

# СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ КОСМИЧЕСКОЙ МЕТЕОРОЛОГИИ

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ СЕРИИ «МЕТЕОР-ПРИРОДА»

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

*Рассматриваются экспериментальные спутники «Метеор», названные как космические аппараты «Метеор-Природа». КА этой серии регулярно запускались, начиная с 1974 г., с целью совершенствования и дальнейшей разработки новых методов получения, отработки и интерпретации космической информации о природных ресурсах и окружающей среде. КА «Метеор-Природа» № 2-2 впервые из отечественных КА был выведен на солнечно-синхронную орбиту и обеспечил освоение этой целевой специализированной орбиты. На КА «Метеор-Природа» № 3-1 был установлен экспериментальный бортовой информационный комплекс БИК-Э, состоящий из двух многозональных сканирующих устройств МСУ-Э и МСУ-СЭ и многозональной системы высокого разрешения «Фрагмент» с восьмью спектральными каналами. В МСУ-Э впервые в мировой космической технике было применено электронное сканирование линеек в полосе захвата 50 км внутри полосы обзора в 550 км, а в системе «Фрагмент» впервые в отечественной практике осуществлены многоспектральные наблюдения Земли. По программе КА «Метеор-Природа» было запущено семь КА.*

**Ключевые слова:** космический аппарат, сканирующая аппаратура, микроволновый радиометр, спектрометр, инфракрасный поляриметр, бортовая аппаратура, бортовой информационный комплекс, поля обзора, дистанционное зондирование.

В декабре 1971 г. вышло Постановление Совета Министров СССР о «Начале работ по дистанционному зондированию Земли с помощью космических средств». Это постановление открыло путь к созданию и развитию экспериментальных спутников серии «Метеор-Природа», предназначенных для проведения на первом этапе многозональных наблюдений Земли с низкой разрешающей способностью.

Начиная с 1974 г., с целью совершенствования и дальнейшей разработки новых методов получения, отработки и интерпретации космической информации о природных ресурсах и окружающей среде, регулярно осуществлялись запуски экспериментальных метеорологических спутников.

Экспериментальные спутники «Метеор» с установленной на борту сканирующей телевизионной аппаратурой позволяли получать из космоса многозональную информацию о состоянии подстилающей поверхности и были названы в прессе как космические аппараты (КА) «Метеор-Природа».

9 июля 1974 г. первый спутник этой серии «Метеор-Природа» № 1 был выведен на околополярную орбиту высотой около 900 км и наклоном 81,2°.

16 мая 1976 г. второй КА «Метеор-Природа» № 2-1 с аналогичной аппаратурой был выведен на околополярную орбиту с такими же параметрами, что и первый.

В дальнейшем, с 1977 г., КА этой серии стали запускать на солнечно-синхронные орбиты (ССО) со средней высотой около 650 км и наклоном ~ 98°.

20 июня 1977 г. третий спутник серии «Метеор-Природа» № 2-2 был выведен на ССО с космодро-

ма «Плесецк» и стал первым отечественным спутником, работающим на ССО.

КА «Метеор-Природа» были введены в эксплуатацию в 1978 г. КА этой серии в большей степени удовлетворяли задачам природоресурсных спутников. Высота орбиты составляла около 650 км, спутник совершал за сутки 15 витков. Кроме того, имелась возможность коррекции параметров орбиты, т. е. трассы полёта и её наведения на заданный район.

Общая для этих спутников съёмочная аппаратура – многозональное сканирующее устройство малого разрешения (МСУ-М), работающее в тех же спектральных диапазонах, что и многозональная сканирующая система MSS на спутнике Лэндсат – 0,5 – 0,6; 0,6 – 0,7; 0,7 – 0,8; 0,8 – 1,1 мкм, с размером элемента сканирования 1/1,7 км и полосой обзора около 2000 км.

Аппаратура формировала изображение в масштабе в среднем 1:12000000 (1:11000000 по строке и 1:13000000 по линии полёта). Спутники «Метеор-Природа» № 1 и «Метеор-Природа» № 2-1 были оснащены лишь этой съёмочной аппаратурой. На спутнике «Метеор-Природа» № 2-2 вступил в строй сканер среднего разрешения МСУ-С, работающий в двух спектральных каналах (0,58 – 0,7 и 0,7 – 1,1 мкм), с элементом сканирования размером 280 м, изображения которого записывались до 1984 г. в масштабе 1:2500000, а позже – 1:5000000. Они охватывали полосу шириной 1400 км.

Сканеры малого и среднего разрешения давали соответственно 32 и 12 снимков в сутки, обеспечивая общий обзор территории страны за 4 – 5 суток. Станции приёма в Москве, Новосибирске и Хаба-

ровске имели радиус действия около 2500 км. Они обеспечивали режим прямой передачи снимков на территорию России. Снимки остальных районов Земли можно было получить при записи на бортовое запоминающее устройство.

КА серии «Метеор-Природа» применялись для проведения поисковых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, направленных на расширение приборного состава гидрометеорологических наблюдений и совершенствования методов их получения, а также для сбора информации, необходимой для исследования природных ресурсов Земли (ИПРЗ) и метеорологической информации для нужд оперативной службы погоды.

Таблица 1

Спутники «Метеор-Природа»

Наименование серии КА	Дата запуска	Примечание
«Метеор-Природа» № 1 («Метеор» № 18)	09.07.1974	Первый в России запуск спутника для регулярного изучения природных ресурсов Земли из космоса
«Метеор-Природа» № 2-1 («Метеор» № 25)	15.05.1976	
«Метеор-Природа» № 2-2 («Метеор» № 28)	29.06.1977	Впервые осуществлён запуск спутника на солнечно-синхронную орбиту
«Метеор-Природа» № 2-3 («Метеор» № 29)	25.01.1979	
«Метеор-Природа» № 3-1 («Метеор» № 30)	18.06.1980	Запуск спутника с приборами высокого пространственного разрешения и передачей многозональной информации по цифровым радиоканалам
«Метеор-Природа» № 2-4	10.07.1981	Спутник запущен по специальной программе «Болгария-1300»
«Метеор-Природа» № 3-2	24.07.1983	В связи с отсутствием необходимой ориентации КА спутник использовался только для отдельных научных исследований

Запуск экспериментальных спутников «Метеор-Природа» осуществлялся также в целях совершенствования существующей аппаратуры, создания

новых методов дистанционных наблюдений в различных областях видимого, инфракрасного и микроволнового диапазонов спектра, а также в целях разработки методов обработки и интерпретации спутниковых данных.

Программа «Метеор-Природа» включала подготовку и запуск семи спутников, проведение исследований с получением необходимых данных, приём, обработку и выдачу всем заинтересованным потребителям многозональных спутниковых изображений.

В табл. 1 приведены перечень и даты запусков КА серии «Метеор-Природа» [1].

Одновременно, с выполнением вышеуказанной программы, данная серия экспериментальных спутников «Метеор-Природа» обеспечивала решение следующих задач:

- получение многозональных снимков облачности и подстилающей поверхности над ограниченными районами;
- получение данных о пространственном распределении зон осадков и их интенсивности, об интегральной водности облаков, положении границ ледяного покрова и его сплочённости;
- получение данных об общем влагосодержании атмосферы;
- получение данных о температуре подстилающей поверхности;
- измерение отражённой радиации и её поляризационных компонентов с целью определения фазового состава облаков;
- измерение интенсивности потоков корпускулярного излучения;
- измерение теплового излучения верхней атмосферы;
- приём многозональной информации с аппаратуры, работающей в режиме непосредственной передачи, на всех трёх пунктах приёма информации (ППИ). Приём осуществлялся ежедневно почти в одно и то же среднее местное время – в период с 8 ч 30 мин до 12 ч 30 мин, т. е. в утренние часы, когда над районами съёмки было наименьшее количество облачности конвективного происхождения. Это позволяло расширить возможности дешифрирования объектов подстилающей поверхности на снимках в интересах различных отраслей народного хозяйства. В ночное время приём информации с этих спутников на ППИ осуществлялся также в одно и то же среднее местное время – в период с 20 до 24 ч.

Необходимо отметить, что сеансы приёма информации от суток к суткам смещались примерно на 20 мин (запаздывали), поскольку орбита их являлась квазисолнечно-синхронной.

Вследствие этого, почти через каждые пять суток происходил «переход» сеансов приёма информации на более ранние витки (все сеансы смещались на один виток), но среднее местное время сеансов приёма информации на пунктах оставалось в тех же пределах. При этом наблюдались:

- наличие почти одинаковых физических условий приёма информации в течение длительного отрезка времени (сезона);

- приём многозональной и других видов информации с помощью спутников этой серии осуществлялся ежедневно в течение всего периода их нормального функционирования;

- съём многозональной информации производился в утренние часы и на нисходящих витках, т. е. при полёте спутника через зоны радиовидимости пунктов с северо-востока на юго-запад.

В ночные часы информация снималась на восходящих витках, когда спутник пролетал с юго-востока на северо-запад.

Такой порядок съёма природно-ресурсной информации определялся выбором времени запуска спутников.

На КА этой серии, в зависимости от научной программы, устанавливалась следующая аппаратура.

*Сканирующая четырёхканальная аппаратура телевизионного типа малого разрешения РТВК (МСУ-М).* Спектральные интервалы 0,5 – 0,6; 0,6 – 0,7; 0,7 – 0,8 и 0–8 – 1,1 мкм. При высоте орбиты 650 км ширина полосы обзора аппаратуры составляла ~ 1930 км, разрешающая способность – 1,0×1,7 км. Приём многозональной информации, как в режиме непосредственной передачи, так и в режиме запоминания, проводился основными пунктами приёма информации (четыре канала), приём информации с одного канала аппаратуры мог быть осуществлен на АППИ.

*Сканирующая двухканальная аппаратура телевизионного типа среднего разрешения (МСУ-С).* Спектральные интервалы 0,5 – 0,7; 0,7 – 1,1 мкм. При высоте орбиты 650 км ширина полосы обзора составляла 1380 км, разрешающая способность – 0,24×0,24 км. Назначение прибора было тем же, что и у аппаратуры малого разрешения. Информация принималась только основными пунктами приёма информации.

*Трёхканальный микроволновый радиометр (СВЧ-аппаратура) – сканирующий,* ширина полосы обзора 1000 км, разрешающая способность 24×30 км, пред-

назначался для получения данных о пространственном распределении зон осадков и их интенсивности, об интегральной влажности облаков, положении границ ледяного покрова и его сплочённости. Канал 1,35 см, ширина полосы обзора 1000 км, разрешающая способность 90×90 км, предназначался для получения данных об общем влагосодержании атмосферы. Канал 8,5 см, ширина полосы обзора 1000 км, разрешающая способность 100×100 км, служил для получения данных о температуре подстилающей поверхности. Ширина полосы обзора и разрешение всех каналов приведены для орбиты высотой 900 км.

*Радиотеплолокационная поляризационная аппаратура,* работавшая на волне 0,8 см с угловым разрешением 2,5° при двух ортогональных поляризациях. Полученные данные позволяли производить количественную оценку водозапаса облаков. Аппаратура устанавливалась на КА «Метеор-Природа» № 1.

*Сканирующий инфракрасный поляриметр (А-014),* работавший в диапазонах 1,5 – 1,9 и 2,1 – 2,5 мкм. Ширина полосы обзора составляла 2200 км, угловое разрешение 3°. Предназначался для измерения отражённой радиации и её поляризационных компонентов с целью определения фазового состава облаков. Поляриметр устанавливался на КА «Метеор-Природа» № 2-1.

*Четырёхканальный спектрометр (А-019),* работавший в диапазоне 0,3 – 30 кэВ. Предназначался для измерения потоков корпускулярного излучения, воздействующего на верхнюю атмосферу.

*Сканирующий инфракрасный радиометр наклонного зондирования (А-018),* работавший в диапазоне 0,3 – 30 мкм. Предназначался для измерения теплового инфракрасного излучения верхней атмосферы.

*Спектрометр-интерферометр (СИ-аппаратура),* разработанный в ГДР, со спектральными диапазонами 6,25 – 25,0 мкм и разрешающей способностью 36×40 км, давал возможность определения вертикального профиля температуры и содержания в атмосфере водяного пара и озона.

Состав основной бортовой научной аппаратуры экспериментальных КА «Метеор-Природа» представлен в табл. 2.

Конструктивная схема размещения приборов на одном из экспериментальных спутников «Метеор» приведена на рис. 1, а структурная схема КА «Метеор-Природа» – на рис. 2.

Таблица 2

## Состав основной бортовой научной аппаратуры экспериментальных КА «Метеор-Природа»

№ п/п	Состав аппаратуры	Спектральный диапазон, мкм	Технические характеристики		Назначение аппаратуры	Выходная продукция
			Захват на местности, км	Разрешение в надире, км <sup>2</sup>		
1	МСУ-М	0,5 – 0,6 0,6 – 0,7 0,7 – 0,8 0,8 – 1,1	1930	1,0 × 1,7	Получение многозональных снимков облачности и подстилающей поверхности над ограниченными районами	Фотоснимки и дубль-негативы в масштабе 1:11 × 10 <sup>6</sup> по строке и 1: 3 × 10 <sup>6</sup> по кадру
2	МСУ-С	0,5 – 0,7 0,7 – 1,1.	1380	0,24 × 0,24	Получение многозональных снимков облачности и подстилающей поверхности над ограниченными районами	Фотоснимки и дубль-негативы в масштабе 1:3 × 10 <sup>6</sup>
3	СВЧ-аппаратура	0,8 см 1,35 см 8,50 см	1000	24 × 30 90 × 90 100 × 100	Получение данных о влагосодержании в атмосфере, о пространственном распределении зон осадков и их интенсивности, об интегральной водности облаков, температуре морской поверхности, а также положении границ ледяного покрова и его сплочённости	Рассчитанное на ЭВМ по данным СВЧ-измерений поле радиояркостных температур
4	Спектрометр-интерферометр (СИ-аппаратура)	6,25 – 25,0	–	36 × 40 км	Измерение спектра направленного вертикально вверх излучения системы Земля – атмосфера	Вертикальные профили температуры и содержание водяного пара и озона
5	ИК-аппаратура «Ласточка-65»	8 – 12,5	930	16	Получение снимков облачности	Снимки облачности, используемые при совместной обработке СВЧ-измерений

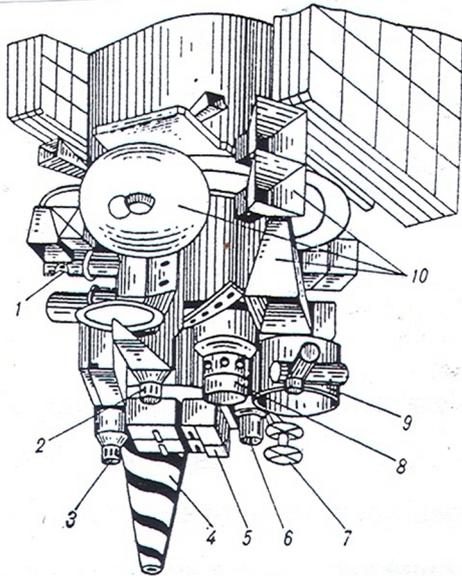
Программа, выполняемая с помощью экспериментальных спутников «Метеор», имела своей целью не только отработку перспективной бортовой аппаратуры, разработку и дальнейшее совершенствование методов и средств дистанционного зондирования, но и получение в оперативном режиме многозональной спутниковой информации о состоянии природных ресурсов Земли и окружающей среды и обеспечение ею различных отраслей народного хозяйства.

По принципу действия сканирующие устройства МСУ-М и МСУ-С являлись оптико-механическими системами с однострочной разверткой и с одноэлементными приёмниками, кадровая развертка у которых осуществлялась за счёт движения КА [2].

На первых четырёх КА устанавливалась штатная ИК-аппаратура «Ласточка-65» для получения информации, необходимой для совместного анализа результатов, полученных с помощью трёхка-

нального микроволнового радиометра (СВЧ-аппаратура).

Состав экспериментальной бортовой аппаратуры КА этой серии был разнообразным: например, спектрометр-интерферометр (СИ-аппаратура), разработанный и изготовленный в ГДР, устанавливался на первых четырёх КА, а трёхканальный микроволновый радиометр (СВЧ-аппаратура) – только на первых трёх КА.



**Рис. 1. Конструктивная схема приборного комплекса одного из экспериментальных спутников «Метеор-Природа»: 1 – ИК-аппаратура; 2 – построитель местной вертикали; 3 – экспериментальный образец ПМВ; 4 – совмещённая коническая антенна; 5 – радиотелевизионный комплекс; 6 – радиационнометрический комплекс; 7 – антенна дециметровых волн; 8 – блок радиационнометрического комплекса; 9 – СИ-аппаратура; 10 – СВЧ-аппаратура**

На борту КА «Метеор-Природа» № 1 была установлена радиотеплокационная поляризационная аппаратура, работающая на длине волны 0,8 см. Сканирующий ИК-поляриметр, работающий в диапазоне 1,5 – 1,9 и 2,1 – 2,5 мкм, был установлен только на КА «Метеор-Природа» № 2-1. На КА «Метеор-Природа» № 2-4, запущенном 10 июля 1981 г., был установлен штатный радиотелевизионный комплекс и экспериментальный трёхканальный микроволновый радиометр, а также комплекс научной аппаратуры, разработанный и изготовленный специалистами НРБ по программе «Болгария-1300» [3].

В состав аппаратуры вошли многозональный спектрометр, работающий в видимом и ближнем

инфракрасном диапазоне спектра, одноканальный микроволновый радиометр и вычислительная система для регистрации и предварительной обработки информации.

Особого рассмотрения заслуживает описание состава и работы экспериментальной аппаратуры, которая была установлена на КА «Метеор-Природа» № 3-1, о чём и пойдёт речь ниже.

### Экспериментальный КА «Метеор-Природа» № 3-1

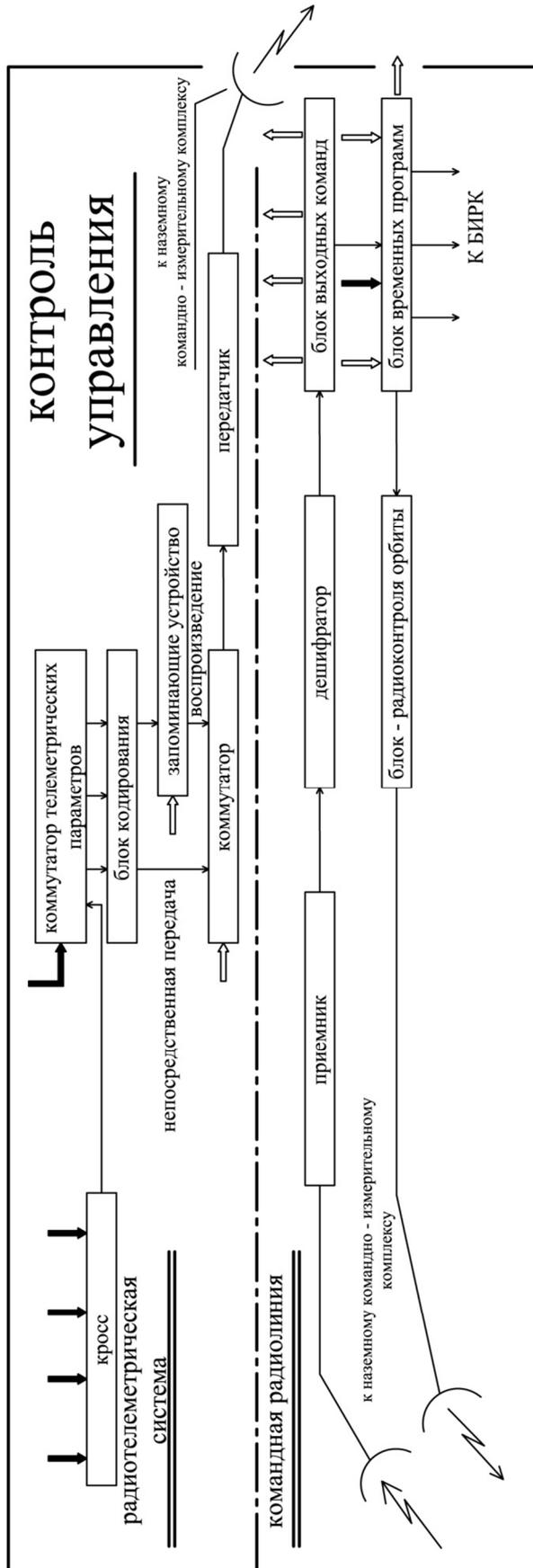
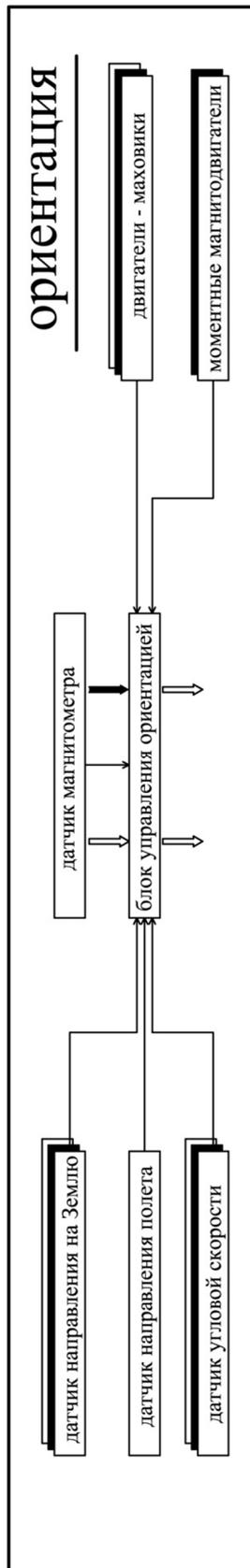
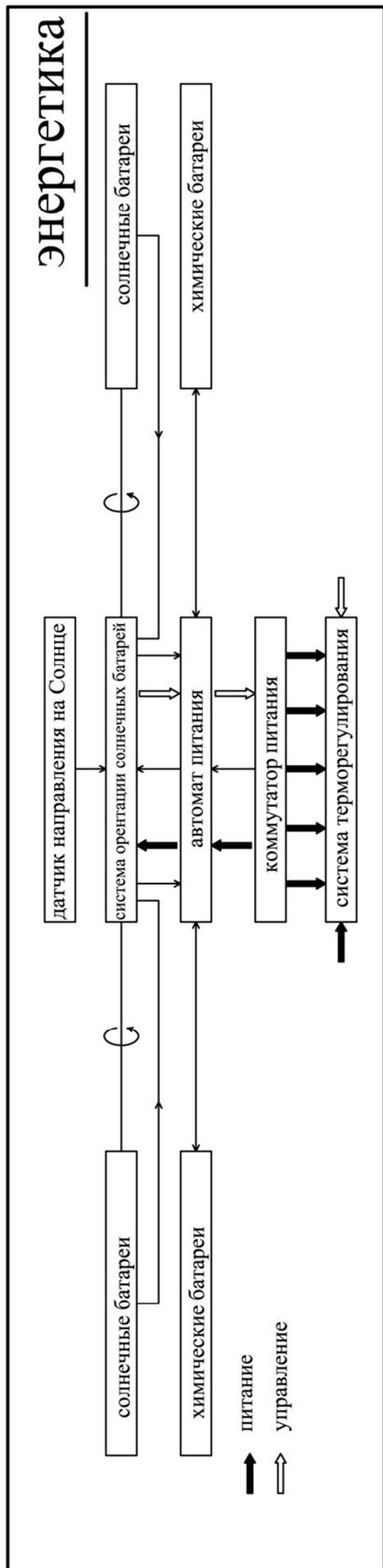
С целью поэтапной проверки и отработки в реальных условиях новых многозональных информационно-измерительных средств высокого и среднего разрешения, а также для отработки методических вопросов дешифрирования и интерпретации измерительной космической информации для изучения Земли в течение 1980 – 1982 гг. проводился комплексный эксперимент [4].

В этом эксперименте имелась возможность осуществлять одновременную съёмку земной поверхности с помощью сканирующих устройств различного типа в десяти поддиапазонах спектра от 0,4 до 2,4 мкм с разрешением от 30 до 800 м в полосах обзора от 30 до 2000 км.

В качестве базового был использован КА второго поколения оперативных спутников («Метеор» № 2), который, в отличие от КА «Метеор» первого поколения, используемых для всех остальных экспериментальных КА, обладал более высокими тактико-техническими характеристиками.

Отличительными качествами КА «Метеор-2» являлись:

- повышенная точность трёхосной ориентации и стабилизации угловых скоростей, а также увеличенная мощность системы энергопитания;
- большие возможности автоматического программно-временного управления процессами получения и передачи информации, включая управление световыми режимами и уровнями чувствительности измерительной аппаратуры;
- дополнительные конструктивно-компоновочные и массогабаритные возможности, позволявшие разместить многодиапазонный приборный комплекс и несколько информационных радиолиний;
- универсальная система автоматизированных испытаний, использующая аппаратные и программные средства и позволившая с высокой достоверностью осуществить наземные проверки сложных приборно-информационных комплексов и обеспечить их надёжную работу на орбите.



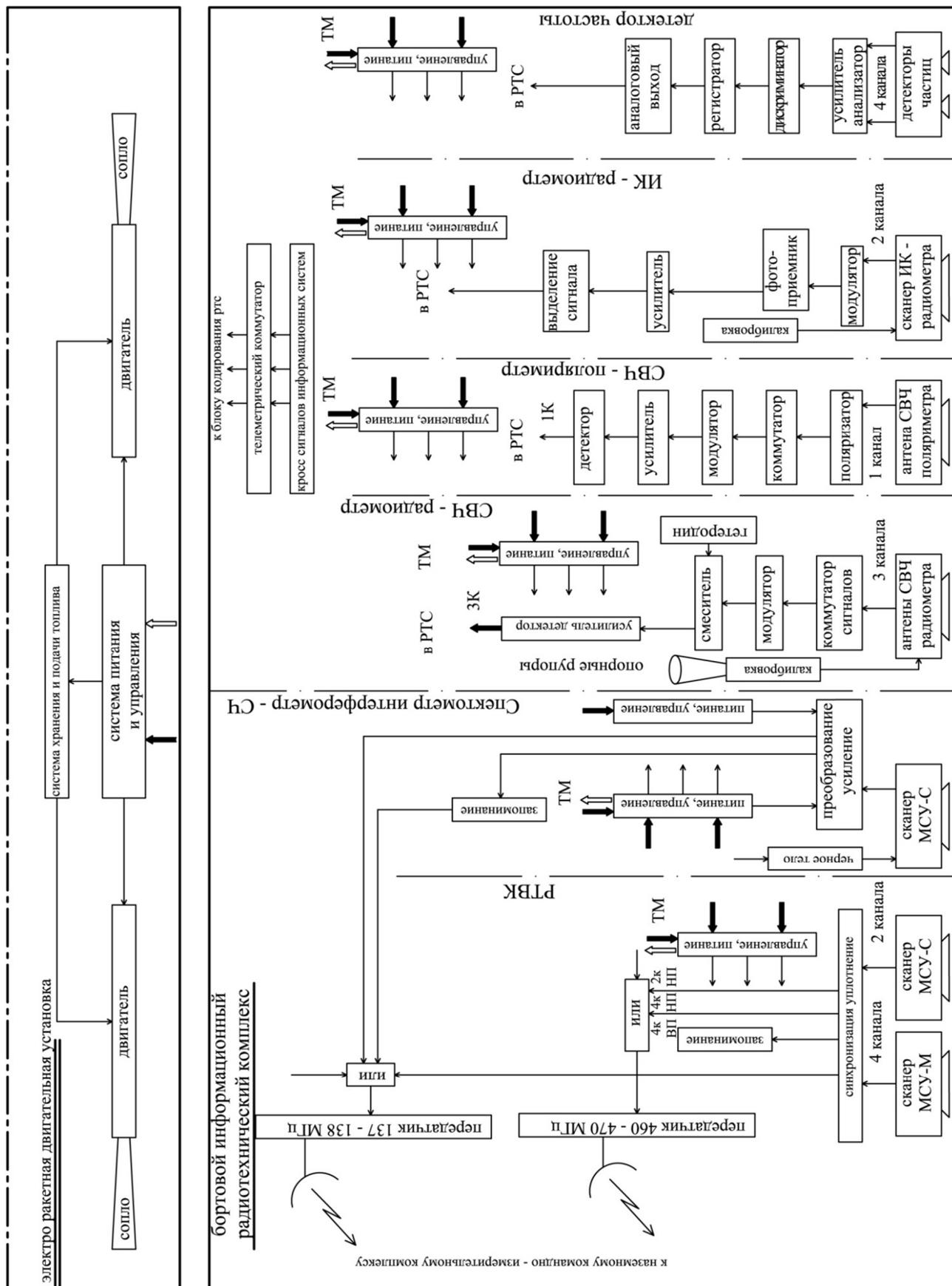
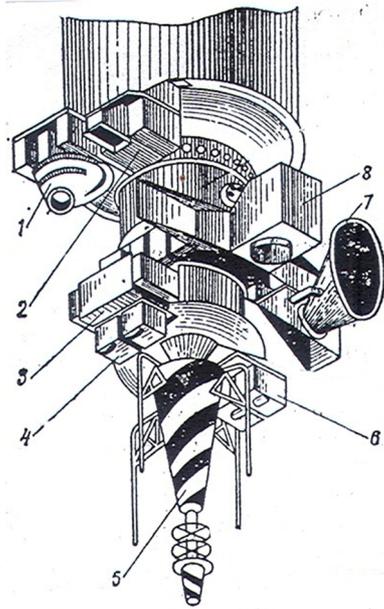


Рис. 2. Структурная схема КА «Метеор-Природа»



**Рис. 3. Конструктивная схема приборного отсека КА «Метеор-Природа» № 3-1: 1 – экспериментальный сканер среднего разрешения МСУ-СЭ; 2 – экспериментальный сканер высокого разрешения МСУ-Э; 3 – моноблок автоматики информационного комплекса; 4 – сканер малого разрешения МСУ-М; 5 – комплекс АФУ; 6 – сканер среднего разрешения МСУ-С; 7 – радиационный холодильник; 8 – ТВ-комплекс «Фрагмент»**

Вся научно-информационная аппаратура КА «Метеор-Природа» № 3-1 была размещена в его приборном отсеке, конструктивная схема которого представлен на рис. 3, а внешний вид на рис. 4.

На борту этого КА были установлены, помимо штатного радиотелевизионного комплекса, три новых экспериментальных оптико-электронных прибора для наблюдения земной поверхности в интересах изучения природных ресурсов Земли [5].

Запуск экспериментального КА «Метеор-Природа» № 3-1 («Метеор» № 30) был произведён 18 июня 1980 г. на ССО со средней высотой 634 км.

Структурная схема эксперимента представлена на рис. 5. На КА «Метеор-Природа» № 3-1 были установлены:

1. Штатный радиотелевизионный комплекс в составе дублированных приборов малого (МСУ-М) и среднего (МСУ-С) разрешения, с двумя каналами метрового и дециметрового диапазонов.

Эта аппаратура использовалась на всех КА этой серии в целях изучения природных ресурсов Земли и в интересах гидрометеорологии.



**Рис. 4. Приборный отсек при сборке КА «Метеор-Природа» № 3-1**

2. Экспериментальный бортовой информационный комплекс БИК-Э, состоящий из двух многозональных сканирующих устройств:

- высокого разрешения (МСУ-Э) с электронной развёрткой с использованием приборов с зарядовой связью;

- среднего разрешения (МСУ-СЭ) с конической оптико-механической развёрткой, устройства преобразования и уплотнения информации, цифрового радиопередающего устройства в диапазоне 460 – 470 мГц.

Первое устройство работало в трёх, а второе – в четырёх спектральных диапазонах видимой и ближайшей инфракрасной области спектра. Полоса обзора первого равнялась 30 м, а второго 600 км. Разрешающая способность на местности составляла соответственно 60 и 170 м.

3. Экспериментальная многозональная система высокого разрешения «Фрагмент», состоящая из оптико-механического сканера с устройствами калибровки, системы фотоприёмников с волоконно-оптическим коллектором, цифрового радиопередающего устройства, работающего в диапазоне

1000 мГц. Аппаратура функционировала в восьми спектральных диапазонах (от 0,4 до 2,4 мкм).

Ширина полосы обзора составляла 85 км, а разрешение на местности – 80 м.

Особо следует обратить внимание на прибор МСУ-Э, в котором впервые в мировой космической техники было применено электронное сканирование линеек, и полоса захвата в 50 км могла перемещаться в полосе обзора в 650 км за счёт поворота приёмного зеркала. На КА «Spot» (Франция) этот принцип стал использоваться только в 1982 г. при запуске первого КА этой серии. Также впервые на КА «Метеор-Природа» № 3-1 был применён способ так называемой «космической лупы», когда внутри широкой (650 – 700 км) полосы обзора сканера среднего разрешения, можно было выделить узкую полосу в 50 км с повышенным в три-четыре раза разрешением.

Этот способ приобрёл заметную популярность у потребителей и стал отличительной чертой отечественных КА «Ресурс-О1».

Поля обзора всех видов бортовой информационной аппаратуры в зоне радиовидимости представлены (рис. 5). Ширина их, в зависимости от вида аппаратуры, колеблется от 30 до 1900 км.

Разработанная в ИКИ АН СССР и его ОКБ, в сотрудничестве с ВНИИЭМ и предприятием «Карл Цейс Йена» (ГДР), цифровая сканирующая система «Фрагмент» впервые в отечественной практике обеспечила измерение спектральных энергетических яркостей природных образований в восьми спектральных интервалах с различной точностью и использованием при измерениях бортовых калибровочных и эталонных источников света.

Необходимо отметить, что специалисты «Карл Цейс Йена» разработали и изготовили зеркальный телескоп с фокусным расстоянием 1000 мм и диаметром 240 мм.

Задачей системы «Фрагмент» являлось получение, и передача из космоса на Землю в реальном масштабе времени радиометрической видеoinформации о земной поверхности и отработка на её основе принципов построения оперативной космической системы ИПРЗ в видимой и ИК-областях спектра электромагнитных волн.

В составе КА «Метеор-Природа» № 3-1 система «Фрагмент» успешно проработала четыре года. Система позволила впервые в стране обеспечить научные и народнохозяйственные организации цифровой космической видеoinформацией высокого качества и радиометрической точности.

Многолетняя эксплуатация системы «Фрагмент» подтвердила правильность принципов, за-

ложенных при её создании и предназначенных для работы в открытом космосе и реализованных впоследствии при создании соответствующих систем для КА «Ресурс-О1».

Большое количество многозональных изображений местности, полученных системой «Фрагмент» для разных районов и в разные сезоны, было успешно использовано отраслевыми специалистами для создания программно-алгоритмического обеспечения цифровой обработки изображений, отработки методики исследования Земли из космоса и для решения многих задач наук о Земле и хозяйственных отраслей.

Обработка и тематическая интерпретация видеoinформации, полученной системой «Фрагмент», осуществлялись и в рамках программы «Интеркосмос» с привлечением широкой международной кооперации. По результатам этих работ издательствами «Наука» (Москва) и «Академи-Ферлаг» (Берлин) было выпущено фундаментальное издание «Дешифрирование многозональных аэрокосмических снимков. Сканирующая система «Фрагмент». Методика и результаты» [6].

Передача информации от системы «Фрагмент» осуществлялась, независимо от систем БИК-Э и радиотелевизионного комплекса (РТВК), одновременно по 4 – 6 каналам из имеющихся восьми. Выбор одновременно работающих сканеров и сравнительная оценка получающихся изображений и измерений с одного и того же района Земли составляли одну из важных задач эксперимента.

Что касается одновременной передачи информации с комплексов РТВК и БИК-Э, то имелись некоторые ограничения, связанные с использованием единого радиодиапазона 460 – 470 мГц и единой наземной антенны «Фобос», а также с информативностью отдельных сканирующих устройств. Поскольку максимальная информативность радиолинии в указанном диапазоне составляла 8 Мбит/с, то в каждый момент времени была возможность передачи информации только с одного из четырёх (МСУ-М, МСУ-С, МСУ-СЭ, МСУ-Э) сканирующих устройств, что отражено на схеме логическими элементами ИЛИ на рис. 4.

Необходимо отметить, что информация, получаемая с помощью приборов МСУ-СЭ и МСУ-Э, передавалась поочередно по той же радиолинии, что и информация РТВК.

Информация системы «Фрагмент» передавалась, как указывалось выше, по специальной радиолинии в диапазоне 1000 мГц.

Использование более совершенного КА позволило, одновременно с решением значительного

количества экспериментальных задач, продолжить эксплуатацию РТВК.

Сброс информации от комплекса БИК-Э производился по цифровой радиолинии на приёмный пункт Госкомгидромета в г. Обнинске, где также принималась и информация РТВК. Затем информация для первичной обработки направлялась в Гос НИЦ ИПР. Информация системы «Фрагмент» передавалась по цифровой радиолинии на приёмный пункт ОКБ МЭИ, и обработка её производилась в ИКИ АН СССР и Гос НИЦ ИПР

В качестве конструктивной основы для размещения информационно-измерительных приборов и датчиков системы ориентации, а также антенного комплекса, был использован специально разработанный несущий корпус системы «Фрагмент», что дало возможность, с одной стороны, получить необходимую геометрическую точность совпадения оптических осей приборов, а с другой стороны, обойтись без специальной приборной платформы, что в свою очередь позволило улучшить массогабаритные характеристики КА. Отношение массы информационных приборов к массе всего аппарата составляло более 0,30, что являлось очень хорошим показателем для подобных КА. Необходимо отметить, что все приборы информационного комплекса являлись негерметичными. Успешная работа на орбите антенного модуля КА показала жизнеспособность его оригинальной конструкции и возможность его дальнейшего применения.

Дальнейшее развитие получили работы по терморегулированию информационных приборов. Использование специальных терморегулирующих покрытий, плоскостных электронагревателей и радиаторов, создание специальных конструктивных мостиков для перетекания тепла по элементам конструкции, а также отработанная и экспериментально проверенная методика тепловых расчётов каждого прибора в отдельности и их совокупности, позволили успешно решить сложную задачу обеспечения заданных, достаточно узких диапазонов температуры информационных приборов.

В некоторых случаях при низких температурах ( $-40^{\circ}$  –  $-50^{\circ}\text{C}$ ) для чувствительных элементов аппаратуры высокого разрешения были использованы специальные тепловые трубы и связанные с ними охлаждающие экраны, установленные на теневой стороне КА.

Фактически, в период до 1988 г., КА «Метеор-Природа» № 3-1 позволял получать обзор терри-

тории нашей страны в среднем каждые четыре – пять суток.

В сотни научно-исследовательских организаций, 20 министерств и ведомств рассылались десятки тысяч дубль-негативов, фотографий и ортопланов многозональной телевизионной информации.

Министерство геологии являлось одним из главных потребителей широкозахватной многозональной информации.

Многие организации МинГео, под руководством ВНПО «Аэрогеология», разрабатывали основы методики и технологических процессов комплексного использования материалов съёмок из космоса при региональных поисковых работах. Были получены важные практические результаты. По данным снимков РТВК были составлены космотектонические карты территории СССР в масштабах 1: 5 000 000 и 1: 2 500 000, являющиеся основой для прогнозов полезных ископаемых и определения общей стратегии поисковых работ.

Значительных результатов достигли специалисты лесного хозяйства, применявшие спектрально-зональную спутниковую информацию для обнаружения очагов лесных пожаров и контролем над их распространением.

Многолетнее более восьми лет нормальное функционирование КА «Метеор-Природа» № 3-1 в реальных условиях космического полёта с уникальным комплексом информационной аппаратуры ДЗЗ подтвердило соответствие характеристик КА для получения пространственных разрешений до 30 – 45 м, высокой радиометрической точности, а также тепловых параметров и качества электроэнергии.

В состав КА «Метеор-Природа» № 3-1, с целью отработки статических методов получения криогенных температур для глубокого охлаждения приёмников излучения радиометров в дальнем (10 – 14 мкм) инфракрасном диапазоне, был введён разработанный НИИЭМ (г. Истра, Московская обл.) радиационный холодильник. Впервые, на низкоорбитальном отечественном КА, в условиях значительного теплопотока от Земли, были получены температуры 100 – 105 К.

Информация, полученная от КА «Метеор-Природа» № 3-1, широко использовалась отраслевыми институтами для разработки и отладки методов целевой интерпретации и способов использования в различных областях научных исследований и практического применения.

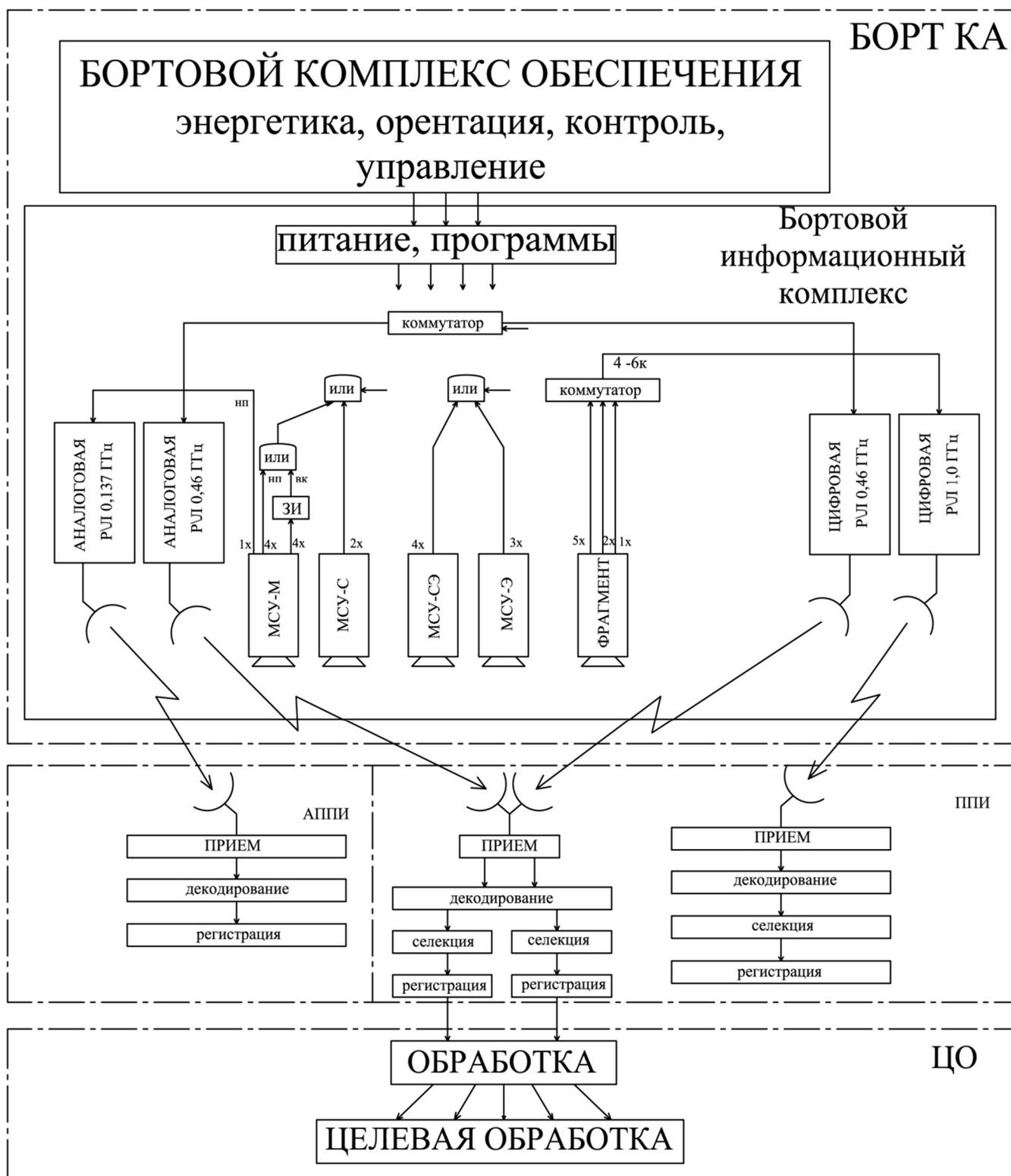
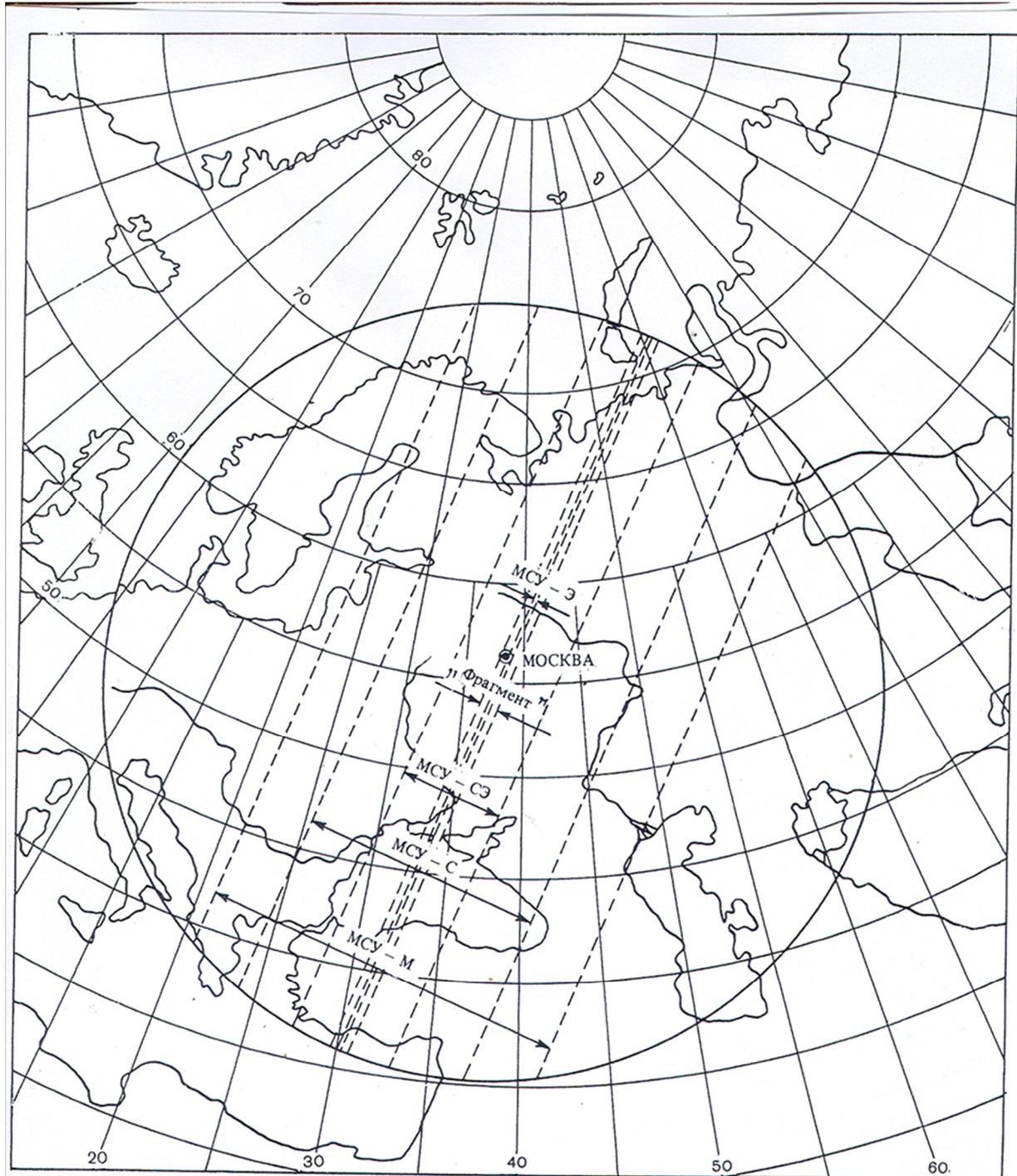


Рис. 5. Структурная схема эксперимента



**Рис. 6. Поля обзора информационной аппаратуры (МСУ-М, МСУ-С, МСУ-СЭ, «Фрагмент», МСУ-Э) КА «Метеор-Природа» № 3-1**

Удовлетворительное качество цифровой информации и интересные аспекты одновременного использования двух сканеров привлекло внимание и зарубежных потребителей.

В заключение необходимо отметить, что эксперимент с помощью КА «Метеор-Природа» № 3-1, проходивший в течение длительного времени, позволил получить ценные научные и практические

результаты, имеющие большое значение для совершенствования аппаратуры, способов получения, обработки и интерпретации информации с целью дальнейшего развития методов дистанционного зондирования.

К экспериментальным КА можно отнести космический аппарат «Астрофизика» для обнаружения и точного определения координат при земных ядерных взрывах.

#### Приложение 1

Большой интерес для решения задач дистанционного зондирования представляет задача получения орбиты, при которой трасса КА, с заданной периодичностью, проходит через определённый район, где происходят те или иные важные события. Методика решения такой задачи была отработана в процессе эксперимента «Астрофизика».

При эксплуатации КА «Метеор» и «Метеор-2», с помощью гелиогеофизической аппаратуры, установленной на них, была выявлена возможность фиксации произведенных в каком-либо районе Земли (в частности, в Китае) приземных ядерных взрывов (Я.В.). В связи с этим была поставлена задача, с помощью космического эксперимента, определить координаты взрыва с максимальной для тех лет точностью.

Для эксперимента был выбран КА «Метеор» первого поколения с учётом того, что было известно о работах ВНИИЭМ по точному наведению трассы полёта КА с помощью электроракетного двигателя (ЭРД).

На КА «Астрофизика» были установлены специально разработанные ГОИ (г. Ленинград) и НИИОФИ (г. Москва) специальные высокоточные приборы, позволявшие «увидеть» и зарегистрировать с орбиты координаты наземных вспышек специальных имитаторов с заданной точностью.

Поступила в редакцию 17.11.2014

*Леонид Алексеевич Макриденко, д-р техн. наук, генеральный директор, т. (495) 365-56-10.  
Сергей Николаевич Волков, д-р техн. наук, 1-й зам. генерального директора, т. (495) 366-42-56.  
Александр Викторович Горбунов, канд. техн. наук, зам. генерального директора, т. (495) 623-41-81.  
Владимир Павлович Ходненко, д-р техн. наук, главный научн. сотрудник, т. (495) 624-94-98.  
E-mail: vniiem@orc.ru, АО «Корпорация «ВНИИЭМ».*

## EXPERIMENTAL «METEOR-PRIRODA» SERIES SPACE CRAFTS

**Makridenko L.A., Volkov S.N.,  
Gorbunov A.V., Khadnenko V.P.**

*Article revises the experimental satellites «Meteor», also known as «Meteor-Priroda» space crafts. SC of that series have been launched on a regular basis since 1974 in order to improve, process and interpret the space data, regarding the atmosphere and natural resources. SC «Meteor - Priroda» № 2-2 was the first national space craft to be placed into the sun-synchronous orbit, and provided capabilities to explore that specialized final orbit. SC «Meteor-Priroda» was equipped with an experimental on-board informational complex БИК-Э (OBIC-E), composed of two multispectral scanners МСУ-Э (MSS-E) and МСУ-СЭ (MSS-SE), as well as the multispectral high-resolution systems «Fragment» with eight spectral channels. For the first time in history of the world space engineering, a technology has been applied, performing linear electronic scanning in the 50 km hold range inside of the 550 km swath, while the «Fragment» system, for the first time in our nations practice, performed a multispectral monitoring of Earth. Seven SCs have been successfully launched under the SC «Meteor-Priroda» program.*

**Key words:** Space craft, scanning equipment, microwave radiometer, spectrometer, infrared polarimeter, on-board equipment, on-board informational complex, hold ranges, remote probing.

#### Reference

1. Makridenko L. A., Volkov S. N., Gorbunov A. V., Khodnenko V. P. «Meteor-Priroda» program general description and the phases of its expansion. In print.
2. Rumiantsev P. A. Space system «Meteor» / Rumiantsev P. A. – M: Knowledge, 1983.
3. Earth's remote probing, using a «Meteor-Priroda» satellite. Soviet – Bulgarian experiment «Bulgaria-1300-P». – L. Gidrometeoizdat, 1985.
4. Trifonov Iu. V. Earth's artificial satellites «Meteor» and «Meteor-Priroda» // Earth's nature from space / Trifonov Iu. V. – Gidrometeoizdat, 1984.
5. Trifonov Iu. V. Experiment equipment complex for the remote Earth probing from space / Earth's exploration from space – 1981. – № 5. – P. 21 – 27.
6. Receipt and usage of satellite data regarding Earth's environment and natural resources // НИЦ ИПР – Publication 45. – St. Pete.: Gidrometeoizdat, 1999.

*Makridenko Leonid Alekseevich, Ph. D. of Engineering, Director General, tel.: (495) 365-56-10.*

*Volkov Sergei Nikolaevich, Ph. D. of Engineering, 1<sup>st</sup> Deputy Director General, tel.: (495) 366-42-56.*

*Gorbunov Aleksandr Victorovich, Ph. D. Cand. of Engineering, Deputy Director General, tel.: (495) 623-41-81.*

*Khodnenko Vladimir Pavlovich, Ph. D. of Engineering, Chief Researcher, tel.: (495) 624-94-98.*

*E-mail: vniiem@orc.ru, JC «VNIEM Corporation».*