

**Г. Петри** (Gordon Petrie; Университет Глазго, Великобритания)

Работает на факультете географии и наук о Земле Университета Глазго. Профессор, специалист в области топографии.

# Российский спутник «Ресурс-ДК1»: альтернативный источник данных сверхвысокого разрешения\*

## ВВЕДЕНИЕ

Оператором спутника дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) «Ресурс-ДК1» является Научный центр оперативного мониторинга Земли (НЦ ОМЗ) ОАО «Российские космические системы». Космический аппарат (КА) «Ресурс-ДК1» позволяет получать изображения земной поверхности сверхвысокого разрешения (рис. 1) с возможностью передачи их на соответствующим образом оборудованную наземную станцию приема. Спутник был создан в самарском ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс». На орбиту «Ресурс-ДК1» был выведен ракетой-носителем семейства «Союз-У» 15 июня 2006 г. с космодрома Байконур.

## СПУТНИК

«Ресурс-ДК1» — это довольно большой спутник: длина около 8 м, диаметр 2,7 м, масса 6,5 т (рис. 2). Полезная нагрузка — 1200 кг. Аппарат стабилизирован по трем осям. Точность угловой ориентации 0,2 угловых минуты, точность стабилизации угловой скорости 0,005°/с. Так же как большинство зарубежных аналогов, предназначенных для съемки с высоким разрешением, «Ресурс-ДК1» может поворачиваться поперек траектории на величину до ±30° для получения изображений участков, находящихся по обе стороны трассы орбиты спутника.

Помимо основной функции — дистанционного зондирования Земли, «Ресурс ДК1» используется для выполнения научно-исследовательских проектов. На

нем в специальных боковых контейнерах установлена научная аппаратура. Во-первых, это итальянская аппаратура «Памела», предназначенная для поиска и исследования потоков заряженных частиц первичного космического излучения в околоземном пространстве в рамках исследования «темной материи» Вселенной. Во-вторых, это аппаратура российского проекта «Арина», предназначенная для регистрации высокоэнергетических электронов и протонов и выделения всплесков частиц — предвестников землетрясений.

## СЪЕМОЧНАЯ АППАРАТУРА

На КА «Ресурс-ДК1» установлена оптико-электронная сканирующая камера «Геотон-1», обеспечивающая одновременную съемку поверхности Земли в панхроматическом и мультиспектральном режимах с высоким разрешением в виде непрерывных полос с однострочной разверткой, длина которых в нормальных условиях достигает 400 км. Оптическое оборудование спутника включает в себя большой телескоп, оборудованный апохроматическим телеобъективом с фокусным расстоянием (f) 4 м и апертурой 50 см (f/8), весом 310 кг. В этом состоит одно из существенных отличий «Ресурса-ДК1» от западных аналогов, на них, как правило, устанавливается зеркальная оптика.

Блок фокальной плоскости включает в себя четыре линейные матрицы с технологией TDI (Time Delay & Integration). Первая из этих четырех матриц генерирует панхроматическое изображение в диапазоне волн от

\* Перевод с английского языка.



Рис. 1.  
Франкфурт, Германия. Снимок с КА «Ресурс-ДК1». Панхроматический режим, пространственное разрешение 1 м

0,58 до 0,8 мкм. Остальные три генерируют изображения в зеленом (от 0,5 до 0,6 мкм), красном (от 0,6 до 0,7 мкм) и ближнем инфракрасном (от 0,7 до 0,8 мкм) каналах соответственно. В ходе последующей обработки эти три изображения соединяются, в результате чего получается мультиспектральное композитное изображение в условных цветах. Каждая из четырех матриц состоит из 36 отдельных ПЗС (прибор с зарядовой свя-

зью) марки «Крузи». 36 ПЗС расположены в шахматном порядке в два ряда, обеспечивая непрерывную (без пробелов) полосу съемки. В каждый ПЗС встроен датчик изображения длиной 1024 пикселя и толщиной 128 TDI-линий (размер пикселя – 9x9 мкм). Таким образом, боковое покрытие (ширина полосы) каждой матрицы значительно превышает 30 000 пикселей. В итоге при рабочей высоте орбиты 360 км обеспечивается созда-



Рис. 2.  
Космический аппарат «Ресурс-ДК-1» [источник: <http://www.samspace.ru>]

ние изображений с пространственным разрешением 0,9–1 м в панхроматическом режиме и 2–3 м в мульти-спектральном соответственно при полосе захвата 28,3 км. Заявленная емкость запоминающего устройства системы съемки составляет 768 Гбит.

#### ХАРАКТЕРИСТИКА ОРБИТЫ И ВОЗМОЖНАЯ ЗОНА ОХВАТА СЪЕМКАМИ

В отличие от зарубежных аналогов, спутник «Ресурс-ДК1» размещен не на круговой солнечно-синхронной орбите, а на эллиптической. Минимальная высота орбиты (перигей) составляет 361 км, а максимальная (апогей) – 604 км.

Другой особенностью спутника является малое наклонение орбиты – 64,8° или 70° (для сравнения: у зарубежных аналогов наклонение околополярной, солнечно-синхронной орбиты составляет порядка 98°). Очевидно, что меньшее наклонение орбиты ограничивает зону покрытия «Ресурса-ДК1» 64,8° и 70° северной и южной широты. Однако этого вполне достаточно – в зону покрытия входит основная часть поверхности суши Земли, за исключением Антарктиды и арктических областей Евразии и Северной Америки. При высоте орбиты 360 км ширина полосы съемки «Ресурса-ДК1» составляет 28,3 км. Как было сказано выше, спутник может поворачиваться поперек траектории на



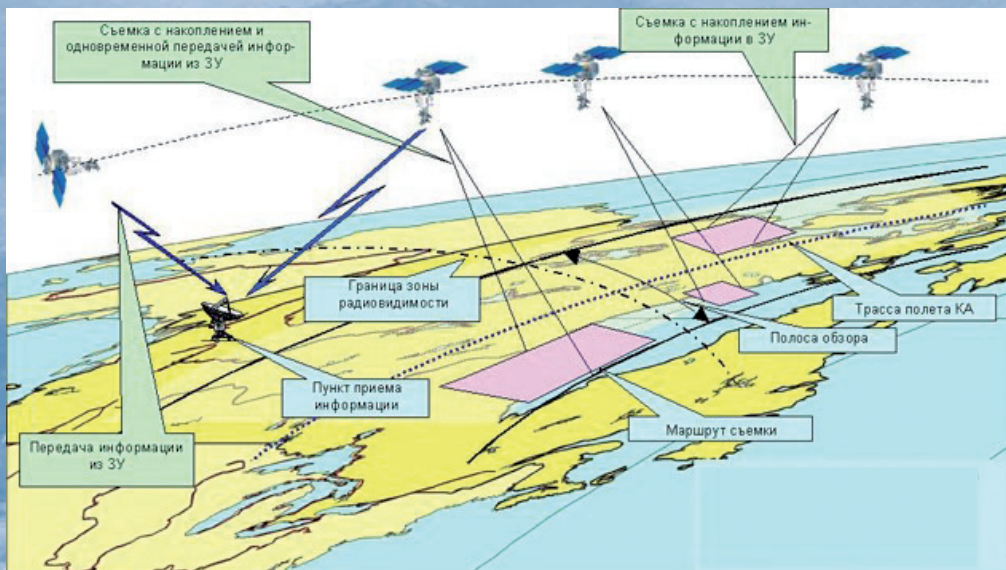


Рис. 3.  
Съемка и передача информации космическим аппаратом «Ресурс-ДК1» [источник: <http://www.samspace.ru>]

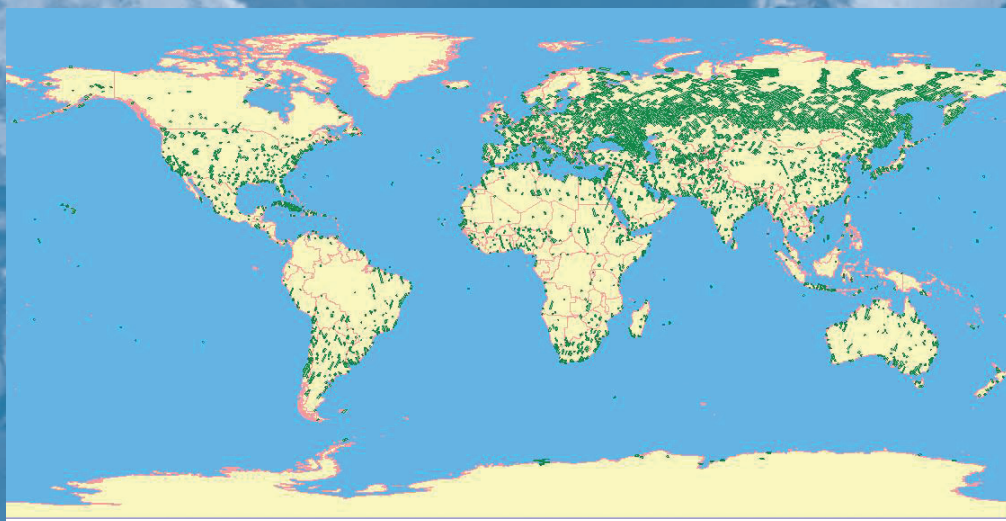


Рис. 4.  
Схема покрытия космическими снимками, полученными с «Ресурс-ДК1» [источник: НЦ ОМЗ]

угол до  $\pm 30^\circ$ , благодаря чему общая полоса обзора достигает 448 км (рис. 3).

### ПРИЕМ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ

Данные с КА «Ресурс-ДК1» передаются на наземные станции приема, находящиеся в ведении НЦ ОМЗ. Основная станция, расположенная в Московской области, оборудована антенной слежения диаметром 7 м. Она позволяет одновременно получать данные на двух частотах в диапазонах от 8,0 до 8,4 ГГц (X-диапазон) и от 1,67 до 1,71 ГГц (L-диапазон). Максимальная скорость передачи данных со спутника на наземную станцию составляет 300 мегабит в секунду.

Полученные данные становятся пригодными для использования только после их предварительной обработки в НЦ ОМЗ. Клиент может выбрать один из трех стандартных уровней обработки данных: уровень 0 — выполняется только базовая радиометрическая обработка изображений с полным разрешением; уровень 1 — выполняется дополнительная обработка, включающая в себя простую коррекцию и геопривязку изображения (предоставляется вместе с данными о навигации в полете по орбите и высоте орбиты); уровень 2 — выполняется ортотрансформирование с использованием опорных наземных точек и цифровой модели рельефа (ЦМР). Данные уровней обработки 1 и 2 могут предоставляться заказчику в любом традиционном формате, например GeoTIFF.

### ЗОНА ПОКРЫТИЯ И ЗАКАЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ

КА «Ресурс-ДК1» отснял ок. 70 млн кв. км поверхности Земли. Как показывает схема покрытия (рис. 4), в архиве имеются снимки на большую часть территории России и значительную часть Западной, Центральной и Восточной Европы. Отличительной чертой данных с КА «Ресурс-ДК1» является значительно более низкая их цена, чем у зарубежных аналогов. Существуют небольшие различия в цене новых и архивных изображений.

Для иностранных заказчиков на сайте НЦ ОМЗ ОАО «Российские космические системы»: <http://eng.ntsomz.ru/zakaz/data>, предусмотрен специальный бланк на английском языке (в формате Word). Заполненный бланк по факсу или электронной почте направляется непосредственно на адрес НЦ ОМЗ. В качестве альтернативы можно заказать снимки в режиме онлайн у компании «Совзонд» — дистрибьютора космических снимков «Ресурса-ДК1» (см. <http://catalog.sovzond.ru>).

Кроме собственно снимков, предлагается также широкий ассортимент дополнительных услуг, например специальная обработка данных, составление карт, построение трехмерных моделей.

### ПРОВЕРКА ТОЧНОСТИ СНИМКОВ

При использовании данных с КА «Ресурс-ДК1» для составления карт особое значение приобретают их фотограмметрические свойства и точность. По этой причине образцы снимков с «Ресурса-ДК1» проходят тестирование не только в России, но и за рубежом. Так, в Варшавском институте геодезии и картографии (Польша) под руководством проф. Качинского и д-ра Эвиака было проведено тестирование снимков на Варшаву и Краков. Для этих территорий было выбрано соответственно 28 и 24 наземных контрольных точки, координаты которых были получены с помощью GPS-приемников высокого разрешения. Фотограмметрические исследования с использованием RPC (коэффициента рационального полинома) позволили установить, что в контрольных точках точность составила чуть менее  $\pm 0,5$  м (т.е. ок. 0,5 пикселя). Проверка точности ортотрансформирования, проведенная с использованием ЦМР, полученной на основе модели SRTM, показала, что планиметрическая точность в контрольных точках составила чуть больше  $\pm 1$  м, что соответствует требованиям к точности для карт масштаба 1:10 000.

Результаты тестирования показывают, что точность снимков с КА «Ресурс-ДК1» сходна с точностью данных, полученных с помощью таких, например, спутников, как IKONOS и QuickBird.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Хотя спутник «Ресурс-ДК1» находится на орбите уже более четырех лет, выполняемые им съемки и получаемые данные мало известны за пределами России и стран СНГ. И это несмотря на то что, во-первых, как уже отмечалось выше, он отснял ок. 70 млн кв. км, т.е. снимками покрыта половина поверхности суши Земли; во-вторых, спутник до сих пор активно функционирует на орбите; в-третьих, полученные с его помощью снимки дешевле, чем у его прямых конкурентов. Продолжением успешного проекта «Ресурс-ДК1» станет космический аппарат «Ресурс-П», планируемый к запуску в 2011 г.