26 каналов)	1500	16 – 198 км горизонт; 15,7 – 7 км верт.
ИКФС-2	Определение профиля температуры и влажности атмосферы	5 – 15 мкм	2500, 2000, 1500, 1000	Не хуже 35
БРЛК «Северянин-М»	Мониторинг ледяного и снежного покровов, состояния гидрологических объектов, а также суши и растительности	Несущая частота – ~9,6 ГГц (рабочая длина волны – 3,12 см)	Не менее 600	Режим малого разрешения: 0,8 – 1,3; режим среднего разрешения: 0,4 – 0,65
ГГАК-М	Глобальный мониторинг гелиогеофизических параметров ОКП	Комплекс ГГАК предназначен для измерений: плотности потока электронов в диапазоне от сотен КэВ до десятков МэВ; плотности потока протонов в диапазоне от сотен КэВ до сотен МэВ; ионного состава верхней атмосферы в диапазоне от 1 до 20 а. е. м.; коротковолновой отраженной радиации в спектральном диапазоне 0,3 – 0,4 мкм с погрешностью 1%		
БРК ССПД	Сбор и передача гидрометеорологических данных от автоматической измерительной платформы (АИП)	150 ледовых, наземных и морских платформ одновременно. Получение информации с ПСД происходит в диапазоне частоты 401,9 – 402,0 МГц со скоростью 400 бит/с		

*Примечание.* Для передачи ЦИ с борта КА используются следующие радиолинии БИС: МВ-диапазона (137,025 – 137,925 МГц) со скоростью 80 Кбит/с – для передачи на сеть наземных станций в режиме НП информации прибора МСУ-МР в международном формате LRPT; ДМ-диапазона (1690 – 1710 МГц) со скоростью 665,4 Кбит/с – для передачи в режиме НП информации бортовых приборов и данных ПСД; СМ-диапазона (8025 – 8400 МГц) со скоростью до  $2 \times 122,8$  Мбит/с – для передачи в режиме НП и ВИ полного потока данных ЦА КА в ЦПОД Ростридомета – Европейский (г. Москва, г. Обнинск, г. Долгопрудный), Сибирский (г. Новосибирск) и Дальневосточный центры ФГУП «НИИЦ Планета».

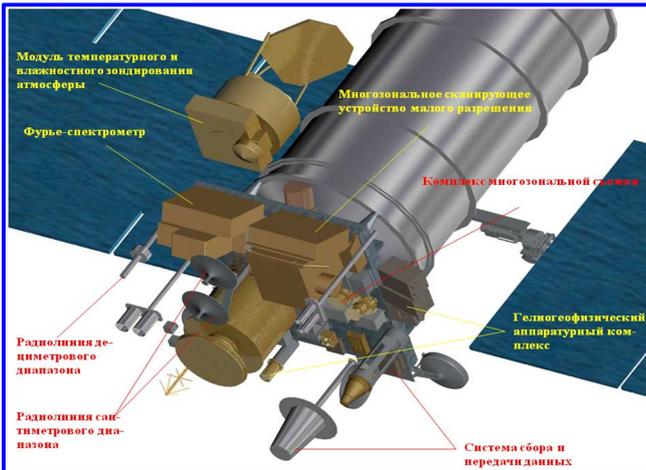


Рис. 6. Основная ЦА КА «Метеор-М» № 2

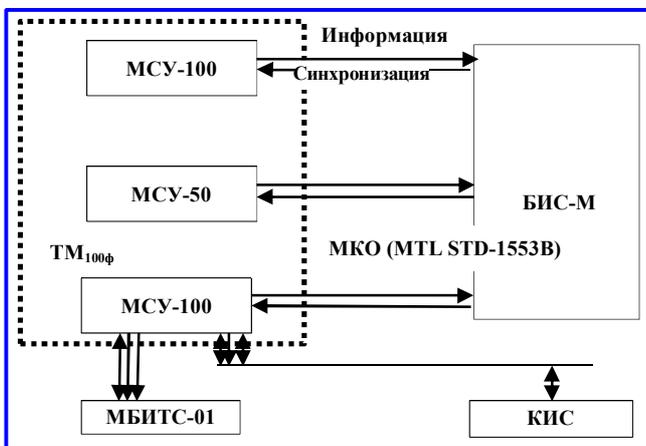


Рис. 7. Блок-схема КМСС

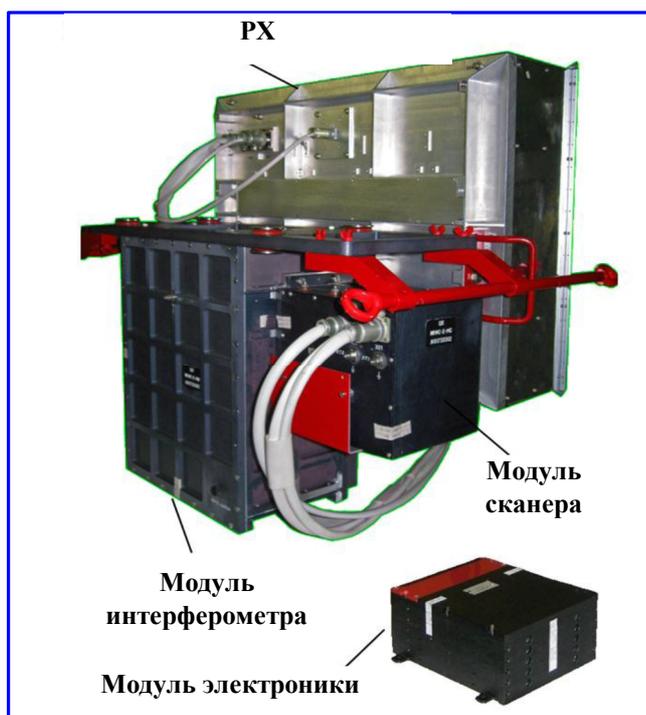


Рис. 8. ИКФС-2

В состав КМСС входят три съёмочных устройства – два МСУ-100 и одно МСУ-50. Одновременная съёмка может производиться только одним или двумя МСУ-100 или МСУ-50. Блок-схема КМСС представлена на рис. 7.

Комплекс обеспечивает получение изображений земной и водной поверхности в шести спектральных зонах (трёх зонах камер МСУ-100 и трёх – МСУ-50) и их передачу (посредством БИС-М) на сеть наземных пунктов приёма.

Состав БИК дополняется ИКФС-2 (рис. 8), предназначенным для ТВЗА, определения составляющих радиационного баланса и измерения концентрации озона и других малых газовых составляющих атмосферы.

Необходимо отметить, что получение данных ТВЗА из космоса является классической задачей спутниковой метеорологии. В связи с этим более подробно остановимся на материале, относящемся к прибору ИКФС-2 [2].

Несмотря на почти 40-летний период работ в этой области и многочисленные спутниковые эксперименты, до сих пор нельзя утверждать, что с помощью спутникового метода удаётся определить данные ТВЗА с необходимыми характеристиками (точность, вертикальное и пространственное разрешение и т. д.) в оперативном режиме при всех состояниях атмосферы.

Дело в том, что на указанные характеристики влияют многие факторы: параметры приборов, состояние атмосферы (в частности, наличие облачности), адекватность радиационных моделей атмосферы и используемой априорной информации, а также особенности формирования уходящего теплового излучения атмосферы.

Исследования последних лет показали, что реализовать требования, прежде всего, к точности и вертикальному разрешению, согласованные ВМО, можно путём существенного повышения спектрального разрешения измерений излучения при сохранении их высокой точности. Правильность указанного пути развития дистанционного спутникового метода подтверждается успехом проведённых в последние годы спутниковых экспериментов с аппаратурой AIRS/EOS Aqua и IASI/MetOp.

Можно предполагать, что измерения уходящего теплового излучения прибором ИКФС-2 позволят существенно уменьшить неопределённость в профиле температуры – от величины порядка 10 К до величин ~1 К в высотном диапазоне 0 – 50 км.

Вертикальное разрешение предложенного спутникового метода определения профиля температуры с помощью аппаратуры ИКФС-2 составляет 2 – 3 км в тропосфере.

Относительная влажность в диапазоне высот 0,5 – 20 км может определяться с погрешностью не хуже 15%, а на высотах 4 – 6 км – 10%. При приземном слое погрешность возрастает до 30 %, что вызвано особенностями формирования уходящего теплового ИК-излучения.

В большинстве случаев (на различных высотах атмосферы и при использовании в различных задачах) прибор ИКФС-2 может соответствовать так называемым предельным требованиям.

Оптимальные требования (например, по температуре – 0,5 – 1,0 К, по влажности – 5%) с помощью прибора ИКФС-2 в большинстве случаев реализовать не удастся. Аналогичный вывод можно сделать и относительно вертикального разрешения получаемых параметров атмосферы.

Однако определённые возможности повышения качества спутникового зондирования прибором ИКФС-2 существуют и связаны с применением при обработке результатов измерений специального физико-математического подхода.

Надо отметить, что серия ИКФС для отечественных КА метеорологического назначения разрабатывается на ФГУП «Исследовательский центр имени М. В. Келдыша».

ИКФС-2, установленный на КА «Метеор-М» № 2 (см. табл. 2), предназначен для измерения (в условиях безоблачной атмосферы) спектров уходящего излучения системы «атмосфера – поверхность», необходимых для получения следующих видов информации:

- профилей температуры в тропосфере и нижней атмосфере с погрешностью 1 – 1,5 К при вертикальном разрешении до 1 км в нижней тропосфере;
- профилей влажности в тропосфере с погрешностью 10% (в терминалах относительной влажно-

сти), вертикальным разрешением 1 – 2 км в нижней тропосфере;

- общего содержания озона с погрешностью не хуже 5% и вертикального профиля содержания  $O_3$  в озоновом слое с погрешностью 10% (содержание  $O_3$  в двух или трёх слоях атмосферы);
- температуры подстилающей поверхности с погрешностью  $\leq 0,5$  К (вода) и  $\leq 1$  К (суша);
- доли покрытия облачности и давления на верхней границе облачности;
- данных для определения общего содержания малых газовых составляющих атмосферы:  $CH_4$ ,  $N_2O$  и др.

Характеристики ИКФС-2 представлены в табл. 3.

**МТВЗА-ГЯ** предназначен для температурно-влажностного зондирования из космоса атмосферы, океана и суши в СВЧ-диапазоне длин волн.

За период сканирования 2,5 с перемещение нормали спутника составит 16 км, что сравнимо с элементом пространственного разрешения микроволнового радиометра в каналах 91 и 183 ГГц. Поэтому масштаб 16 км выбран в качестве пространственного элемента квантования сигнала (для всех каналов СВЧ-радиометра) как вдоль трассы движения спутника, так и вдоль направления сканирования.

**ГГAK (ГГAK-М)** предназначен для:

- контроля и прогноза радиационной обстановки в околоземном космическом пространстве и состоянии геомагнитного поля;
- контроля и прогноза состояния ионосферы и условий распространения радиоволн;
- диагностики и контроля состояния естественных и модифицированных магнитосферы, ионосферы и верхней атмосферы.

Таблица 3

Характеристики ИКФС-2

Рабочий спектральный диапазон	Не менее 5 – 15 мкм (2000 – 665 $cm^{-1}$ )
Спектральное разрешение (ширина изолированной спектральной линии на половине высоты линии) с учётом аподизации	Не более 0,5 $cm^{-1}$
Интервал дискретизации	Не более 0,25 $cm^{-1}$
Погрешность измерения спектральной яркости объекта в терминах эквивалентной температуры при длине волны 11 – 12 мкм при температуре объекта 280 – 300 К	0,5 К
Угловой диаметр поля зрения по уровню 0,5, чему соответствует пространственное разрешение (в надире)	Не более 40 мрад, не более 35 км
Периодичность получения интерферограммы	$\leq 0,6$ с
Информативность	Не более 650 Кбит/с
Масса прибора	Не более 55 кг
Энергопотребление	
Среднее за виток	Не более 50 Вт
В режиме дегазации (4 суток за 6 месяцев)	Не более 100 Вт

В состав ГГЭК-М входят: МСГИ (МСГИ-МКА), спектрометр солнечных космических лучей (СКЛ-М); детектор галактических космических лучей (ГАЛС-М); РИМС (РИМС-М); измеритель коротковолновой отражённой солнечной радиации (ИКОР-М).

Структурная схема комплекса ГГЭК-М представлена на рис. 9.

**БИС** предназначена для сбора, запоминания и передачи данных от целевой аппаратуры КА.

Основными задачами, решаемыми БИС, являются:

- получение данных от ЦА КА;
- получение данных бортовой шкалы времени от БСКВУ-М;
- получение данных от навигационных систем КА;

- запись/воспроизведение потока данных;
- передача сформированного потока данных на наземные пункты приёма.

**БРК ССПД.** В состав системы сбора и передачи данных (ССПД) помимо БРК входят абонентская аппаратура потребителя, устанавливаемая на АИП сбора данных, и аппаратура приёма и обработки данных, размещаемая на наземных пунктах приёма информации в НКПОР с целью выделения данных от аппаратуры потребителя и определения координат ПСД.

**Первые результаты.** Сразу после запуска КА «Метеор-М» № 2 с установленного на спутнике МСУ-МР получены первые снимки хорошего качества во всех спектральных диапазонах (6 каналов) (рис. 10).

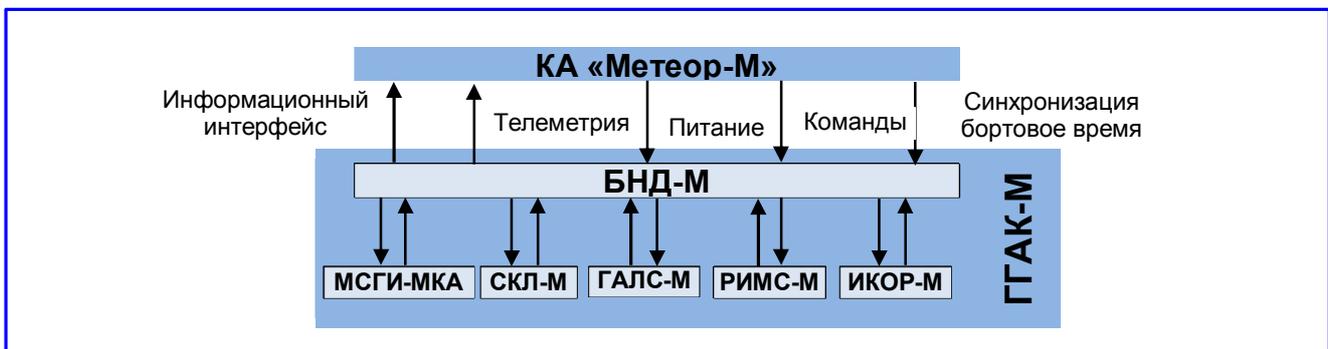


Рис. 9. Структурная схема комплекса ГГЭК-М



Рис. 10. Снимок с камеры МСУ-МР КА «Метеор-М» № 2, 25.07.2014 г.

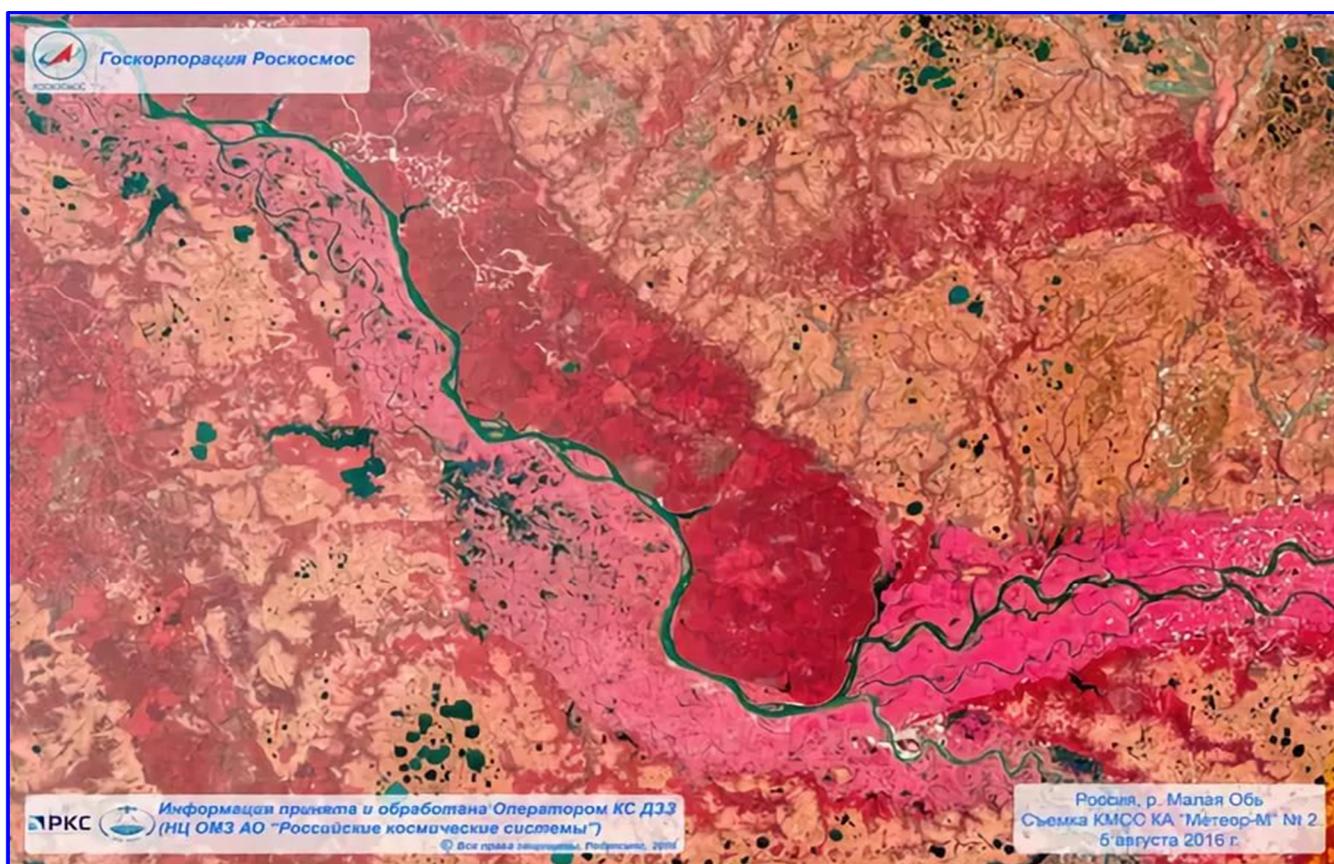
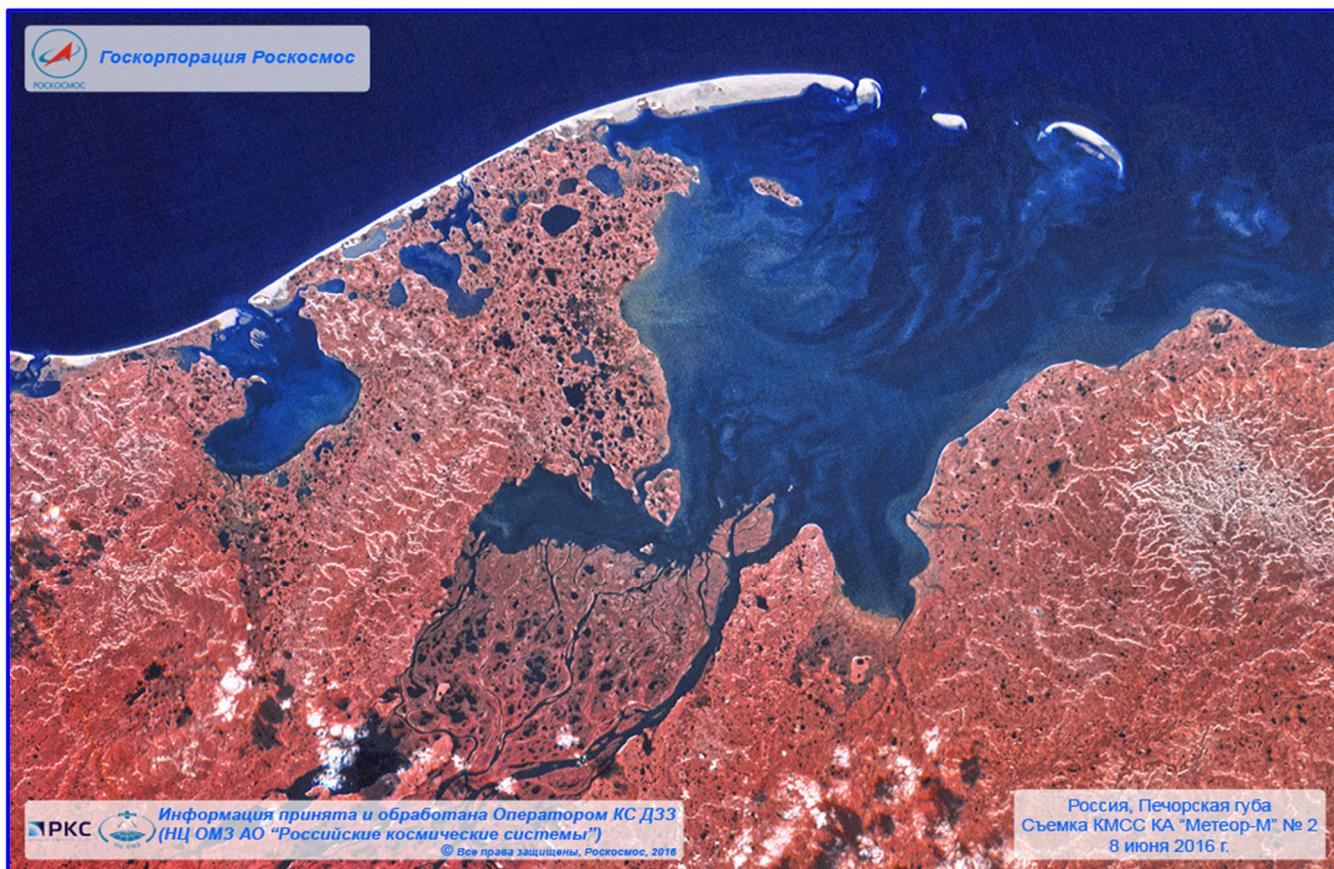


Рис. 11. Примеры снимков, полученных в ходе ЛИ КА «Метеор-М» № 2

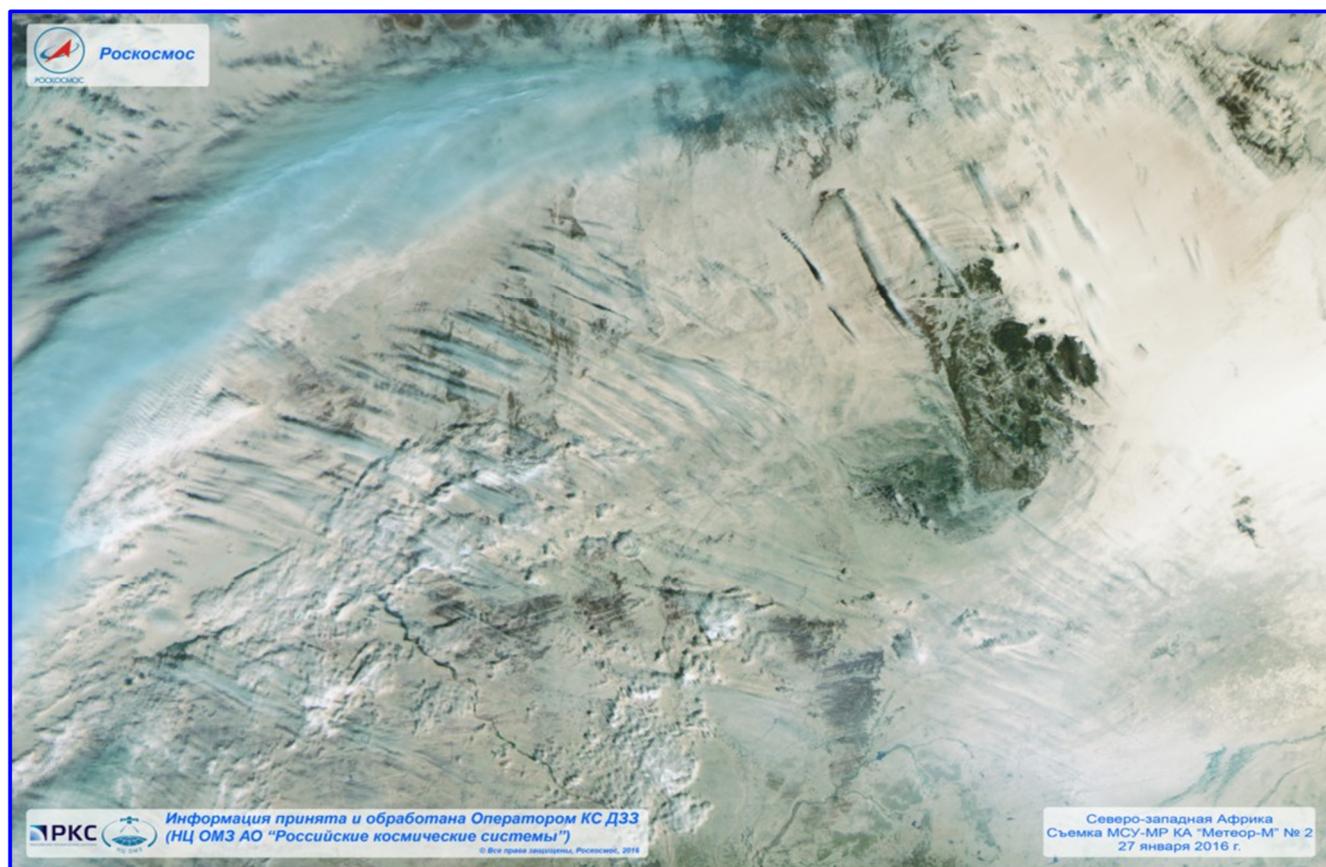
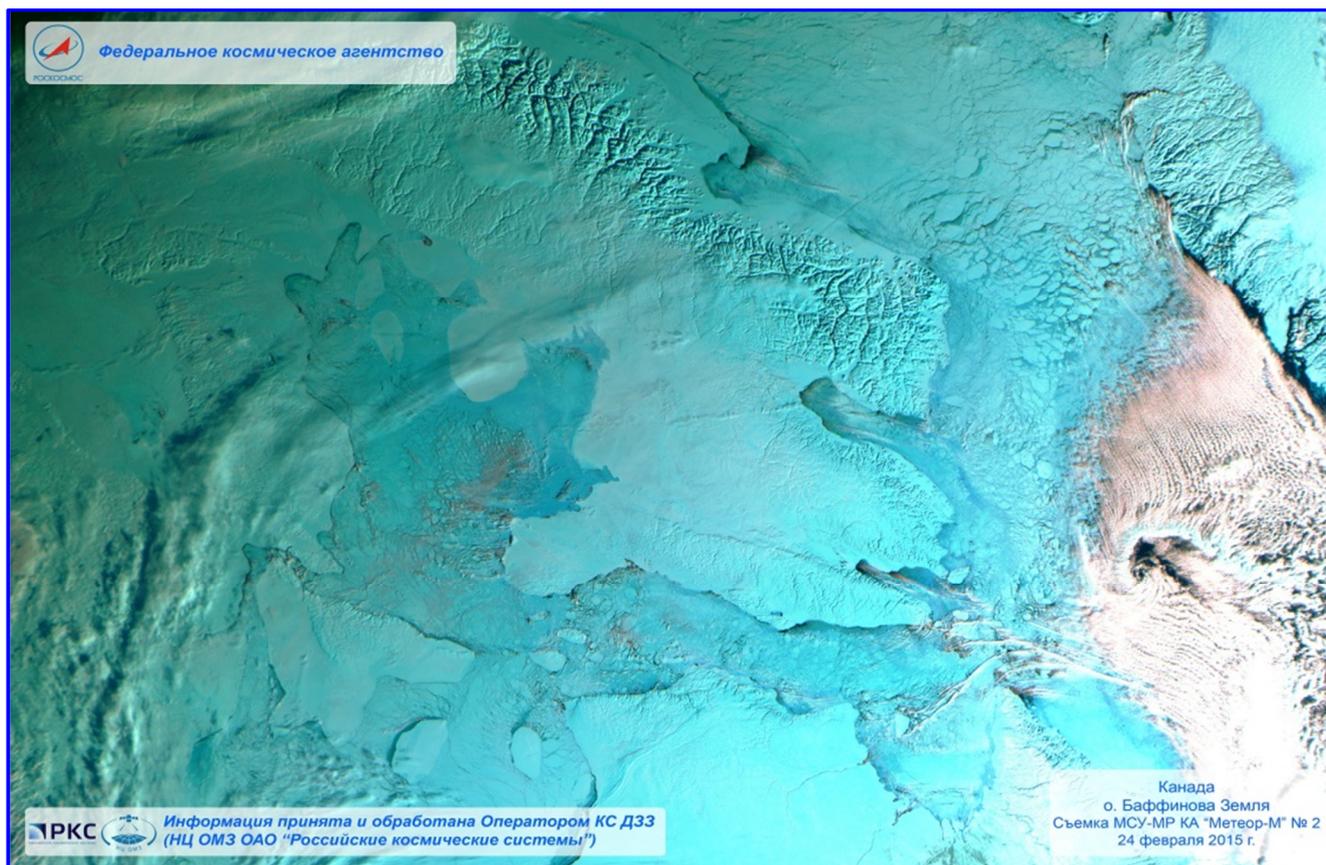


Рис. 12. Примеры снимков, полученных в ходе ЛИ КА «Метеор-М» № 2

Приём и обработку информации осуществляют приёмные центры Росгидромета и Роскосмоса.

По данным Роскосмоса, все обеспечивающие системы работают в штатном режиме.

### Литература

1. Космический комплекс гидрометеорологического и океанографического обеспечения «Метеор-3М» с кос-

мическим аппаратом «Метеор-М» № 2 / Под редакцией д-ра техн. наук Л. А. Макриденко. – М. : ОАО «Корпорация ВНИИЭМ», 2014. – 158 с.

2. Поляков А. В., Тимофеев Ю. М., Успенский А. Б. Температурно-влажностное зондирование атмосферы по данным спутникового ИК-зондировщика высокого спектрального разрешения ИКФС-2 // Исследование Земли из космоса. – М. : Российская академия наук, 2009. – № 5. – С. 3 – 10.

Поступила в редакцию 25.06.2018

*Леонид Алексеевич Макриденко, доктор технических наук, генеральный директор, т. (495) 365-56-10.*

*Сергей Николаевич Волков, доктор технических наук, 1-й заместитель генерального директора, т. (495) 366-42-56.*

*Александр Викторович Горбунов, кандидат технических наук, заместитель генерального директора, т. (495) 623-41-81.  
(АО «Корпорация «ВНИИЭМ»).*

*Рашид Салихович Салихов, кандидат технических наук, заместитель генерального директора.  
(АО «НИИЭМ»).*

*Владимир Павлович Ходненко, доктор технических наук, главный научный сотрудник, т. (495) 624-94-98.  
E-mail: vniiem@orc.ru.  
(АО «Корпорация «ВНИИЭМ»).*

## SATELLITE «METEOR-M» № 2

**L. A. Makridenko, S. N. Volkov, A. V. Gorbunov,  
R. S. Salikhov, V. P. Khodnenko**

*The article provides general information on hydrometeorological and oceanographic space system Meteor-3M comprising Meteor-M № 2 satellite. The main tasks performed by the space system are considered and the areas of application of Meteor-M № 2 satellite are shown. The article presents the mission of the satellite, its structural diagram and key characteristics. The SC construction, as well as the composition and key characteristics of its mission hardware, is provided. An important feature of the present SC is the on-board availability of both active and passive radiophysical hardware including the on-board radar system. Special attention is paid to the hyperspectral infra-red Fourier spectrometer IRFS-2 installed on the present SC for the first time and primarily intended for temperature and humidity sensing of atmosphere (a classical task for satellite meteorology). The IRFS-2 key characteristics are provided. The first operating results of the Meteor-M № 2 satellite mission hardware are presented.*

**Key words:** space system, satellite, mission hardware, on-board information system, low-resolution multispectral scanner, satellite multi-spectral imaging system, on-board radar system, UHF radiometer, Fourier Spectrometer.

### References

1. Meteor-3M hydrometeorological and oceanographic space system comprising Meteor-M #2 satellite / Under the editorship of Doctor of Technical Sciences (D. Sc.) L. A. Makridenko. – М. : VNIEM Corporation OJSC, 2014. – 158 p.
2. Poliakov A. V., Timofeev Iu. M., Uspenskii A. B. Temperature and humidity sensing of atmosphere according to the data from satellite Infra-red Fourier Spectrometer (IRFS-2) of high spectral resolution // Earth exploration from space. – М. : Russian Academy of Sciences, 2009. – No. 5. – Pp. 3 – 10.

*Leonid Alekseevich Makridenko, Doctor of Technical Sciences (D. Sc.), Director General, tel. +7 (495) 365-56-10.*

*Sergei Nikolaevich Volkov, Doctor of Technical Sciences (D. Sc.), First Deputy Director General, tel. +7 (495) 366-42-56.*

*Aleksandr Viktorovich Gorbunov, Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Deputy Director General, tel. +7 (495) 623-41-81.  
(JC «VNIEM Corporation»).*

*Rashit Salikhovich Salikhov, Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Deputy Director General.  
(JSC «NIEM»).*

*Vladimir Pavlovich Khodnenko, Doctor of Technical Sciences (D. Sc.), Chief Researcher, tel. +7 (495) 624-94-98.  
E-mail: vniiem@orc.ru.  
(JC «VNIEM Corporation»).*