

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ КОСМИЧЕСКОЙ МЕТЕОРОЛОГИИ

УДК 551.5

КОСМИЧЕСКАЯ ПОДСИСТЕМА ИЗУЧЕНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ ЗЕМЛИ «РЕСУРС-О1». КА «РЕСУРС-О1» № 1 и «РЕСУРС-О1» № 2

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

Дана общая характеристика космической подсистемы изучения природных ресурсов Земли (ИПРЗ) «Ресурс-О1» и представлены направления её совершенствования. Практическая эксплуатация космической подсистемы ИПРЗ «Ресурс-О1», в которой последовательно работали космические аппараты (КА) «Ресурс-ОЭ», «Ресурс-О1» №1 и №2, продолжалась в течение 14 лет, при среднем сроке службы КА более 5 лет. Запуск КА «Ресурс-О1» №1 был осуществлён 03.10.1985 г. на круговую орбиту высотой 1200 км. Основной задачей запуска явилось получение оперативной информации с помощью комплекса оптико-механической (МСУ-СК) и оптико-электронной (МСУ-Э) сканирующей аппаратуры в интересах народного хозяйства страны и международного сотрудничества. Приведены основные характеристики научно-информационной аппаратуры. Очередной КА этой серии «Ресурс-О1» №2 был выведен на орбиту 20.04.1988 г. Информация, получаемая с КА «Ресурс-О1» №2 использовалась во многих народнохозяйственных отраслях страны. КА «Ресурс-О1» №2 проработал около 6 лет, при проектном сроке службы 2 года. Даны характеристики его научно-информационной аппаратуры.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, космическая подсистема, изучение природных ресурсов Земли, космический аппарат, сканеры, цифровая информация, многозональная информация, приёмные станции, научно-информационная аппаратура.

С 1985 г. программа дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), в интересах изучения природных ресурсов, гидрометеорологического обеспечения, регионального и территориального экологического мониторинга, оперативного обеспечения потребителей различных отраслей народного хозяйства многозональной видеоинформацией, продолжалась на КА серии «Ресурс-О1».

Необходимо отметить, что основной задачей КА по изучению природных ресурсов Земли (ИПРЗ) в отличие от чисто гидрометеорологических КА, является наблюдение поверхности Земли (суши и океана) с достаточно высоким пространственным разрешением при сравнительно узких полосах захвата и, соответственно, с меньшей, чем в метеорологии, оперативностью обновления информации. Под термином «обновление» обычно понимается период времени, в течение которого весь земной шар будет дважды просмотрен аппаратурой КА.

Для повышения периодичности просмотра какого-либо определённого района можно использовать специальные методы: проведение коррекции параметров орбит, наклоны наблюдательной аппаратуры или КА в целом, но при этом повторный просмотр других районов может оказаться неосуществимым. Основной, но весьма дорогой способ достижения заданной периодичности, – это создание систем из нескольких КА.

Исторически в первых КА ИПРЗ (как зарубежных, так и отечественных) использовались служебные платформы метеорологических КА с заменой

целевой аппаратуры. Так, например, первые отечественные КА «Ресурс-О1» создавались на базе спутниковых платформ «Метеор-2», для последующих КА «Ресурс-О1» была создана модернизированная платформа «Ресурс-О» – «Метеор-3».

В мировой технике пассивного ДЗЗ из космоса в 70 – 80-х годах прошлого столетия выявились два основных направления развития характеристик целевой аппаратуры КА ИПРЗ: качественные изображения и количественные измерения.

По первому пути пошло создание КА типа «Ресурс-Ф», «Комета» и др., с высококачественной панхроматической и мультиспектральной фотоаппаратурой.

Второе количественное направление методов пассивного ДЗЗ из космоса, ориентированное на числовые измерения характеристик поверхности суши и океана использует для получения измерительной информации многозональные сканирующие устройства с различными приёмниками излучения и высокоинформативные радиолинии для передачи цифровых потоков данных на Землю.

В этом случае обработка, геометрическая, радиометрическая коррекция и целевая интерпретация информации осуществляются в интерактивном режиме на современных вычислительных комплексах с использованием быстроразвивающегося банка данных, калибровочных характеристик объектов дешифрирования и мощного программно-математического обеспечения для распознавания образов.

В отечественной космической технике переход на количественные измерения осуществился в 1980 г. при запуске КА «Метеор-Природа» № 3-1. На нём были установлены разработанные в НПО «Радиоприбор» и ИКИ, измерительные многозональные сканеры МСУ-Э (пространственное разрешение ~ 45 м), МСУ-СК (разрешение 170 м) и «Фрагмент» (разрешение до 70 м), указанные значения соответствуют видимым каналам [1]. Соотношение сигнал/шум в этих приборах было не менее 100 – 120, что обеспечивало относительную радиометрическую точность не хуже нескольких процентов.

Практическая эксплуатация космической подсистемы ИПРЗ «Ресурс-О1», в которой последовательно работали КА «Ресурс-ОЭ», «Ресурс-О1» № 1 и № 2, продолжалась в течение 14 лет, при среднем сроке службы КА более 5 лет. Информация довольно широко применялась отраслевыми институтами для разработки и отладки методов и способов её использования в различных областях научных исследований с элементами практического применения. Удовлетворительное качество цифровой информации и интересные аспекты одновременного использования двух сканеров привлекли внимание и зарубежных потребителей. Так, в 1989 – 90-х гг., по инициативе Британского центра дистанционного зондирования, получавшего и анализирувавшего многозональную информацию КА «Ресурс-О1», был организован непосредственный приём информации российского КА на станции Центра в г. Фарнборо. Однако эксперимент был неудачным, поскольку радиолиния дециметрового диапазона (460 – 470 МГц), использовавшаяся в КА «Ресурс-О1» № 1, полностью «забивалась» помехами, так как не имела соответствующей международной сертификации.

В России информация КА «Ресурс-О1» № 1 при допустимой помеховой обстановке принималась на двух-трёх ППИ Росгидромета на большие антенны типа «Фобос». Это также ограничивало распространение информации широкому кругу потребителей. Еще более важным сдерживающим фактором был способ прохождения заявки от потребителей через службы Росгидромета и наземного комплекса управления КА Минобороны. В совокупности указанное выше приводило, в лучшем случае, к выдаче первичной информации заказчикам через 10 – 15 дней, а в худшем – к безвозвратным потерям информации.

В связи с этим, по инициативе ВНИИЭМ и РНИИ КП, при активной поддержке РКА в 1994 – 1995 гг. были приняты принципиально важные ре-

шения. На очередном КА «Ресурс-О1» № 3 была установлена новая радиолиния в международном диапазоне 8,2 Гц, при сохранении и старой дециметровой радиолинии. Кроме того, начиная с сезона 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 над особо интересными районами.

Одновременно, также при поддержке РКА, ИТЦ СКАНЭкс разработал и поставил потребителям специальные малые станции для приёма и обработки информации КА «Ресурс-О1». В результате увеличилось количество приёмных станций и общая площадь территорий, «охваченных» многозональной информацией среднего и высокого разрешения.

Необходимо отметить, что был проведён эксперимент по организации приёма 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 Кируне контракт на организацию сеансов передачи (1 – 2 сеанса в сутки) информации КА «Ресурс-О1» № 3, как в режиме непосредственной передачи с охватом почти всей территории Европы, так и в режиме «запись – воспроизведение» любых районов мира. Обработанная информация по каналам связи поступала в Европейский архив данных ДЗЗ в г. Фучино (Италия). С 1997 – 1998 гг. Центр в Кируне начал приём заявок коммерческих потребителей во всём мире на целевую обработку информации КА «Ресурс-О1» № 3.

Важно отметить, что как Европейский центр, так и мировые потребители использовали только информацию среднего разрешения, не имевшую конкуренции на мировом рынке и отличавшуюся рядом особенностей, существенных для решения многих задач природноресурсного мониторинга.

10 июля 1998 г. был выведен на орбиту модернизированный, многофункциональный КА «Ресурс-О1» № 4, информационные характеристики его мультиспектральных сканеров были существенно улучшены, пространственное разрешение МСУ-ЭМ было увеличено вдвое, в сканер МСУ-СК был введён дополнительный, средний ИК-

спектральный канал, значительно улучшены радиометрические качества обоих сканеров [2].

Это вызвало ещё больший интерес потребителей к информации КА «Ресурс-О1» № 4, количество малых станций на территории России возросло до 14. В то же время начались переговоры с зарубежными фирмами об организации коммерческого приёма информации в различных районах мира.

Особый интерес представляли контакты с американской фирмой «Space Imaging», головной по приёму информации КА «Land Sat». С этой фирмой, высоко оценившей качество российской информации среднего разрешения и заинтересованность в ней рынка сбыта, был подготовлен контракт, предусматривающий доработки аппаратуры и матобеспечения двух наземных станций «Land Sat» и организацию приёма в штате Оклахома (США) и в Японии мультиспектральной информации КА «Ресурс-О1» № 4.

Однако дальнейшие события внесли определённые коррективы. В течение нескольких месяцев конца 1998 – начала 1999 гг. отказали все созданные в РНИИ КП передатчики сантиметрового диапазона на КА «Ресурс-О1» № 3 (с наработкой около тысячи часов). Причины отказов передатчиков были установлены, но КА «Ресурс-О1» № 4 лишился каналов передачи информации от большинства установленных на нём российских и зарубежных приборов. К октябрю 2000 г. работала только аппаратура непосредственной передачи метеорологических изображений (канал АРТ) и аппарат электронной почты ИРИС (ФРГ). КА «Ресурс-О1» № 3 продолжал работать в интересах ИПРЗ, информация его сканеров передавалась регулярно в дециметровом диапазоне. Благодаря усилиям ИТЦ СКАНЭкс, в короткий срок разработавшего малые станции приёма в этом диапазоне, количество сеансов в сезон съёмки составляло 80 – 90 в месяц, и прием проводился на 7 станциях, расположенных на Дальнем Востоке, в Сибири и Европейской части России. Предполагавшаяся внешнеэкономическая деятельность практически прекратилась.

В результате КА «Ресурс-О1» № 2 проработал около 6 лет, при проектном сроке службы 2 года, его орбита, в силу естественных эволюций, уже не являлась в полной мере солнечно-синхронной, поэтому он мог работать не более трёх-четырёх месяцев в году. КА «Ресурс-О1» № 4 к началу 1999 г. в полном объёме выполнил программу ЛКИ, и было принято решение использовать его для решения целевых задач без ограничения.

В табл. 1 приведён перечень и даты запусков КА «Ресурс-О1», а также состав научно-информационной аппаратуры.

Задачи постоянного мониторинга в интересах экологии, обеспечения безопасности при крупных природных катастрофах в интересах глубокого изучения окружающей среды для многочисленных направлений хозяйственной деятельности человека требуют достаточно высокой оперативности и частого обновления региональной, а тем более, глобальной космической информации.

Таблица 1

Космические аппараты серии «Ресурс-О1»

КА «Ресурс-О1»	Дата запуска	Дата завершения работы по назначению	Состав научно-информационной аппаратуры
№ 1	03.10.1985 г.	11.10.1986 г.	МСУ-Э, МСУ-СК, МСУ-С, РСА «Траверс»
№ 2	20.04.1988 г.	01.06.1994 г.	МСУ-Э, МСУ-СК
№ 3	04.11.1994 г.	6,5 лет	МСУ-Э, МСУ-СК
№ 4	10.07.1998 г.	3,5 года	МСУ-Э, МСУ-СК, СРРБ, ИСП-2, РМК-2, МР-900

Как известно, решением этой проблемы в мировой технике является создание космической информационной аппаратуры среднего разрешения (150 – 500 м) в широких полосах захвата.

Впервые такая информация, в сочетании с режимом непрерывной передачи (массовый доступ), стала использоваться в российском КА «Ресурс-О1», и получила значительную популярность не только в России, но и в мире.

Этой популярности, безусловно, способствовала широкая маркетинговая компания, развёрнутая Европейским центром ДЗЗ (Швеция) на основе организованного и производившегося 2 – 3 года приёма информации среднего разрешения КА «Ресурс-О1» на станции в г. Кируне. За эти годы в Кируне было принято и обработано 500 – 600 информационных сеансов непосредственной передачи (Европа) и режима «запись – воспроизведение» с территории Южной и Северной Америки, Африки и Австралии.

Примером использования мониторинговой информации может служить карта экологического и хозяйственного состояния лесов России, созданная ИТЦ СКАНЭкс по заказу Международного института леса.

Наличие широкополосной аппаратуры среднего разрешения для оперативного мониторинга больших территорий, особенно для стран, обладающих большими территориями, в том числе, малозаселёнными, лесными, степными, тундровыми, горными и т. п. регионами, а также крупными районами разведки и добычи полезных ископаемых (Индия, США, Китай и Россия), явилось положительным фактором для разработчиков КА наблюдения Земли и потребителей. Приём и регистрация данных дистанционного зондирования, передаваемых всеми КА «Ресурс-О1», осуществлялись в Главном (г. Обнинск) и региональном (г. Новосибирск) центрах приёма, регистрации и первичной обработки данных Росгидромета.

Классическая схема организации приёма, обработки и распространения информации в 1990-х гг. претерпела существенные изменения, связанные с ситуацией в стране. Растущая хозяйственная, экономическая и политическая самостоятельность регионов, требовала регулярного, оперативного получения достоверной информации о выявлении аварийных ситуаций на нефтепроводах и газопроводах, лесных пожаров и районах затопления урожая, экологической обстановке и т. п. В этих условиях существующая единая сеть больших приёмных станций, требующих существенных затрат на эксплуатацию и модернизацию, в силу своей ограниченности по возможностям приёма информации, перестала удовлетворять растущие потребности пользователей.

Принятое в июне 1996 г., по инициативе Главных конструкторов, решение о бесплатной и беззаявочной передаче информации сканера среднего разрешения (МСУ-СК) для российских пользователей, послужило толчком для создания ИТЦ СКАНЭкс малых станций приёма информации с КА типа «Ресурс-О1» [2].

Эти станции – малогабаритные и достаточно простые в эксплуатации и отличающиеся доступной ценой, позволили приблизить пункт приема информации к потребителю, сократить время её поступления до минимума. Всё это явилось решающим фактором в разворачивании разветвлённой региональной сети малых станций, которая органично дополнила крупные пункты приёма Росгид-

ромета. Практически за два года (с момента принятия решения) была осуществлена поставка малых станций в 12 различных регионов страны, практически охватывающих всю территорию РФ от Южно-Сахалинска и Владивостока до С.-Петербурга и Москвы. Можно было уверенно говорить о наметившейся тенденции расширения сети малых станций.

Вторым, не менее важным обстоятельством явилось создание пунктов приёма информации за рубежом.

Более трёх лет осуществлялся приём информации в г. Кируне (Швеция) с КА «Ресурс-О1» № 3. Результаты работы шведских коллег, проведённые ими маркетинговые исследования, подтвердили заинтересованность специалистов в информации с КА типа «Ресурс-О1». Практически с этого началось развёртывание за рубежом станций приёма информации со спутников «Ресурс-О1». Также проводились переговоры с Германией, США, Италией и рядом других стран ближнего и дальнего зарубежья по доработке уже существующих больших станций для приёма информации с КА «Land Sat» (США). Прорабатывались вопросы поставок малых станций приёма 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 природоресурсного назначения.

Ниже представлена достаточно полная информация относительно первых двух КА «Ресурс-О1».

Запуск первого КА «Ресурс-О1» № 1 (рис. 1) был осуществлен 03.10.1985 г. с космодрома Байконур на круговую орбиту высотой 1200 км ракетой-носителем «Восток».

Основные характеристики научно-информационной аппаратуры приведены в [3].

Радиолокатор с синтезированной аппаратурой (РСА) «Траверс» должен был обеспечивать при бортовой цифровой обработке сигнала получение изображений в полосе обзора 40 – 50 км с разрешением 200 м. Рабочая длина волны составляла 8,8 см. Однако анализ полученных в ходе летных испытаний изображений показал, что они имеют низкое качество. Энергетический потенциал РСА оказался на 10 – 12 дБ ниже ожидаемого.

Очередной КА этой серии «Ресурс-О1» № 2 («Космос-1939») (рис. 2) был выведен на орбиту

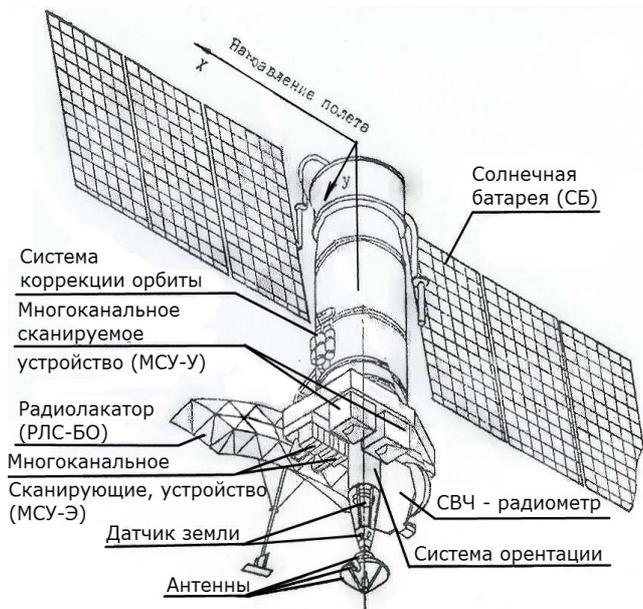


Рис. 1. КА «Ресурс-О1» № 1

Таблица 2
Основные характеристики научно-информационной аппаратуры КА «Ресурс-О1» № 2

Характеристика	Многозональное сканирующее устройство высокого разрешения на ПЗС структурах (МСУ-Э)	Многозональное сканирующее устройство среднего разрешения с коническим сканированием (МСУ-СК)
Ширина полосы обзора, км	45,2×45	600
Количество спектральных каналов	3	5
Спектральные диапазоны, мкм	0,5 – 0,6	0,5 – 0,6 0,6 – 0,7 0,7 – 0,8 0,8 – 1,1 10,4 – 12,6
Разрешение на местности, м	45	170 (1 – 4 канала) 600 (5 канал)
Режим работы	Непосредственная передача. Запоминание информации	

20.04.88 г. Это был последний пуск КА «Ресурс-О1» РН «Восток». КА был выведен на солнечно-синхронную орбиту с параметрами:

- начальный период обращения 97,6 мин;

- максимальное расстояние от поверхности Земли (в апогее) 678 км;
- минимальное расстояние от поверхности Земли (в перигее) 620 км;
- наклонение орбиты 98 град.

Основной задачей запуска явилось получение оперативной информации с помощью комплекса оптико-механической (МСУ-СК) и оптико-электронной (МСУ-Э) сканирующей аппаратуры с целью исследования природных ресурсов Земли в интересах различных отраслей народного хозяйства страны и международного сотрудничества.

Основные характеристики научно-информационной аппаратуры КА «Ресурс-О1» № 2 приведены в табл. 2.

Информация, полученная с КА «Ресурс-О1» № 2, предназначалась для многих народнохозяйственных отраслей страны.

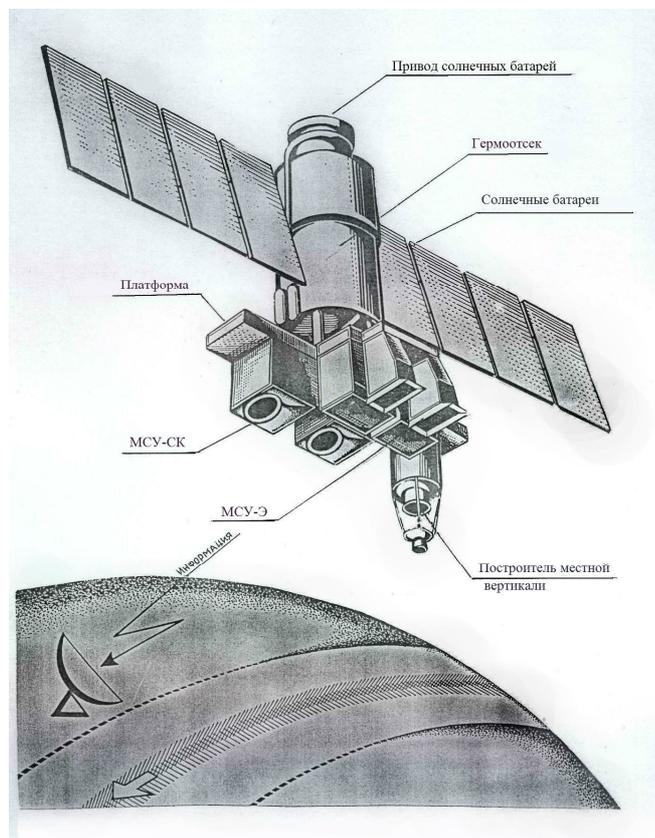


Рис. 2. КА «Ресурс-О1» № 2

Наиболее эффективно она использовалась:

- в сельском хозяйстве – для определения состояния посевов, структуры и влажности почвы, прогнозирования урожая, регистрации сельскохозяйственных угодий;
- в геологии – для составления космогеологических карт;

– в лесном хозяйстве – для обеспечения кругло-суточного дозора по охране лесов от пожаров, картирования лесов;

– в метеорологии – для составления краткосрочных и долгосрочных прогнозов погоды, изучения воздушного бассейна над промышленными центрами;

– в мелиорации – для изучения состояния водохранилищ и рек.

Один космический аппарат обеспечивал получение в течение суток 6 – 8 многоспектральных изображений Земли в режиме непосредственной передачи вдоль маршрута протяжённостью 4 – 5 тыс. км.

Экономическая эффективность использования космических снимков для народного хозяйства до-

стигала за один год нескольких десятков миллионов рублей (в ценах конца 80-х годов).

Литература

1. Трифонов Ю. В. Искусственные спутники Земли «Метеор» и «Метеор-Природа» // Природа Земли из космоса. – Л.: Гидрометеиздат, 1984.
2. Горбунов А. В. Космическая система «Ресурс-О1» // Труды ВНИИЭМ. Проблема создания и эксплуатации космических аппаратов оперативного наблюдения Земли. – 1999. – Т. 99. – С. 5 – 17.
3. Получение и использование спутниковых данных о природных ресурсах Земли и окружающей среде // Труды НИЦИПР. – СПб.: Гидрометеиздат, 1999. – Вып. 45.

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»).

SPACE SUB-SYSTEM RESOURCE-O1 for EARTH RESOURTHES OBSERVATION, SATELLITES RESOURCE-O1 №1 and RESOURCE-O1 №2

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

In the article, Earth resources observation (ERO) Space Sub-System 'Resource-01' is described and improvement directions are presented. ERO Space Sub-System Resource-01 actual practice operation which included consequent operation of Satellites Resource-OE, Resource-01 №1 & Resource-01 №2, lasted 14 years, whereas average lifetime of a Satellite can be not more than 5 years. Satellite Resource-01 №1 was launched into the 1200 km altitude circular orbit on 03th October, 1985. Launch mission was to obtain on-line information with the help of the system of optomechanical (medium-resolution multichannel scanner) and optoelectronic (high-resolution multichannel scanner) scanning hardware, for the benefits of the national economy and international co-operation. The article presents main specifications of the scientific information hardware. Next Satellite of this series (i.e. Resource-01 №2) was launched into orbit on 20th April, 1988. Information received by Resource-01 №2 Satellite is used in many branches of national economy. Satellite Resource-01 №2 was operated approximately 6 years, whereas it is designed for 2 years lifetime. In the article specifications for scientific information hardware of this Satellite are presented.

Key words: remote sensing, space sub-system, Earth resources observation, Satellite, scanners, digital information, multispectral information, receiving stations, scientific information equipment.

List of References

1. Trifonov Yu. V. Earth satellites Meteor and Meteor-Priroda: Earth Nature Observed from Space. – Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1984.
2. Gorbunov A. V. Space System Resource-01 // VNIIEМ Issues: Issues of design and operation of Satellites for Earth real-time observation. – 1999. – Vol. 99. – Pp. 5 – 17.
3. Obtaining and applications of Satellite Data on Earth Natural Resources and Environment // Proceedings of Research Center for Operative Monitoring. – St.-Petersburg: Gidrometeoizdat Publ., 1999. – Issue 45.

Leonid Alexeevich Makridenko, Doctor of Engineering Science, Director General, tel. (495)365-56-10.

Sergey Nicolaevich Volkov, Doctor of Engineering Science, First Deputy Director General, tel. (495)366-42-56.

Alexandr Victorovich Gorbunov, Ph.D. in Engineering Science., Deputy Director General, tel. (495)623-41-81.

Vladimir Pavlovich Khodnenko, Doctor of Engineering Science, Chief Research Scientist, tel. (495)624-94-98.

E-mail: vniiem@orc.ru.

(‘VNIIEМ Corporation’ JC).