

# СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ КОСМИЧЕСКОЙ МЕТЕОРОЛОГИИ

УДК 551.5

## КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ «РЕСУРС-О1» № 3 И КОСМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА «РЕСУРС-О» НА ЕГО ОСНОВЕ

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

*Рассмотрена особенность космических аппаратов (КА) отечественной космической системы изучения природных ресурсов Земли. Впервые в мировой практике КА «Ресурс-О1» № 3, с помощью новой ракеты-носителя «Зенит», был выведен на широтно-стабилизированную по высоте орбиту, что позволило стабилизировать положение орбитальной плоскости КА относительно Солнца. Приведены основные технические характеристики КА «Ресурс-О1» № 3 и бортового информационного комплекса в составе многоканального оптико-электронного и оптико-механического сканеров высокого и среднего разрешения (МСУ-Э и МСУ-СК). По функциональному назначению бортовая аппаратура КА «Ресурс-О1» № 3 подразделялась на комплекс служебных систем и комплекс командно-программного управления и контроля. Представлена космическая система природно-ресурсного и экологического мониторинга «Ресурс-О» с КА «Ресурс-О1» № 3 и наземными службами управления и контроля и комплексом приёма и обработки спутниковых данных. Информация с КА «Ресурс-О1» № 3 с успехом использовалась в различных областях народного хозяйства.*

**Ключевые слова:** космический аппарат, бортовой информационный комплекс, оптико-электронный сканер, оптико-механическое сканирующее устройство, радиополития, бортовая аппаратура, малые приёмные станции, наземный комплекс приёма и обработки данных.

Особенностью космических аппаратов (КА) российской оперативной космической системы изучения природных ресурсов Земли (КС ИПРЗ) «Ресурс-О1» являлось наличие в составе бортовых информационных комплексов (БИК) сканеров высокого пространственного разрешения (типа МСУ-Э с разрешением ~ 40 м) и сканеров среднего разрешения (типа сканера с конической развёрткой МСУ-СК с разрешением ~ 160 м) [1]. Данные приборы позволяли получать цифровые изображения подстилающей поверхности в нескольких спектральных диапазонах и были предназначены для решения широкого круга задач дистанционного зондирования:

- мониторинг почвенного, растительного, снежного и ледового покровов;
- экологический мониторинг;
- обнаружение, мониторинг и оценка последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (наводнения, пожары, аварии на газо- и нефтепроводах и т. д.);
- изучение геологических структур и др.;
- оперативное получение многозональных изображений земной поверхности в видимом и инфракрасном участках спектра для ИПРЗ и контроля экологической обстановки в интересах народного хозяйства и международного сотрудничества.

4 ноября 1994 г. впервые в мировой практике, КА «Ресурс-О1» № 3, с помощью новой ракеты-носителя (РН) «Зенит», был выведен на широтно-

стабилизированную по высоте орбиту. Переход на новый РН «Зенит» обеспечил сразу после запуска возможность перехода к длительному бескоррекционному функционированию КА «Ресурс-О1» № 3, а впоследствии и КА «Ресурс-О» № 4 [2].

Это позволило использовать освободившиеся массогабаритные и энергетические мощности для размещения дополнительной полезной нагрузки, что и было в полной мере реализовано при создании КА «Ресурс-О1» № 4.

С запуском 10 июля 1998 г. усовершенствованного КА третьего поколения «Ресурс-О1» № 4 началось функционирование космического комплекса (КК) «Ресурс-О1» в составе орбитальной группировки из двух КА.

Необходимо отметить, что за 3,5 г. функционирования КА «Ресурс-О1» № 3 на широтно-стабилизированной орбите в период минимума солнечной активности номинал средней высоты составлял 650 км и нижний предел разброса высот уменьшился всего на 0,5 км, что способствовало стабилизации положения орбитальной плоскости КА относительно Солнца.

КА «Ресурс-О1» № 3 был создан на базе метеорологического спутника второго поколения «Метеор-2» с использованием его элементов конструкции и штатных служебных систем.

Общий вид КА «Ресурс-О1» № 3 показан на рис. 1, а его основные характеристики представлены в табл. 1.

Ниже более подробно изложена информация о бортовом информационном комплексе (БИК) и приведены его основные технические характеристики.

Таблица 1

**Основные характеристики КА «Ресурс-О1» № 3**

Характеристики	Значения
Параметры орбиты: – средняя высота – наклонение – период обращения – угол между плоскостью орбиты и направлением на Солнце	Круговая, солнечно-синхронная 675 км 98 град 98 мин 143,5 град
Система ориентации и стабилизации (СОС): – точность ориентации по осям крена и тангажа; – точность ориентации по оси рыскания; – максимальная угловая скорость в режиме стабилизации КА по каждой оси	не хуже 20 угл. мин не хуже 30 угл. мин не более 0,05 угл. град/с
Питание бортовой аппаратуры: солнечные батареи с автономным приводом и буферные аккумуляторные батареи	
Рабочий диапазон напряжений на сборных шинах питания	25 – 32 В
Состав атмосферы внутри герметичного отсека КА: – кислород – гелий – азот	3 % 0,01 % остальной объём
Точка росы	-4°С
Давление газа	$1,18 \times 10^5$ Па
Относительная влажность газа	$30 \pm 5$ % при $t = 20^\circ \text{C}$
Температура газа	$+ 10^\circ \pm 35^\circ \text{C}$
Масса КА	1850 кг
Время активного существования на орбите	Не менее 1 года

БИК КА «Ресурс-О1» № 3 состоял из датчиковой аппаратуры и бортовой системы сбора и передачи данных.

Основное назначение БИК – изучение природных ресурсов Земли, гидрометеорологическое обеспечение, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение народнохозяйственной деятельности и решение других задач.

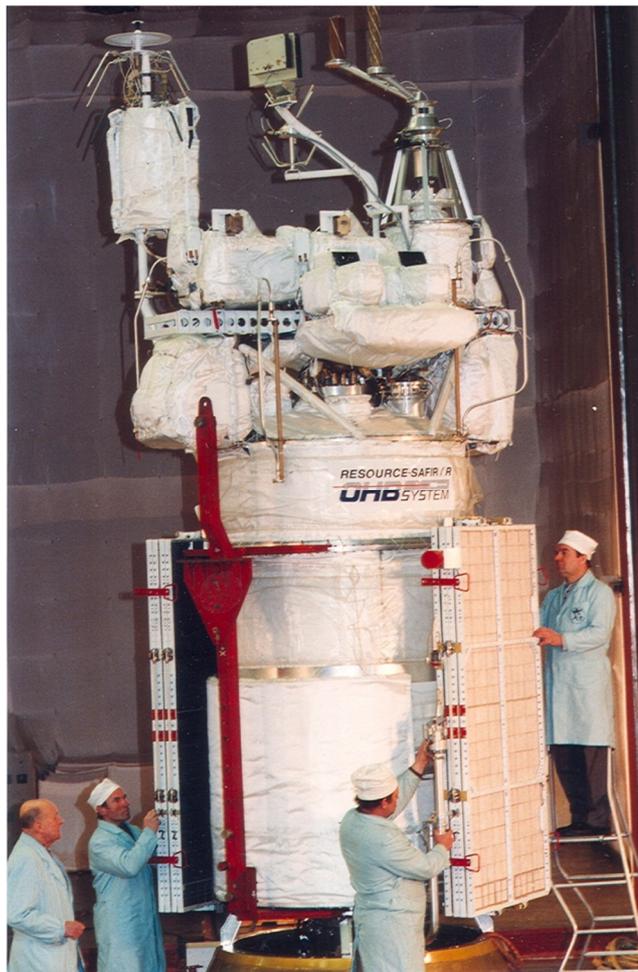


Рис. 1. Общий вид КА «Ресурс-О1» № 3

Датчиковая аппаратура КА «Ресурс-О1» № 3 состояла из многозональных сканирующих устройств МСУ-Э и МСУ-СК.

Многозональное электронное сканирующее устройство высокого разрешения МСУ-Э предназначалось для получения изображения в видимом и ближнем ИК-диапазонах спектра, а МСУ-СК – для получения изображения в видимом и ИК-диапазонах спектра.

Характеристики МСУ-Э и МСУ-СК, приведённые в табл. 2, указаны для средней высоты орбиты 650 км.

Информация, полученная с помощью сканирующих устройств в интересах народного хозяйства позволяла осуществлять:

- контроль природных ресурсов Земли и обнаружение площадей, перспективных для поиска полезных ископаемых;
- оценку состояния сельскохозяйственных культур, лесных массивов и естественных кормовых угодий;

Таблица 2

Основные характеристики БИК КА «Ресурс-01» № 3

Аппаратура	Спектральный диапазон, мкм	Пространственное разрешение, м	Полоса обзора, км
Многоканальный оптико-электронный сканер высокого разрешения МСУ-Э (2 комплекта)	0,5 – 0,6 0,6 – 0,7 0,8 – 0,9	45 (поперёк направления полёта); 34 (вдоль направления полёта)	45 (в зоне обзора 600 – 700); 80 (в режиме одновременно двух приборов); ± 350 (за счёт поворота визирной оси зеркала)
Многоканальное оптико-механическое сканирующее устройство среднего разрешения с конечной развёрткой МСУ-СК (2 комплекта)	0,5 – 0,6 0,6 – 0,7 0,7 – 0,8 0,8 – 1,1 10,4 – 12,6	160 600	600
Бортовой магнитофон (запоминающее устройство)	Запись в течение 6 – 6,5 мин со скоростью информационного потока 7,68 Мбит/с Воспроизведение с той же скоростью Объём памяти 5,5 Гбит		
Радиолиния передачи информации	Несущая частота 466,5 МГц Скорость передачи 7,68 Мбит/с		
Радиолиния 465,0 МГц (основной радиоканал)	Приём данных: в центрах Росгидромета (НИЦ «Планета», г. Обнинск), ЗСРЦПОД (г. Новосибирск), ДВ РЦПОД (г. Хабаровск)		
Радиолиния 8192 МГц (экспериментальный радиоканал)	Приём данных: – в центрах Росгидромета (НИЦ «Планета», г. Обнинск), ЗСРЦПОД (г. Новосибирск) – г. Кируна (Швеция) – малые станции приёма		
С 11.09.1998 г. функционировала только радиолиния 465,0 МГц			

– оценку запасов воды и границ затопления при разливе рек;

– оценку состояния мелиоративных объектов;  
– обнаружение рыбопромысловых районов;  
– оперативное наблюдение и контроль экологической обстановки и возникновения чрезвычайных ситуаций.

Унифицированная бортовая информационная система (БИСУ-П) предназначалась для сбора информационных потоков от бортовых датчиков, их временного уплотнения в единый цифровой поток для дальнейшего запоминания и передачи сформированного потока по высокоскоростной радиолинии.

БИСУ-П имела следующие основные технические характеристики:

– максимальную скорость запоминания (ЗИ), воспроизведения (ВИ) и непосредственной передачи (НП) информации – 7,68 Мбит/с;

– максимальное время запоминания и воспроизведения информации на одном витке – 6,5 мин;

– максимальное время передачи информации на одном витке в режимах НП – до 10 мин;

– несущую частоту передатчика – 466,5 МГц;

– мощность передатчика – не более 10 Вт.

На КА «Ресурс-01» № 3 в составе БИСУ-П была установлена и отработана радиолиния СМ-диапазона с несущей частотой 8192 МГц и скоростью передачи 15,36 Мбит/с, которая продолжительное время использовалась как основная. Анализ её работы показал, что при передаче информации по данной радиолинии, работающей в разрешённом международном диапазоне частот, достоверность данных составляла  $10^{-6}$ , и существенно уменьшились помехи.

Необходимо отметить, что бортовая информационная аппаратура и радиолиния хорошо зарекомендовали себя при длительном сроке активного существования КА «Ресурс-01» № 3 (более 3,5 лет).

В табл. 2 представлены основные технические характеристики БИК КА «Ресурс-01» № 3.

Целесообразно отметить некоторые особенности информационного комплекса БИК, обеспечившие эффективность его использования не только в интересах природопользования, но и для оперативного экологического мониторинга.

МСУ-Э относилось к классу узкоугольных сканирующих устройств с построчной развёрткой и построено на наиболее перспективном для таких устройств принципе использования твёрдотельных многоэлементных линейных приёмников на основе приборов с зарядовой связью (ПЗС).

Каждая линейка состояла из 2000 фоточувствительных элементов, образующих набор мгновенных полей зрения и формирующих поле обзора прибора в виде строки.

При считывании с ПЗС-фотоприёмника зарядов формировалась одна строка изображения, а для получения двухмерного изображения использовал-

ся метод последовательно-построчного считывания информации с линейного ПЗС-фотоприёмника при движении КА над подстилающей поверхностью. С целью получения информации в широкой зоне обзора МСУ-Э использован принцип перемещения оси в плоскости, перпендикулярной плоскости орбиты КА.

Перемещение оси в пределах  $\pm 30^\circ$  с шагом  $2^\circ$  осуществлялось с помощью плоского поворотного зеркала, расположенного перед объективом оптической системы. Для контроля стабильности градуировочной характеристики в полёте имелась система внутренней калибровки.

Предусмотрен был режим одновременной работы двух сканеров высокого разрешения МСУ-Э, что позволяло повысить полосу обзора до 90 км. При этом оси визирующих зеркал могли отклоняться от трассы полёта на  $\pm 350$  км. Это позволяло, во-первых, обеспечить частоту повторных просмотров любых районов земного шара до 1 – 4 суток (в среднем до 2,5 суток), а во-вторых, получать, особенно в средних широтах, стереоскопические снимки требуемых районов, что существенно повышало их информативность.

В сканер среднего разрешения МСУ-СК был введен инфракрасный диапазон (10 – 12 мкм), позволявший в широкой полосе (600 км) получать в темное время суток изображения и осуществлять измерения характеристик поверхности суши и океана при достаточно хорошем разрешении (до 500 м). Это давало различные дополнительные возможности использования получаемой информации для народного хозяйства и экологического контроля.

Введение устройств записи позволяло получать в течение суток до 10 многозональных изображений любого участка Земли на маршрутах, протяжённостью до 3000 км. При этом возможно было одновременное включение обоих сканеров, т. е. получение комплекса изображений в режиме записи-воспроизведения (так же, как и в режиме непосредственной передачи) [3].

По функциональному назначению бортовая аппаратура КА «Ресурс-О1» № 3 подразделялась на следующие комплексы:

*Бортовой комплекс служебных систем*, включающий:

- систему ориентации корпуса КА (СОК);
- систему ориентации солнечных батарей (СОСБ);
- систему терморегулирования (СТР);
- систему энергоснабжения (СЭП);

- антенно-фидерные устройства (АФУ) БКРЛ, Краб-А4, РТС;

- антенно-фидерные устройства БИК (АФУ ДЦРЛ).

*Бортовой комплекс командно-программного управления и контроля*, включающий:

- бортовую командную радиолинию (БРКЛ);
- аппаратуру радиоконтроля орбиты (Краб-А4);
- программно-временную автоматизированную систему (КОМПАС);
- бортовой эталон времени;
- бортовой коммутационный аппарат (БКА);
- радиотелеметрическую систему (РТС);
- блок коммутации и распределения (БКР);
- блок дублирующего включения (КВУ-Д).

*Бортовой информационный комплекс (БИК)* в составе:

- многозональное сканирующее устройство высокого разрешения (МСУ-Э) – 2 комплекта;
- многозональное сканирующее устройство среднего разрешения (МСУ-СК) – 2 комплекта;
- аппаратура кодирования, преобразования, запоминания и передачи информации по дециметровой радиолинии.

*Экспериментальная аппаратура*, включающая:

- сантиметровую радиолинию, предназначенную для передачи информации БИК в сантиметровом диапазоне волн (БИК-С);
- двухстороннюю аппаратуру связи для передачи цифровой информации (САФИР-Р);
- антенно-фидерные устройства аппаратуры (АФУ БИК-С);
- антенно-фидерные устройства аппаратуры САФИР-Р в диапазонах 137 МГц и 401 МГц (АФУ К1 и АФУ К2);
- навигационную антенну САФИР-Р (АФУ GPS).

Для повышения оперативности получения информации по инициативе ВНИИЭМ и РНИИ КП, при активной организационной и финансовой поддержке РКА в 1994 – 1995 гг. были приняты два принципиально важных решения.

На КА «Ресурс-О1» № 3 была установлена новая экспериментальная радиолиния в международном диапазоне частот 8,2 ГГц при сохранении старой дециметровой радиолинии, что позволило обеспечить мониторинговый режим работы сканера среднего разрешения и условия создания и применения сети малых пунктов приёма информации.

Начиная с 1995 г., был введён «беззаявочный» режим непосредственной передачи информации среднего разрешения над всей территорией России и прилегающих стран. Информация высокого разрешения шла как непосредственно, так и по заявкам от особо интересных районов. Одновременно, при поддержке РКА, ИТЦ СКАНЭкс разработал и стал поставлять потребителям специальные малые станции для приёма и обработки информации от КА «Ресурс-О1». Эти меры незамедлительно дали результат.

Стало резко возрастать количество малых приёмных станций, особенно в северных и восточных районах России, где не было крупных приёмных центров. Малые станции непосредственного приёма были установлены в Ханты-Мансийске, Салехарде, Тюмени, Якутске, Иркутске, Южно-Сахалинске.

Региональные организации, приобретавшие станции, проявили наибольший интерес к оперативному экологическому мониторингу, поскольку периодичность «осмотра» регионов из космоса составляла 4 – 5 суток.

Был организован приём информации от КА «Ресурс-О1» № 3 в Европейском Центре приёма и обработки информации ДЗЗ (г. Кируна, Швеция), при этом РНИИ КП были поставлены в г. Кируну аппаратные стойки и программное обеспечение для приёма и первичной обработки информации.

Успешные результаты эксперимента позволили заключить с Центром в г. Кируне контракт как на постоянную передачу (1 – 2 сеанса в сутки) информации от КА «Ресурс-О1» так и в режиме «запись – воспроизведение» из любых районов мира. Обработанная информация по каналам связи поступала в Европейский архив данных ДЗЗ в г. Фучино (Италия). С 1997 – 1998 гг. Центр в г. Кируне начал приём заявок коммерческих потребителей во всём мире на целевую обработку информации КА «Ресурс-О1». Важно отметить, что как Европейский Центр, так и мировые потребители использовали только информацию среднего разрешения, не имевшую конкуренции на мировом рынке и отличающуюся рядом особенностей, существенных для решения многих задач природно-ресурсного мониторинга.

Перечисленные выше начинания дали толчок к началу переговоров с Германией, США, Италией и рядом других стран ближнего и дальнего зарубежья по доработке уже существующих больших станций, построенных для приёма информации с

КА «Landsat» (США). Одновременно прорабатывались вопросы поставок малых станций приёма от фирмы ИТЦ СКАНЭкс.

Повышение спроса на информацию явилось наиболее важной предпосылкой необходимости поддержания и дальнейшего развития космического сегмента, способного удовлетворить растущие потребности в информации экологического и природно-ресурсного назначения.

КА «Ресурс-О1», совместно с тремя центрами приёма и обработки данных (ЦПОД) Госкомгидромета, оснащёнными усовершенствованным оборудованием, использовались в интересах решения многих научных и прикладных задач. Информация от КА «Ресурс-О1» потреблялась отечественными организациями более чем 25 министерств и ведомств. Одновременно проводилась организационная деятельность по использованию результатов функционирования КА «Ресурс-О1» на коммерческой основе.

Необходимо отметить, что начиная с 1988 г., широко развернулись экологические исследования на базе информации от сканеров МСУ-Э. В лаборатории антропогенного мониторинга Госкомгидромета была составлена экологическая карта Москвы, где выделены наиболее загрязнённые районы города, крупные перекрёстки, оценено состояние Москвы-реки, установлены основные источники её загрязнения. Космическая информация была положена в основу составленной в ГлавАПУ экологической карты, которая использовалась в градостроительстве.

Подобные же карты были составлены ещё по ряду крупных городов страны, а также по заказу зарубежных стран, например, Венеция и Милан в Италии.

По информации от КА «Ресурс-О1» была проведена экспертиза загрязнённости Финского залива в районе устья реки Невы (район Ленинградской дамбы), экспертиза состояния Арала, района строительства канала Чограй – Дон и других.

По снимкам инфракрасного канала сканера МСУ-СК, обработанным в Москве и переданным по каналам космической связи (ТАИС) непосредственно на ледоколы, совместно с информацией локаторов обеспечивалась ранневесенняя навигация в Арктике.

В состав космической системы природно-ресурсного и экологического мониторинга «Ресурс-О» входил космический аппарат «Ресурс-О1» № 3 с наземными службами управления и контроля и наземный комплекс приёма и обработки данных (рис. 2).

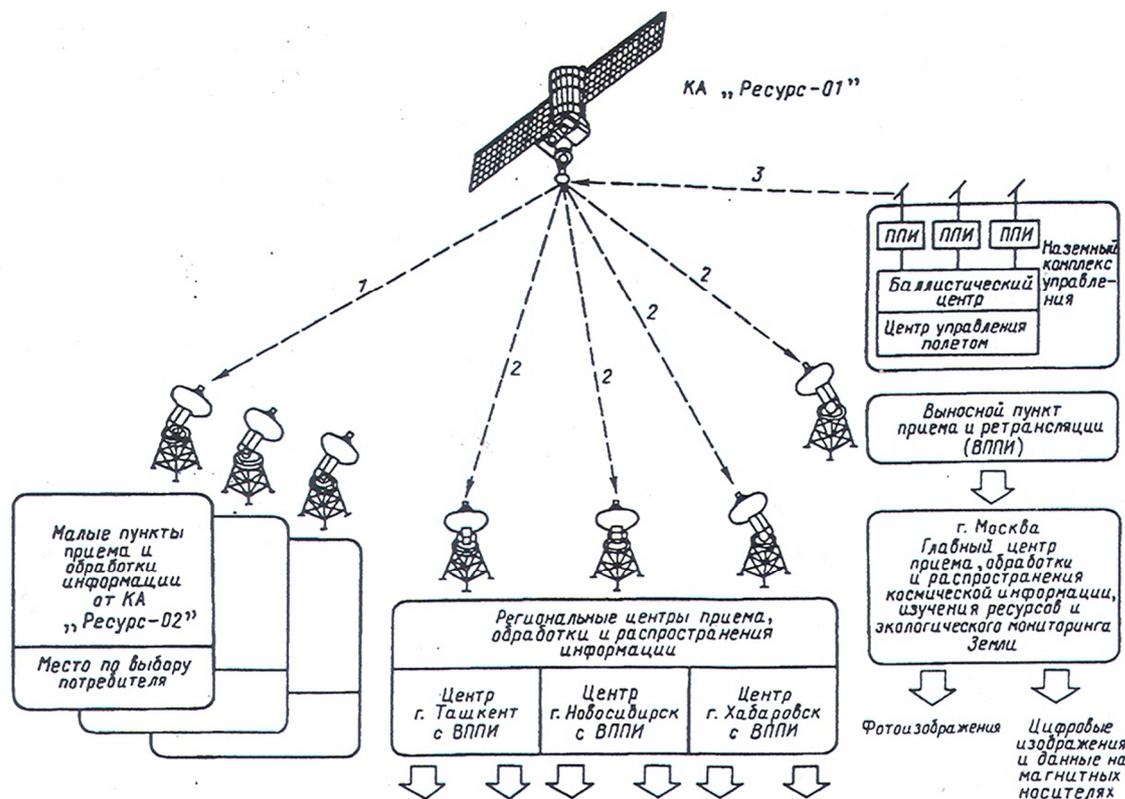


Рис. 2. Космическая система «Ресурс-О»: 1 – 8 ГГц, 16 – 32 Мбит/с; 2 – 8 ГГц, 32 – 128 Мбит/с; 3 – управление, контроль КА

Назначение космической системы заключалось в [4]:

- получении, как в реальном времени, так и в режиме «запоминание – воспроизведение» многозональной измерительной информации среднего и высокого разрешения в видимом и инфракрасном диапазоне о состоянии суши и океана в любом районе Земли;

- обработке полученных результатов измерений и изображений с проведением их радиометрической и геометрической коррекции и географической привязки;

- представлении и распространении полученных данных в виде однозональных и синтезированных многозональных изображений на фотографиях, дубль-негативах и цифровой информации на различных носителях (магнитных лентах и дискетах);

- получении и распространении тематических карт и планов в различных направлениях изучения природных ресурсов Земли, контроля окружающей среды и экологического мониторинга.

Цифровую информацию, полученную на борту в видимой и ближней инфракрасной зонах спектра электромагнитных волн, КА «Ресурс-01» № 3 пе-

редавал по радиоканалу на Землю. Информация использовалась для различных отраслей народного хозяйства, науки о Земле и международного сотрудничества.

Основными пользователями информации с КА «Ресурс-01» № 3 являлись такие области народного хозяйства, как геология, сельское, рыбное и лесное хозяйства, гидрометеорология, службы мониторинга и охраны окружающей среды, ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций.

Информацию с КА «Ресурс-01», как говорилось выше, получало, обрабатывало и распространяло НПО «Планета» Росгидромета, как на коммерческой основе, так и по директивам правительства.

Информация, получаемая космической системой «Ресурс-О», с успехом использовалась:

- в геологии – для поиска месторождений полезных ископаемых, нефти, газа, угля, выбора безопасных в геологическом отношении районов строительства крупных народнохозяйственных объектов;

- в сельском хозяйстве – для определения площадей и состояния основных сельскохозяйственных культур и естественных кормовых угодий, хода полевых работ, условий перезимовки;

– в рыбном хозяйстве – для определения характеристик биопродуктивности участков акваторий, скоплений морского зверя на льду и общей ледовой обстановки, местонахождений рыбопромысловых судов в районах Мирового океана;

– в лесном хозяйстве – для контроля за порядком лесопользования и соблюдением правил вырубки леса, учёта текущих изменений в лесном фонде, вызванных стихийными явлениями и антропогенной деятельностью, обнаружения и динамики распространения лесных пожаров;

– в службах мониторинга окружающей среды и ликвидации чрезвычайных ситуаций – для определения аэрозольного загрязнения атмосферы, прогноза схода снежных лавин и грязекаменных солей, загрязнения гидросферы, оценки обстановки в районах экстремальных ситуаций.

## Литература

1. Новиков М. В., Тучин Ю. М., Бабенков В. Ф. Бортовые информационные комплексы КА «Ресурс-О1» // Труды ВНИИЭМ. Проблемы создания и эксплуатации космических аппаратов оперативного наблюдения Земли. – 1999. – Т. 99. – С. 73 – 82.
2. Дубровинский Я. В., Журавлёв К. В., Канаева О. Н., Шершнева Н. И. Особенности обеспечения допустимой эволюции солнечно-синхронных орбит при длительном безкоррекционном функционировании КА «Ресурс-О1» // Труды ВНИИЭМ. Проблемы создания и эксплуатации космических аппаратов оперативного наблюдения Земли. – 1999. – Т. 99. – С. 155 – 168.
3. Адасько В. И., Иосифьян А. Г., Трифонов Ю. В., Шереметьевский Н. Н. Космические аппараты оперативного метеорологического и природно-ресурсного назначения. Проблемы. Технические решения. Международная интеграция // Электротехника. – 1991. – № 9.
4. Трифонов Ю. В., Горбунов А. В. Опыт эксплуатации космических систем и аппаратов «Электро» и «Ресурс-О» // Электротехника. – 1999. – № 6.

Поступила в редакцию 15.12.2014

*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»).*

## RESOURCE-O1 No. 3 SPACECRAFT and NATURE RESOURCES SURVEY and ENVIRONMENTAL MONITORING SPACESYSTEM RESOURCE-O BUILT on ITS BASIS

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

*In the article features of domestic Earth resources observation SC are considered. First in the world practice, the Resource-O1 No. 3 Spacecraft was injected into stabilized longitude orbit by means of new launch vehicle Zenit that made possible to stabilize SC orbit plane relative to the Sun. Basic characteristics of the Resource-O1 No. 3 Spacecraft and of the on-board information complex operating as a part of multi-channel electro-optic and optomechanic scanners with high and medium resolution (MSU-E and MSU-SK) are given. Functionally the Resource-O1 No.3 Spacecraft on-board equipment is divided into service systems complex and command-programmable control and monitoring complex. Resource-O space system, comprising Resource-O1 No.3 Spacecraft, ground services for natural resources survey and environmental monitoring and complex for Satellite data receiving and processing, is presented. Information obtained from Resource-O1 No. 3 Spacecraft is successfully used in different areas of the national economy.*

**Key words:** spacecraft, on-board information complex, electro-optic scanner, optomechanic scanner, radio-frequency transmission line, on-board equipment, small receiving stations, ground complex for data receiving and processing.

### List of References

1. Novikov M. V., Tuchin Yu. M., Babenkov V. F. Resource-O1 Spacecraft on-board information complexes // VNIIEМ Scientific Works. Development and Operation Issues of Operative Earth Remote Observation Spacecraft. – 1999. – Vol. 99. – Pp. 73 – 82.
2. Dubrovinsky Ya. V., Zhuravlev K. V., Kanayeva O. N., Shershneva N. I. Special Aspects of Providing Desired SC Orbit Evolution During Resource-O1 SC Long-Time Operation Without Correction // VNIIEМ Scientific Works. Development and Operation Issues of Operative Earth Remote Observation Spacecraft. – 1999. – Vol. 99. – Pp. 155 – 168.

3. Adasko V. I., Iosifian A. G., Trifonov Yu. V., Sheremetyevsky N. N. Spacecraft for Operative Meteorological and Natural Resources Monitoring. Issues. Technical Solutions. International Integration // Electrotehnika [Electrical Engineering] Publ., 1991. – No. 9.
4. Trifonov Yu. V., Gorbunov A. V. Operation Experience of Space Systems and Electro and Resource-O Spacecraft // Electrotehnika [Electrical Engineering] Publ., 1991. – No. 6.

*Leonid Alexeevich Makridenko, D. Sc. (Tech.), Director General.*  
*Tel.: (495) 365-56-10.*

*Sergey Nicolayevich Volkov, D. Sc. (Tech.), First Deputy Director General.*  
*Tel.: (495) 366-42-56.*

*Alexandr Victorovich Gorbunov, Ph. D. (Tech.), Deputy Director General.*  
*Tel.: (495) 623-41-81.*

*Vladimir Pavlovich Khodnenko, D. Sc. (Tech.), Chief Researcher.*  
*Tel.: (495) 624-94-98.*

*E-mail: vniiem@orc.ru.*  
*(JC 'VNIEM Corporation').*