

НАЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС ПРИЁМА, ОБРАБОТКИ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ «КАНОПУС-В»

В.А. Кровотынцев, С.А. Успенский, А.Н. Семериков, М.С. Леонов

Приведён состав наземных комплексов приёма, обработки, архивации и распространения информации КА «Канопус-В» Роскосмоса и Росгидромета. Представлены принципы работы и особенности аппаратно-программных средств комплексов, осуществляющих: планирование целевого применения КА на основе баллистических данных, заявок потребителей на информацию ДЗЗ и текущих метеопрогнозов; приём и регистрацию космической информации; обработку данных ДЗЗ, включая первичную обработку информации, анализ и оценку качества информации, каталогизацию данных ДЗЗ; описание результатов стандартной обработки информации ДЗЗ; тематическую обработку данных ДЗЗ; архивирование данных ДЗЗ; взаимодействие с потребителями и распространение данных ДЗЗ. Приводятся данные по тактико-техническим характеристикам комплексов приёма информации КА, скоростям, объёмам принимаемой информации, модуляции радиосигналов и др.

Ключевые слова: космический аппарат, обработка данных, дистанционное зондирование, комплекс приёма информации.

Введение

22 июля 2012 г. с космодрома Байконур состоялся запуск космического аппарата (КА) оперативного мониторинга техногенных и природных чрезвычайных ситуаций «Канопус-В». Одновременно с ним (с помощью той же ракеты-носителя) был запущен белорусский космический аппарат (БКА), имеющий идентичные тактико-технические характеристики с КА «Канопус-В».

КА «Канопус-В» создан АО «Корпорация «ВНИИЭМ» по заказу Роскосмоса, Росгидромета и других министерств и ведомств в рамках реализации Федеральной космической программы на 2006 – 2015 гг. Этот КА нового поколения общей массой всего 465 кг стал первым в России спутником для высокодетального дистанционного зондирования Земли с максимальным разрешением 2,1 м в панхроматическом и 10,5 м в мультиспектральном режиме [1].

КА «Канопус-В» успешно прошёл лётные испытания и 30 октября 2012 г. был принят в эксплуатацию.

КА серии «Канопус» предназначены для решения многих задач мониторинга окружающей среды в интересах различных отраслей хозяйственной деятельности нашей страны:

- мониторинга техногенных и природных чрезвычайных ситуаций, в том числе стихийных гидрометеорологических явлений;
- картографирования;
- обнаружения очагов лесных пожаров и гарей;
- контроля крупных выбросов загрязняющих веществ в природную среду;
- мониторинга сельскохозяйственной деятельности;
- землепользования;
- оперативного наблюдения заданных районов земной поверхности и др.

Информация с КА «Канопус-В» передаётся на наземные комплексы приёма, обработки и распространения спутниковых данных Росгидромета и Роскосмоса, обеспечивая получение спутниковых данных по всей территории России в режиме, близком к реальному времени. Кроме того, КА позволяет регистрировать данные дистанционных измерений в режиме записи на бортовое устройство с последующей передачей информации на приёмные комплексы региональных спутниковых центров, обеспечивая, таким образом, получение спутниковых данных по всему земному шару.

Назначение наземного комплекса приёма, обработки и распространения информации «Канопус-В»

НКПОР-К обеспечивает целевое использование информации, включая планирование работ КА, приём и регистрацию космической информации, первичную и тематическую обработку данных ДЗЗ, каталогизацию и архивацию спутниковой информации, а также выдачу потребителям спутниковой информационной продукции. Планирование работы съёмочной аппаратуры КА осуществляется в соответствии с заявками потребителей на получение информации ДЗЗ. Потребителями информации являются организации Росгидромета, МЧС России, Минприроды России, Минобороны России, Росреестра, Российской академии наук, Национальной академии наук Республики Беларусь (НАН Беларуси) и др.

Приём, обработка и распространение информации с КА «Канопус-В» выполняется центрами Роскосмоса, Росгидромета, НАН Беларуси, а также может осуществляться центрами других министерств и ведомств после соответствующей доработки их программно-аппаратных средств приёма и обработки. В настоящее время решена задача

приёма информации с КА «Канопус-В» в подразделениях МЧС России.

НАН Беларуси обеспечивает приём и обработку информации КА «Канопус-В» в рамках соответствующего соглашения по эксплуатации совместной российско-белорусской космической системы ДЗЗ из двух аналогичных КА «Канопус-В» №1 и БКА [2]. В свою очередь НКПОР-К принимает и обрабатывает информацию БКА, снятую по территории Российской Федерации.

Дальнейшее наращивание оперативной космической группировки «Канопус-В» до шести КА, предусмотренное Федеральной космической программой России на 2016 – 2025 гг., позволит полностью избавиться от зависимости от информации с аналогичных зарубежных спутников.

НКПОР Роскосмоса. Состав и назначение

Наземный комплекс планирования получения, приёма, обработки и распространения информации КК «Канопус-В» (НКПОР-К/ОМЗ), созданный в НЦ ОМЗ АО «Российские космические системы», предназначен для обеспечения выполнения функциональных задач Оператора КК «Канопус-В», в том числе сбора заявок на материалы дистанционного зондирования, планирования целевого применения КА, приёма, обработки, архивации, каталогизации и распространения информации с КА «Канопус-В».

НКПОР-К/ОМЗ входит в структуру НКПОР Роскосмоса и включает:

1. Автоматизированную систему управления применением орбитальной группировки (ОГ) КА ДЗЗ (АСУ ЦП) в составе:

- комплекса информационного обеспечения процессов планирования целевого применения ОГ КА ДЗЗ баллистическими данными, результатами текущих метеопрогнозов, экспонетрическими данными и обеспечивающего информационный обмен с внешними потребителями;

- комплекса координации целевого применения ОГ КА ДЗЗ и управления сетью НКПОР.

2. Комплекс оперативного (текущего) планирования.

3. Комплекс приёма и регистрации космической информации.

4. Многофункциональный комплекс обработки космической информации.

5. Комплекс архивации и ведения архива космической информации.

6. Комплекс тематической обработки космической информации.

7. Средства связи и передачи данных.

8. Комплекс средств вычислительной сети.

Технические и программно-аппаратные средства НКПОР-К/ОМЗ обеспечивают:

- информационное взаимодействие с потребителями информации ДЗЗ;

- долгосрочное и текущее планирование целевого применения КА;

- обмен информацией с ЦУП КА, региональными и ведомственными центрами (пунктами) приёма информации, поставленными на абонентское информационное обслуживание у Оператора КК «Канопус-В»;

- приём и регистрацию данных ДЗЗ, поступающих с КА;

- восстановление пространственно-временной структуры данных ДЗЗ и их первичную цифровую обработку;

- автоматизированный анализ и оценку качества принимаемых с борта КА данных ДЗЗ;

- каталогизацию принятых данных ДЗЗ и ведение электронного каталога;

- архивирование, оперативное и долгосрочное хранение данных ДЗЗ;

- стандартную цифровую обработку данных ДЗЗ;

- тематическую обработку данных ДЗЗ;

- конвертацию данных электронного каталога для включения в Генеральный каталог.

Планирование работы целевой аппаратуры КА «Канопус-В»

Процесс планирования работы целевой аппаратуры КА «Канопус-В» включает долгосрочное и текущее планирование и осуществляется на основе заявок потребителей данных ДЗЗ: МЧС, Министерства природных ресурсов и экологии РФ, Росгидромета, РАН, других министерств и ведомств, российских и зарубежных организаций.

НЦ ОМЗ АО «Российские космические системы» как оператор КК «Канопус-В» формирует план космических съёмок на очередной год. В течение года заявки могут уточняться ежеквартально или по мере необходимости с внесением изменений в план космических съёмок.

Заявки на информацию ДЗЗ от потребителей (заказчиков) по сети Интернет (включая электронную почту) или по факсу поступают на комплекс взаимодействия с потребителями, где производится их учёт, формализация и оценка реализуемости, исходя из баллистических и технических возможностей КА.

На основе поступивших заявок на информацию ДЗЗ с учётом баллистических данных и результатов текущих метеопрогнозов осуществляется:

- моделирование съёмки заданных районов на период до 180 суток и долгосрочное планирование космической съёмки в интервале до 30 суток с учётом важности объектов и районов, состояния КА и НКПОР, результатов ранее проведённых съёмок;
- формирование единого оперативного каталога объектов и районов съёмки для текущего (оперативного) планирования;
- текущее планирование работы целевой аппаратуры (ЦА).

Долгосрочное планирование осуществляется с использованием комплексов программно-технических средств из состава АСУ ЦП.

На этапе долгосрочного планирования осуществляется распределение приоритетов съёмки районов, заданных в плане космических съёмок на очередной год, а также распределение информационного ресурса КА для различных потребителей данных ДЗЗ в зависимости от приоритетов стоящих задач.

Текущее планирование работы ЦА осуществляется комплексом оперативного (текущего) планирования (КТП-К). Разработка плана работы ЦА выполняется на основе каталога объектов и районов съёмки, формируемого ежедневно.

КТП-К предназначен для текущего планирования работы ЦА, а также формирования исходных данных для работы наземных средств приёма и обработки информации. КТП-К обеспечивает:

- текущее (на интервале до 1,5 суток) планирование работы бортовой ЦА;
- кодирование и подготовку к выдаче в ЦУП КА до двух рабочих программ ЦА (РП ЦА) в сутки в соответствии с технологическими графиками управления;
- формирование и подготовку к передаче в комплекс приёма и регистрации КИ и на ППИ исходных данных на проведение сеансов связи и обработки информации ДЗЗ (планов сеансов приёма, ПСП);
- накопление и статистическую обработку данных по планируемым маршрутам съёмки и сеансам связи.

Исходными данными для планирования работы ЦА являются:

- баллистические и другие технологические данные, поступающие из ЦУП КА;

– данные по экспонетрическим характеристикам (коэффициентам яркости) подстилающей поверхности;

– данные по облачности в районах съёмки, полученные из комплекса разработки текущих метеопрогнозов.

Сформированные в процессе текущего планирования рабочие программы ЦА передаются в ЦУП для включения их в рабочую программу (РП) совместно с программой работы обеспечивающей аппаратуры КА. Далее единая РП закладывается на борт КА в сеансе связи с ним.

После формирования и передачи в ЦУП рабочей программы оператор РМ управления планированием из состава комплекса текущего планирования осуществляет расчёт плана сеансов приёма (ПСП) информации с борта КА на наземные приёмные комплексы, который передаётся на комплекс приёма и регистрации НКПОР-К/ОМЗ и в центры (пункты) приёма информации для подготовки и проведения сеансов связи с КА.

Приём и регистрация космической информации с КА «Канопус-В» № 1 В НКПОР-К/ОМЗ

Комплекс приёма и регистрации космической информации НКПОР-К/ОМЗ функционирует в НЦ ОМЗ АО «Российские космические системы», обеспечивает получение информации с борта КА и передачу её в многофункциональный комплекс обработки (МКО-К).

Комплекс состоит из приёмного комплекса ПК-7 (основной), приёмного комплекса ПК-5 (резервный), системы управления приёмными комплексами (СУП К) и системы временного хранения информации (СВХИ-К). Привлекаются также приёмные комплексы ПК-9 ГКНПЦ имени М.В. Хруничева (г. Москва) и пункт приёма информации (г. Железногорск).

Приёмные комплексы включают в себя: антенные системы, приёмные тракты (аппаратные средства приёма, демодуляции и декодирования сигнала), программно-аппаратные средства управления антенной системой, управления приёмным трактом, регистрации на магнитные носители, взаимодействия с внешними комплексами по получению исходных данных для проведения сеанса приёма и передачи ЦИ на обработку.

Комплекс приёма и регистрации космической информации выполняет следующие функции:

- от АСУ ЦП исходных данных для проведения сеансов приёма информации с КА «Канопус-В» № 1:

начальных условий (НУ) движения центра масс КА и ПСП с расписанием и режимами работы КА;

– приём, декодирование и регистрацию информации КА «Канопус-В» № 1 по двум радиоканалам одновременно (8,128 и 8,320 ГГц);

– оценку качества приёма информации;

– временное хранение принятой информации (не менее 3 суток) и передачу данных в многофункциональный комплекс обработки (МКО-К).

Приём целевой информации КА «Канопус-В» № 1 производится четыре раза в сутки с двух восходящих и двух нисходящих витков с суточным объёмом данных до 110 Гбайт. Приём обеспечивается в следующих режимах передачи ЦИ: НП1 (скорость передачи информации 61,44 Мбит/с при модуляции ОФМ) и НП2 (скорость передачи информации 122,88 Мбит/с при модуляции ДОФМ), а также в режимах передачи тестовой информации: ПТИ1 (скорость передачи информации 61,44 Мбит/с) и ПТИ2 (скорость передачи информации 122,88 Мбит/с). Регистрация информации осуществляется в темпе приёма.

Система управления приёмными комплексами (СУПК) предназначена для обеспечения автоматического оптимального использования приёмных комплексов. СУПК обеспечивает передачу исходных данных на приёмные комплексы ПК-9, ПК-7 и ПК-5 и распределяет сеансы на основании приоритета принимаемой информации, технических возможностей приёмных комплексов и их текущего состояния, а также при необходимости обеспечивает резервирование и дублирование приёма информации.

Обработка данных ДЗЗ КА «Канопус-В» в НКПОР-К/ОМЗ

Обработка данных ДЗЗ КА «Канопус-В» № 1 в НКПОР-К/ОМЗ осуществляется программно-аппаратными средствами многофункционального комплекса обработки космической информации (МКО-К) и комплекса тематической обработки космической информации (КТО).

МКО-К обеспечивает:

– первичную обработку и визуализацию принятой с борта КА «Канопус-В» № 1 КИ;

– анализ и оценку качества информации;

– каталогизацию и ведение электронного каталога;

– обработку КИ до стандартных уровней (стандартную обработку) и формирование выходных продуктов.

Первичная обработка данных ДЗЗ заключается в распаковке данных, получаемых с борта КА, выделении из входного потока массивов видеoinформации и служебной информации, восстановлении видеoinформации и формировании метаданных на маршруты съёмки, геопривязке структурно восстановленных маршрутов по орбитальным данным и информировании комплекса текущего планирования о результатах отработки программ включения ЦА через базу данных планирования.

Анализ и оценка качества данных ДЗЗ выполняются с целью определения показателей качества и характеристик, которые используются в процессе дальнейшей обработки данных и управления КА «Канопус-В».

Программный комплекс анализа и оценки качества информации обеспечивает:

– автоматизированный анализ целевой и служебной информации;

– формирование коэффициентов радиометрической коррекции и коэффициентов пересчёта яркостей пикселей в значения энергетической яркости;

– занесение полученных параметров качества информации в файл метаданных;

– оценку точности геопривязки;

– оценку фактического значения линейного разрешения.

Каталогизация данных ДЗЗ проводится с целью обеспечения возможности поиска и подбора по заданным параметрам необходимой информации, хранящейся в архиве.

В ходе каталогизации данных ДЗЗ с КА выполняются следующие операции:

– разделение сформированного непрерывного маршрута съёмки на последовательность равновеликих условных кадров;

– геопривязка угловых точек условных кадров;

– оценка процента облачного покрова;

– формирование «квик-луков» (обзорных изображений);

– занесение в базу данных электронного каталога метаданных маршрута и «квик-луков».

После завершения каталогизации её результаты размещаются в Генеральном каталоге на интернет-сайте НЦ ОМЗ (<http://www.ntsomz.ru>).

Результатом стандартной обработки является следующая продукция:

– цифровое изображение в пределах одного маршрута съёмки, полученное в результате структурного восстановления и устранения радиометрических искажений без прецизионной сшивки меж-

ду микрокадрами (для ПСС) и без цветосинтеза (для МСС);

– цифровое изображение в пределах одного маршрута съёмки после выполнения синтеза спектронального изображения без трансформирования (для МСС);

– цифровое изображение в пределах одного маршрута съёмки после выполнения синтеза спектронального изображения (для МСС), геометрических преобразований в заданную картографическую проекцию по орбитальным или опорным геодезическим данным и прецизионной сшивки между микрокадрами.

Кроме того, в ходе стандартной обработки производится подготовка данных для ввода в Геопортал Роскосмоса (<http://geoport.ntsomz.ru>).

Тематическая обработка данных ДЗЗ имеет своей целью создание информационных продуктов высокого уровня обработки для решения следующих задач:

– мониторинга техногенных и природных чрезвычайных ситуаций по результатам оперативного наблюдения поверхности Земли с целью оценки последствий стихийных бедствий, аварий, катастроф и планирования мероприятий по их ликвидации;

– мониторинга стихийных гидрометеорологических явлений;

– обнаружения лесных и степных пожаров;

– обнаружения крупных выбросов загрязняющих веществ в природную среду;

– мониторинга сельскохозяйственной деятельности, природных (в том числе водных и прибрежных) ресурсов, землепользования.

На основе данных, полученных в результате тематической обработки, могут создаваться геоинформационные системы различного назначения (ГИС).

ГИС содержит базовую ландшафтно-картографическую основу и тематические слои, полученные вследствие обработки данных ДЗЗ либо являющиеся результатом наземных наблюдений. Пользователь имеет возможность самостоятельно вносить изменения в тематические слои в зависимости от изменения ситуации.

Результат тематической обработки формируется в цифровом формате геопространственных данных или в одном из стандартных графических форматов, а также на бумажных носителях и передаётся в комплекс взаимодействия с потребителями для выдачи заказчику.

Специализированное ПО комплекса тематической обработки позволяет в процессе обработки интегрировать три основные компоненты ин-

формационного обеспечения решения тематических задач:

– спутниковые данные;

– опорные наземные данные (географические, экономические, топографические, биолого-почвенные и другие, представленные в виде цифровых моделей местности, тематических карт, таблиц, физико-математических моделей, экспертных оценок);

– требования потребителей к выходным продуктам.

Архивирование данных ДЗЗ с КА «Канопус-В»

Архивирование данных ДЗЗ с КА «Канопус-В» проводится с целью обеспечения их хранения в оперативном и долговременном архивах Оператора КК «Канопус-В» для их последующего использования в интересах потребителей. Оперативный архив обеспечивает хранение данных ДЗЗ в течение не менее 48 суток после её получения, а архив долговременного хранения – не менее 10 лет. Одновременно аппаратно-программные средства комплекса архивации и ведения архива космической информации НКПОР-К/ОМЗ обеспечивают круглосуточный доступ к данным, хранящимся на средствах оперативного и долговременного хранения.

Комплекс архивации и ведения архива космической информации НКПОР-К/ОМЗ (АРХИВ-К) решает следующие задачи:

– формирование базы данных архива изображений, информации сопровождения (паспорта) и другого информационного материала;

– ведение базы данных архива космических изображений и метаданных с указанием актуального местоположения файлов;

– ведение архивов оперативного и долговременного хранения информации;

– автоматизированное управление средствами оперативного и долговременного хранения;

– автоматизированное предоставление отчётов по основным функциям (в том числе учёт обращений к носителю, количеству считываний с носителя и т. п.);

– хранение в течение не менее 48 суток информации, поступившей в буферный раздел сервера архивирования;

– архивирование файлов, поступивших от комплексов НКПОР-К/ОМЗ для долговременного хранения;

– независимое выполнение операции планового архивирования потока космической информации и

операции восстановления файлов с носителей цифровых данных для передачи на дальнейшую обработку;

– ведение базы запросов и заявок, операций по исполнению запросов и заявок;

– восстановление рабочих копий носителей цифровых данных по страховым копиям;

– ведение базы обращений к носителям цифровых данных;

– автоматизированная миграция файлов между оперативным и долговременным архивом;

– протоколирование заявок, операций по исполнению заявок по восстановлению информации из архива;

– резервное копирование ключевых системных областей и базы данных серверов архива;

– круглосуточное функционирование комплекса.

Архивирование данных ДЗЗ для оперативного хранения ведётся путём их записи на ЖМД сервера архива.

Архивирование данных ДЗЗ для долговременного хранения осуществляется путём их записи на магнитные ленты, которые затем хранятся в архиве долговременного хранения в установленном порядке.

Взаимодействие с потребителями и распространение данных ДЗЗ с КА «Канопус-В»

Основной задачей взаимодействия с потребителями данных ДЗЗ является обеспечение эффективности информационного обмена в процессах «сообщение о возможностях КА – обращение потребителей и подбор данных – согласование параметров и условий предоставления информационных услуг – предоставление пользовательских услуг при работе с удалённых терминалов и на рабочих местах НЦ ОМЗ ОАО «Российские космические системы» – представление выходных информационных продуктов».

Особенностью комплекса взаимодействия с потребителями (КВП) является инфраструктурная и аппаратно-программная интеграция технологий и элементов КВП от приёма заявки до планирования космической съёмки, контроля приёма данных ДЗЗ по заявке, организации и контроля хода подготовки информационных продуктов, представления Заказчику информационных продуктов.

Основными функциями операторов КВП являются:

– получение заявок потребителей и изготовление информационной продукции, ведение договоров, сопровождение и контроль хода выполнения заявок;

– ведение баз данных потребителей, заявок, запросов;

– формирование и передача на комплекс планирования заданий на новую съёмку;

– поиск и подбор космической информации по заявкам потребителей в электронном каталоге, оперативном архиве и архиве долговременного хранения;

– формирование по заявкам потребителей заданий на разработку информационной продукции и передачу заданий на комплексы создания стандартных информационных продуктов и тематической обработки;

– получение из комплексов обработки информационной продукции в соответствии с заданиями, её контроль, демонстрация и согласование с потребителями;

– выдача информационной продукции заказчикам на магнитооптических или бумажных носителях и по электронным каналам связи.

Выполнение заявок на получение данных ДЗЗ и продукции, разрабатываемой на их основе, может осуществляться с использованием оперативных и архивных материалов съёмок, если они соответствуют требованиям заказчика (потребителя данных ДЗЗ).

Поставка материалов космической съёмки с КА «Канопус-В» № 1 потребителям осуществляется на основе заявок. Форма заявки представлена на сайте НЦ ОМЗ или может быть предоставлена по запросу пользователя.

Приём заявок и запросов на информацию ДЗЗ осуществляется с помощью различных коммуникационных средств (почта: 127490, Москва, ул. Декабристов, вл. 51, стр. 25; телефон (495)925-04-19; факс (499)204-77-45; e-mail: ntsomz@ ntsomz.ru; Интернет, Генеральный каталог НЦ ОМЗ сайта <http://www.ntsomz.ru>; Геопортал Роскосмоса: <http://geoportal.ntsomz.ru> и др.).

Параметры заявок и выходных информационных продуктов согласовываются в ходе оперативного информационного взаимодействия специалиста КВП и представителя заказчика данных ДЗЗ.

Далее происходит согласование и формализация заявок, т. е. подготовка и регистрация всех параметров, необходимых для выполнения заказа в соответствии с наличием исходных материалов, возможностей по обработке и установленными правилами. Эта задача решается сотрудниками КВП в процессе взаимного уточнения параметров заказа с участием потребителя (с помощью различных средств коммуникации – телефон,

факс, e-mail), а также с привлечением информации из базы данных и основного каталога. Согласование заказа включает в себя также процедуры по составлению и заключению необходимых договоров (контрактов).

После ввода в базу данных формализованной заявки на получение данных ДЗЗ, необходимой информации по заказчику, объектам и районам интереса выполняется анализ содержимого архива на наличие материала ДЗЗ, отбора подходящих материалов, а также задание (при необходимости) дополнительных условий и параметров съёмки и обработки.

Передача готовой продукции потребителю выполняется по протоколу FTP (размещение на FTP-сервере) или путём записи на магнитные или оптические носители (CD, DVD-ROM и т. д.) с дальнейшей передачей потребителю по почте или иным согласованным способом. При необходимости каждому заказчику может быть предоставлена схема, отражающая покрытие района интереса материалами космической съёмки, обзорные («квик-луки») изображения и интересующий статистический материал.

Потребителям по их заявкам могут передаваться данные ДЗЗ в следующем виде:

- данные в составе файл-потока (при её приёме непосредственно с борта КА в центр или на пункт приёма потребителя);
- цифровое изображение в пределах одного маршрута съёмки, полученное в результате структурного восстановления и устранения радиометрических искажений без прецизионной сшивки между микрокадрами (для ПСС) и без цветосинтеза (для МСС);
- цифровое изображение в пределах одного маршрута съёмки после выполнения синтеза спектронального изображения без трансформирования (для МСС);
- цифровое изображение в пределах одного маршрута съёмки после выполнения синтеза спектронального изображения (для МСС), геометрических преобразований в заданную картографическую проекцию по орбитальным или опорным геодезическим данным и прецизионной сшивки между микрокадрами.

По заявкам потребителей могут разрабатываться и передаваться следующие продукты высшего уровня обработки данных ДЗЗ:

- ортофотопланы на заданные территории;
- фотокарты местности;
- тематически обработанные и классифицированные изображения местности в зависимости от

требований, предъявляемых потребителями, или в соответствии с требованиями и нормативными документами, действующими в различных отраслях и ведомствах;

- цифровые карты местности (вновь создаваемые или обновляемые) масштаба 1:25 000 с разделением информации по отдельным тематическим слоям;

- геоинформационные системы по регионам или по различным тематическим направлениям.

Виды данных ДЗЗ и изготавливаемых на их основе информационных продуктов, которые передаются потребителям, способы их передачи определяются соглашениями, договорами или контрактами. Передача данных ДЗЗ и информационных продуктов, изготавливаемых на их основе, иностранным потребителям осуществляется в соответствии с заключёнными контрактами в порядке, установленном российским законодательством.

Потребителям данных ДЗЗ с КА «Канопус-В» могут оказываться следующие дополнительные услуги:

- предоставление перечня услуг по информационному обеспечению, сведений о порядке и условиях доступа к информационным ресурсам;
- выполнение пилотных проектов для решения различных социально-экономических и научных задач с использованием данных ДЗЗ;
- обеспечение пользователей технологиями обработки данных с КА;
- консультации и обучение по применению данных с КА для решения различных социально-экономических и научных задач.

Возможности комплекса тематической обработки космической информации, поступающей с ЦА КА «Канопус-В»

Комплекс тематической обработки информации (КТОИ-К) является составной частью наземного комплекса планирования, приёма, обработки и распространения информации космического комплекса «Канопус-В» (НКПОР-К) и представляет собой совокупность взаимосвязанных программно-технических средств, предназначенных для решения следующих задач:

- высокоточная геопространственная привязка изображений с использованием опорных точек местности и трансформирование изображений в заданную потребителем картографическую проекцию;
- создание ортофотопланов;
- построение цифровой модели местности (ЦММ);

- создание и обновление топографических карт;
- решение различных тематических задач по анализу состояния окружающей среды, природных и техногенных объектов;
- создание тематических ГИС.

Результат тематической обработки формируется в цифровом формате геопространственных данных или в одном из стандартных графических форматов, а также на бумажных носителях и передаётся в комплекс взаимодействия с потребителями для выдачи заказчику.

Решение основных задач тематической обработки космической информации осуществляется на рабочих местах комплекса КТОИ-К с использованием следующих специализированных программных комплексов (ПК) ГИС:

1. ГИС-приложение ESRI ArcGIS (версия ArcEditor) обеспечивает средства для создания карт: ввод, редактирование и преобразование исходных спутниковых и дополнительных данных. Используемая конфигурация ПК включает дополнительные модули: ArcGIS Data Interoperability (конвертирование пространственных данных более чем в 70 форматах), ArcGIS 3D Analyst (трёхмерное моделирование и анализ данных), Maplex для ArcGIS.

2. ГИС-приложение Bentley MicroStation предназначено для решения задач картографирования.

3. ГИС-приложение Easy Trace Pro является универсальным векторизатором.

4. ГИС-приложение ENVI в комплекте с модулем DEM обеспечивает визуализацию и обработку данных ДЗЗ, включая обработку и анализ мультиспектральных изображений; исправление геометрических и радиометрических искажений; интерактивное улучшение изображений; пространственную привязку изображений; трёхмерную визуализацию; интерактивное дешифрирование и классификацию; анализ растительности с использованием индексов NDVI. Открытая архитектура ENVI позволяет пользователю с помощью языка программирования IDL (Interactive Data Language) создавать собственные алгоритмы обработки данных.

5. Программный комплекс для обработки данных ДЗЗ ERDAS IMAGINE Professional включает многоуровневые и современные средства цифровой фотограмметрии; анализ геопространственных данных с системой распознавания объектов и их классификации на основе экспертных систем; средства программирования (наращивание функций обработки с помощью DLL). Программный

комплекс дополнен модулями: IMAGINE AutoSync, IMAGINE DeltaCue.

6. Графический редактор CorelDRAW, являющийся графическим средством для улучшения потребительских свойств продуктов обработки и окончательного оформления продукции.

7. Графический редактор Adobe Photoshop, являющийся графическим средством для улучшения потребительских свойств продуктов обработки и окончательного оформления продукции.

Особо надо отметить, что данные, полученные с КА «Канопус-В», обеспечат решение задач картографирования в масштабах 1:25000 – 1:200000. Ранее в отечественном ДЗЗ аналогов съёмочной аппаратуры КА «Канопус-В» не было.

Тематическая обработка данных КА «Канопус-В» для выполнения отдельных тематических пилотных проектов и обеспечения заявок потребителей осуществляется на рабочих местах комплекса КТОИ-К в среде вышеперечисленных программных комплексов.

Специализированное ПО комплекса позволяет в процессе обработки интегрировать три основные компоненты информационного обеспечения решения тематических задач:

- спутниковые данные;
- опорные наземные данные (географические, экономические, топографические, биологические и др., представленные в виде цифровых моделей местности, карт, таблиц, физико-математических моделей, экспертных оценок);
- требования потребителей к выходным продуктам.

Тематическая обработка данных КА «Канопус-В» на комплексе КТОИ-К выполняется в интересах заказчиков в соответствии с требованиями потребителей и содержанием тематической обработки.

Выполнение заявки на тематическую обработку начинается с поиска и выбора данных ДЗЗ в интерактивном режиме по электронному каталогу в соответствии с заданными потребителем критериями (координаты изучаемой территории или объекта, дата и время съёмки, процент облачности и т. п.). По обзорным изображениям (Quicklooks), выставленным в каталоге, оценивается возможность решения задач и качество используемых данных.

Непосредственно тематической обработке предшествует предварительная обработка выбранных исходных данных (калибровка, радиометрическая коррекция, геокодирование и др.), которая осуществляется на основе заказа на её выполнение

средствами стандартной обработки данного комплекса.

Затем предварительно обработанные данные поступают в согласованные форматы (TIF, GeoTIF, JPEG, IMG, BIL и т. п.) на комплекс КТОИ-К, где средствами ПК ERDAS IMAGINE выполняются процедуры геопривязки и ортотрансформирования.

Посредством ГИС-приложений Easy Trace и Bentley MicroStation проводится векторизация объектов местности для создания векторных слоёв.

Подготовка выходных информационных продуктов выполняется с помощью программного комплекса ArcGIS и графических редакторов Adobe Photoshop и CorelDRAW.

Готовые выходные тематические и топографические карты на электронных носителях или по локальной сети передаются на комплект КВП для дальнейшей передачи потребителям. При необходимости продукты тематической обработки выводятся на печать средствами КТОИ-К.

НКПОР Росгидромета. Состав и назначение

Наземный комплекс приёма, обработки и распространения информации КК «Канопус-В» (НКПОР-К) Росгидромета предназначен для обеспечения подразделений Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, МПР, соответствующих служб ВС РФ, МЧС, а также других ведомств и организаций оперативной спутниковой информацией для решения следующих основных задач:

- картирования ледовой обстановки на морях, реках, озёрах и водохранилищах;
- анализа и контроля состояния снежного покрова;
- мониторинга техногенных и природных чрезвычайных ситуаций;
- обнаружения очагов лесных пожаров;
- обнаружения крупных выбросов загрязняющих веществ в природную среду;
- мониторинга сельскохозяйственной деятельности и природных (в том числе водных и прибрежных) ресурсов;
- мониторинга состояния земельного фонда;
- мониторинга стихийных гидрометеорологических явлений;
- оперативного наблюдения заданных районов земной поверхности.

НКПОР-К Росгидромета, обеспечивающий работу с КА «Канопус-В», представляет собой территориально-распределённую систему (функционирующую как единая информационная система) и включает в свой состав Европейский (гг. Москва –

Обнинск – Долгопрудный), Сибирский (г. Новосибирск) и Дальневосточный (г. Хабаровск) центры ФГБУ «НИЦ «Планета».

Указанные центры образуют распределённую вычислительную сеть. Зоны радиовидимости КА «Канопус-В» средствами НКПОР-К Росгидромета перекрывают территорию России и ближнего зарубежья.

Составные части НКПОР-К Росгидромета оснащены техническими и программными средствами, обеспечивающими приём, обработку, архивирование и распространение данных КК «Канопус-В». При этом комплектность технических и программных средств определяется функциональным назначением каждого конкретного пункта приёма и обработки информации.

Европейский центр ФГБУ «НИЦ «Планета» (г. Обнинск) оснащён:

- модернизированным аппаратно-программным комплексом ПРИ-ПМ, работающим совместно с антенной системой ТНА-57Р, для приёма данных в СМ-диапазоне частот со скоростью до $2 \times 122,8$ Мбит/с;
- подсистемой оперативной регистрации, предварительной обработки и передачи данных в ФГБУ «НИЦ «Планета» (г. Москва).

Европейский центр ФГБУ «НИЦ «Планета» (г. Долгопрудный) оснащён:

- приёмным комплексом ПК-9 для приёма данных в СМ-диапазоне частот со скоростью до 2×160 Мбит/с;
- аппаратно-программными средствами оперативной регистрации и передачи данных в ФГБУ «НИЦ «Планета» (г. Москва).

ФГБУ «НИЦ «Планета» (г. Москва) оснащено:

- аппаратно-программным комплексом регистрации данных, поступающих по каналам связи из подразделений ФГБУ «НИЦ «Планета» в г. Долгопрудном и г. Обнинске, а также из г. Новосибирск и г. Хабаровск;
- аппаратно-программными комплексами, осуществляющими первичную и тематическую обработку принимаемых данных;
- аппаратно-программным комплексом оперативной и долговременной архивации, а также каталогизации всех видов информации;
- аппаратно-программным комплексом распространения информации потребителям;
- аппаратно-программным комплексом координации работ по приёму и обработке данных средствами НКПОР-К Росгидромета и взаимодействию с Оператором КА «Канопус-В» № 1.

Сибирский центр ФГБУ «НИЦ «Планета» (г. Новосибирск) оснащён:

– модернизированным аппаратно-программным комплексом ПРИ-ПМ, работающим совместно с антенной системой ТНА-57Р, для приёма данных в СМ-диапазоне частот со скоростью до $2 \times 122,8$ Мбит/с;

– аппаратно-программными средствами для приёма, регистрации, первичной и тематической обработки, архивации, каталогизации и распространения спутниковой информации.

Дальневосточный центр ФГБУ «НИЦ «Планета» (г. Хабаровск) оснащён:

– приёмным комплексом ПК-9 для приёма данных в СМ-диапазоне частот со скоростью до 2×160 Мбит/с;

– аппаратно-программными средствами для приёма, регистрации, предварительной и тематической обработки, архивации, каталогизации и распространения спутниковой информации.

Назначение и состав комплекса первичной и тематической обработки и распространения информации КА «Канопус-В» № 1 в Европейском центре приёма и обработки информации

Комплекс предварительной и тематической обработки спутниковой информации. Для подготовки и передачи конечным пользователям выходной информационной продукции исходная спутниковая информация должна пройти предварительную и тематическую обработку. Главная цель предварительной обработки спутниковой информации состоит в получении промежуточных продуктов, пригодных для дальнейшей обработки.

Основными этапами предварительной обработки являются:

– декоммутация исходной информации с целью выделения данных служебной и целевой аппаратуры, группировки данных по циклам сканирования и оценки качества информации;

– калибровка измерений – перевод телеметрических кодов измерений в значения физических величин (альbedo, интенсивность) по данным предполётной и текущей бортовой калибровки;

– координатная привязка измерений;

– формирование аннотированных файлов результатов предварительной обработки.

Тематическая обработка производится посредством созданных автоматизированных рабочих мест (АРМ), включая специальное ПО и подразумевает получение из данных предварительной об-

работки необходимых геофизических параметров. Для достижения требуемого уровня точности тематической выходной продукции необходимо привлечение разнообразной дополнительной информации, в том числе маски «суша-море», координат контуров береговых линий, высоты земной поверхности и др.

Обязательным этапом, следующим за тематической обработкой, является контроль качества выходной продукции. Для оценки качества выходных информационных продуктов предусмотрено их сопоставление с данными других наблюдательных систем.

Важной задачей НКПОР-К Росгидромета является архивация спутниковых данных в рамках обязанностей ФГБУ «НИЦ «Планета» по ведению Госфонда РФ. Архивация осуществляется в соответствии со следующими принципами:

– архивируется вся принимаемая необработанная информация с аннотацией, содержащей данные, необходимые для последующей обработки. Для «свежей» информации (5 – 10 суток) поддерживается оперативный циклический архив на устройствах прямого доступа с последующей перезаписью на носители для длительного хранения;

– время архивирования и занесения в каталог не превышает 1 ч после приёма данных;

– архив и каталог данных поддерживают международно согласованные форматы данных и технические носители;

– создаются специализированные базы данных оперативной тематической продукции, а также базы данных для выполнения комплексных проектов изучения природной среды;

– поддерживаются автоматизированные каталоги данных с доступом через сеть Интернет.

Каталоги имеют встроенную автоматизированную систему поиска изображений по их атрибутам и сжатые географически привязанные изображения, предназначенные для быстрого просмотра и отбора информации.

Поступающая в ФГБУ «НИЦ «Планета» (г. Москва) необработанная информация накапливается на сервере оперативного циклического архива. На этом же сервере образуется оперативный архив обработанной информации. Прошедшие предварительную обработку файлы данных поступают на АРМ интерактивной тематической обработки.

Комплекс распространения спутниковой информационной продукции. Спутниковая информация, получаемая структурными элементами

НКПОР-К Росгидромета, используется для подготовки и передачи конечным пользователям федерального и регионального уровней выходной информационной продукции, главным образом, различных тематических карт.

Готовая информационная продукция накапливается в оперативном архиве ФГБУ «НИЦ «Планета», откуда она поступает в систему распространения продуктов потребителям. Одновременно указанная продукция поступает на сервер системы долговременной архивации. Комплекс обеспечивает распространение выходной продукции с использованием IT технологий, а также по выделенным линиям связи. Кроме того, этот комплекс поддер-

живает электронный каталог, размещенный на WEB-серверах ФГБУ «НИЦ «Планета».

Литература

1. Боярчук К. А., Волков С. Н., Горбунов А. В. и др. Космический комплекс оперативного мониторинга техногенных и природных чрезвычайных ситуаций «Канопус-В» с космическим аппаратом «Канопус-В» №1 / К. А. Боярчук и др. – М. : ФГУП «НПП ВНИИЭМ», 2011. – 110 с.
2. Владимиров А. В., Салихов Р. С., Сенюк Н. А., Золотой С. А. Космическая система оперативного мониторинга техногенных и природных чрезвычайных ситуаций на базе КК «Канопус-В» и белорусского космического аппарата // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. – 2008. – Т. 105. – № 1. – С. 49 – 57.

Поступила в редакцию 24.11.2015

Виктор Анатольевич Кровотынцев,
канд. физ.-мат. наук, заведующий отделом,
т. (499) 252-03-56, e-mail: krv@planet.ru.
ФГБУ «НИЦ Планета».

Сергей Александрович Успенский,
канд. физ.-мат. наук, заведующий отделом,
т. (926) 246-53-70, e-mail: uspensjs@planet.ru.
ФГБУ «НИЦ Планета».

Александр Николаевич Семериков,
заместитель начальника, главный инструктор направления,
т. (903) 003-98-30, e-mail: semerikov@ntsomz.ru.
НЦ ОМЗ АО «Российские космические системы».

Михаил Сергеевич Леонов,
д-р техн. наук, начальник отдела,
т. (495)624-18-09, e-mail: lab2701@mail.ru.
АО «Корпорация «ВНИИЭМ».

GROUND COMPLEX KANOPUS-V for DATA RECEIVING, PROCESSING and DISTRIBUTION

V.A. Krovotyntsev, S.A. Uspensky, A.N. Semerikov, M.S. Leonov

Configuration of ground complexes for receiving, processing, archiving and distribution of data from Roscosmos and Rosgidromet SC Kanopus-V is given in the article. Operating principles and features of software-hardware complexes, which perform planning of SC target application on the basis of ballistic data, Customer orders for ERS (Earth Remote Sensing) data and actual meteorological forecasts; ERS data processing (including data preprocessing, analysis and evaluation of data quality, ERS data cataloguing); ERS data standard processing results specification; thematic ERS data processing; ERS data archiving; interactions with consumers and distribution of ERS data, are presented. Data on operational and physical characteristics of SC data receiving complexes, rates and volumes of received data, radio frequency signals modulation, etc. are given.

Key words: Spacecraft, data processing, remote sensing, data receiving complex.

List of References

1. Boyarchuk K. A., Volkov S. N., Gorbunov A. V. et al. Space Complex Kanopus-V Comprising Canopus-V No.1 Satellite for Operative Monitoring of Technological and Natural Disasters / K.A. Boyarchuk et al. – Moscow: FSUE ‘RPE VNIIEМ’, 2001. – 110 pp.
2. Vladimirov A. V., Salikhov R. S., Senik N. A., Zolotoy S. A. Space System for Operative Monitoring of Technological and Natural Disasters on the Basis of Canopus-V Satellite and Belarusian Spacecraft // Issues of Electromechanics. VNIIEМ Scientific Works. – 2008. – Vol. 105. – No. 1. – Pp. 49 – 57.

Victor Anatolyevich Krovotyntsev, Ph. D. of Physical and Mathematical Sciences, Head of Department,
Federal State Budgetary Institution 'Scientific-Research Center of Space Meteorology Planeta'
(State Research Center 'Planeta'),
tel.: (499) 252-03-56, e-mail: krv@planet.ru.

Sergey Alexandrovich Uspensky, Ph. D. of Physical and Mathematical Sciences, Head of Department
Federal State Budgetary Institution 'Scientific-Research Center of Space Meteorology Planeta'
(State Research Center 'Planeta'),
tel.: (926) 246-53-70, e-mail: uspensjs@planet.ru.

Alexander Nikolayevich Semerikov, Deputy Director, Research Area Design Manager,
Research Center for Earth Operative Monitoring 'Russian Space Systems',
tel.: (903) 003-98-30, e-mail: semerikov@ntsomz.ru.

Mikhail Sergeevich Leonov, D. Sc. (Tech.), Head of Department,
JC 'VNIEM Corporation',
tel.: (495) 624-18-09, e-mail: lab2701@mail.ru.