

# НОВАЯ ПЕРСПЕКТИВНАЯ ГРУППИРОВКА СПУТНИКОВ ДЗЗ RAPIDEYE

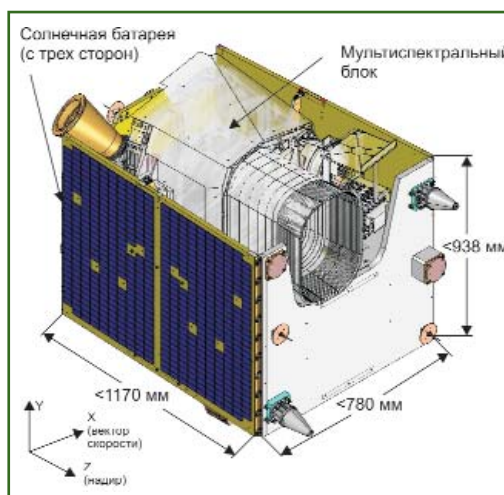
**Б.А. Дворкин** (Компания «Совзонд»)

В 1974 г. окончил географический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова по специальности «картография». После окончания университета работал в ПКО «Картография», ООО «Картография Хубер», ГИС-Ассоциации и Научном геоинформационном центре РАН. С 2008 г. по настоящее время — аналитик ООО «Компания «Совзонд». Кандидат географических наук.

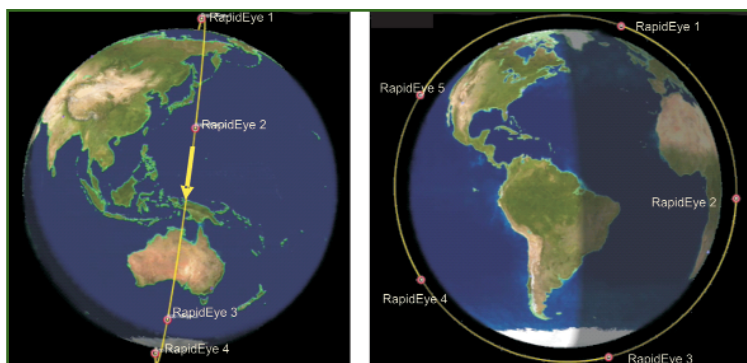
Группировка из пяти мини-спутников RapidEye была запущена с космодрома Байконур одной российской ракетой-носителем «Днепр» 29 августа 2008 г. Владелец космических аппаратов является компания RapidEye AG (Германия). Каждый из спутников, созданных компанией MDA (Канада) совместно с Surrey Satellite Technology Limited (Великобритания), оснащен мультиспектральной оптико-электронной камерой про-

съемка земной поверхности ведется в пяти спектральных каналах. Уникальным для спутников высокого разрешения является канал «крайний красный» (red-edge), который оптимально подходит для наблюдения за изменениями состояния растительного покрова.

Каждый из спутников назван греческим именем — Tachys (Быстрый), Mati (Глаз), Choma (Земля), Choros (Космос) и Trochia (Орбита).



**Рис. 1**  
Схема спутника RapidEye



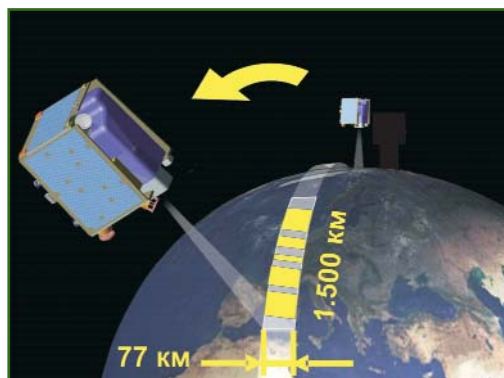
**Рис. 2**  
Расположение спутников RapidEye на орбите

изводства Jena Optronics GmbH (Германия) для съемки с пространственным разрешением 6,5 м. Вес одного спутника RapidEye составляет 150 кг (рис. 1). RapidEye — первый в Германии коммерческий гражданский проект дистанционного зондирования Земли. Расчетный срок пребывания спутников на орбите составляет 7 лет.

Спутники равномерно распределены на орбите высотой около 630 км (рис. 2). Облетая Землю в направлении с севера на юг, они пересекают экватор в 11 часов по местному времени с дистанцией около 660 км и интервалом 20 минут.

Съемка выполняется сеансами с максимальной длиной полосы 3000 км. В пределах одно-

го сеанса спутник может снять участок поверхности Земли шириной 77 км и длиной до 1500 км (рис. 3). Таким образом, группировка RapidEye способна обеспечивать ежедневную съемку земной поверхности площадью в 4 млн км<sup>2</sup>. Основ-



**Рис. 3**  
Пример сеанса съемки спутником RapidEye

Основные технические характеристики спутников RapidEye

Таблица 1

Наименование параметра	Значение параметра
Режим	Мультиспектральный
Спектральный диапазон, мкм	0,440–0,510 (синий); 0,520–0,590 (зеленый); 0,630–0,685 (красный); 0,690–0,730 (крайний красный); 0,760–0,850 (ближний ИК)
Пространственное разрешение в надире, м	6,5; 5 (после обработки)
Радиометрическое разрешение, бит на пиксель	12
Точность геопозиционирования, м	230
Ширина полосы съемки, км	77
Формат файлов	GeoTIFF, NITF
Обработка	Коррекция (радиометрическая, сенсорная и геометрическая); приведение к картографической проекции
Периодичность съемки, ч	24
Минимальная площадь заказа, км <sup>2</sup>	2500 (для архивных данных) 5000 (для съемки на заказ)

ные технические характеристики каждого спутника представлены в табл. 1.

#### ▼ Уровни обработки и виды продукции

В настоящее время компания RapidEye AG наряду с необработанными изображениями (уровень обработки Level 0) предлагает снимки со следующими уровнями обработки: Level 1B, Level 2A и Level 3A.

**Level 1B** — снимки с базо-

вым уровнем обработки (**RapidEye Basic Product**), которые сформированы из необработанных изображений и включают радиометрическую и сенсорную коррекции.

**Level 2A** — геопривязанные снимки (**RapidEye Geo-corrected Product**). Их обработка состоит из радиометрической, сенсорной и геометрической коррекций. Наземные опорные точки для увеличения точности

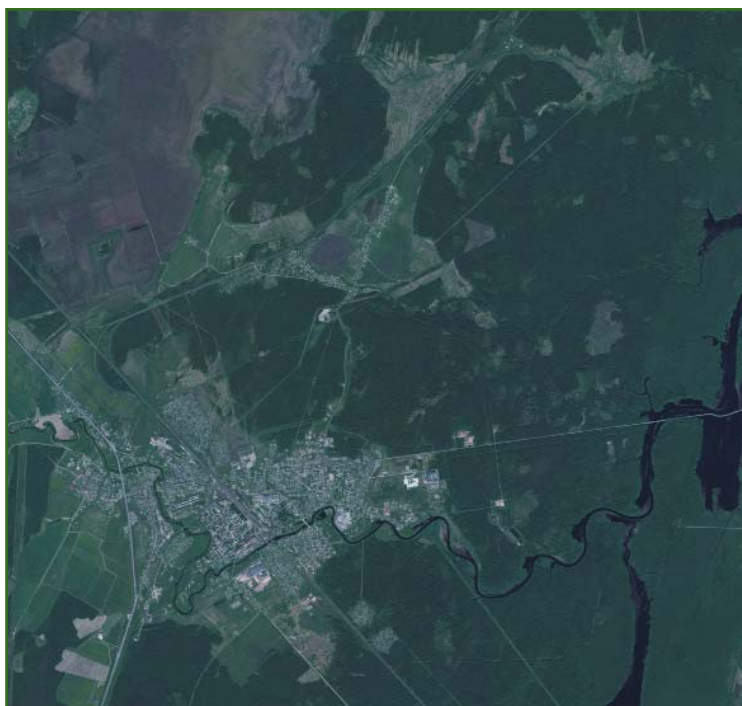
геопространственной привязки не используются.

**Level 3A** — ортотрансформированные снимки (**RapidEye Ortho Product**), обработка которых включает радиометрическую, сенсорную и геометрическую коррекцию (рис. 4). Для увеличения точности геопространственной привязки используются наземные опорные точки. Ортотрансформирование выполняется с применением DTED (Digital Terrain Elevation Data) Level 1 SRTM DEM или более точной цифровой модели рельефа (ЦМР, Digital Elevation Model — DEM).

Основные характеристики продукции возможных уровней обработки приведены в табл. 2.

Помимо изображений с различными уровнями обработки поставляются ЦМР и мозаики снимков.

Благодаря возможностям изменения угла съемки, система из пяти спутников RapidEye позволяет получать стереоизображения и создавать ЦМР до 84° с. ш. Цифровая модель рельефа (RE DEM) — производная продукция, создаваемая специалистами компании с использованием данных стереосъемки. ЦМР предназначена для заказчиков, которым нужна информация о рельефе на территории, на которые она отсутствует или



**Рис. 4**  
Фрагмент снимка со спутника RapidEye-4 (окрестности Санкт-Петербурга, 31.05.2009 г., уровень обработки Level 3A)

Основные характеристики продукции, предлагаемой компанией RapidEye AG, с различными уровнями обработки

Таблица 2

Параметр	Уровень обработки		
	Level 1B	Level 2A	Level 3A
Формат файла	NITF, JFIF, GeoTIFF, XML (метаданные)		
Ориентация	Соответствует ориентации спутника (сенсора)	Север-Юг	Север-Юг
Кадрирование	Проводится по регионам, которые определяются по координатам двух углов снимка. Ширина снимка зависит от ширины полосы съемки (77 км)	Проводится по фрагментам (Tile). Фрагменты размером 24x24 км определяются по единой на весь мир сетке. С учетом перекрытия в 500 м каждый окончательный фрагмент имеет размер 25x25 км	
Пространственное разрешение	6,5 м	5 м	5 м
Битовая глубина	Для снимков с радиометрической коррекцией — 16 бит (в целых числах без знака), с атмосферной коррекцией — 16 бит (в целых числах со знаком)		
Размер файла	До 462 Мбайт / 25 км для пяти спектральных диапазонов	Для фрагмента 25x25 км 250 Мбайт для пяти спектральных диапазонов при разрешении в 5 м	
Геометрическая коррекция	Не выполняется	Выполнена. Наземные опорные точки не использовались	Выполнена. Для ортотрансформирования использовались наземные опорные точки и высокоточная ЦМР
Точность геопространственной привязки	230 м	230 м	$\sigma = 6$ м (12,7 м CE90)
Система координат	WGS-84	WGS-84	WGS-84
Картографическая проекция	Не используется	Универсальная поперечная проекция Меркатора	
Выравнивание контрастности	Не проводится	По коэффициентам CC или MTF	

устарела. RE DEM базируется на снимках уровня обработки Level 1B. Для уточнения горизонтального и вертикального положения модели используются наземные опорные точки (табл. 3).

Точность цифровой модели рельефа (RE DEM) зависит от количества наземных опорных точек и точности определения их положения на интересующую территорию. Горизонтальная и вертикальная точность RE DEM

зависит от местоположения и типа рельефа, но если используются высокоточные опорные точки, она достигает параметров для уровня обработки Level 2A (23 м CE90 — горизонтальная и 18 м CE90 — вертикальная).

Основные характеристики RE DEM

Таблица 3

Параметр ЦМР	Описание
Компоненты и формат файла	DEM File — файл формата GeoTIFF, содержащий изображение и данные по геопространственной привязке. Metadata File — метаданные в формате XML
Ориентация	Север-Юг
Кадрирование	Рамка определяется географическими координатами верхнего левого и нижнего правого углов в системе WGS-84
Пространственное разрешение	30 м (в геодезических координатах) или 1" (в географических координатах)
Битовая глубина	16 бит
Площадь	Различная (минимальная — 50 тыс. км <sup>2</sup> )
Система координат	WGS-84
Система высот	Уровень моря, определяемый моделью EGM WGS-84, геоида 1996 г.
Картографическая проекция	Универсальная поперечная проекция Меркатора

По желанию заказчика компания RapidEye AG объединяет отдельные снимки в мозаику. Используя два или более снимков, полученных в разные дни, специалисты компании создают бесшовные мозаики, охватывающие большие территории.

Имея в архиве снимки размером 25x25 км или 25x300 км, можно собрать мозаики, которые покроют любые интересные регионы Земли. По требованию заказчика, ему могут предоставляться мозаики на определенную административную или ландшафтную территорию.

#### ▼ Области применения

Маневренность, большие площади съемки и возможность ежедневного мониторинга, а также высокое пространственное разрешение делают использование данных, полученных с группировки спутников RapidEye, особенно перспективным для задач мониторинга.

Параметры системы из пяти спутников RapidEye оптимизированы для обеспечения данными многих отраслей и решения разнообразных задач. В первую очередь, они нацелены на такие отрасли, как сельское и лесное хозяйство, нефтегазовый комплекс, энергетика, теле-

коммуникации, а также на тематическое и специальное картографирование, экологическую оценку и охрану окружающей среды, управление чрезвычайными ситуациями.

**Сельское хозяйство.** В сельскохозяйственном производстве для принятия своевременных и обоснованных решений необходима информация о текущем состоянии посевов. Немаловажную помощь в этом оказывают уникальные данные со спутников RapidEye. Мультиспектральная камера каждого спутника ведет съемку в пяти спектральных диапазонах, причем впервые в мировой практике используется канал «крайний красный», который оптимально подходит для наблюдения и анализа состояния растительного покрова (оценка содержания хлорофилла, протеина и азота).

Космические снимки со спутников RapidEye наиболее эффективны для решения следующих задач:

- определение площадей, занятых разными культурами;
- определение границ сельскохозяйственных угодий;
- контроль состояния посевов и наблюдение за созреванием растений;
- оценка содержания хлорофилла с использованием диапазона «крайний красный» (рис. 5);
- контроль плотности посевов;
- прогноз урожая;
- планирование времени начала сбора урожая.

**Лесное хозяйство.** Данные ДЗЗ все больше используются для инвентаризации лесов, определения воздействий на лесной покров природных факторов и лесохозяйственной деятельности. Данные со спутников RapidEye могут обеспечить лесную отрасль наиболее актуальной информацией о состоянии лесов.

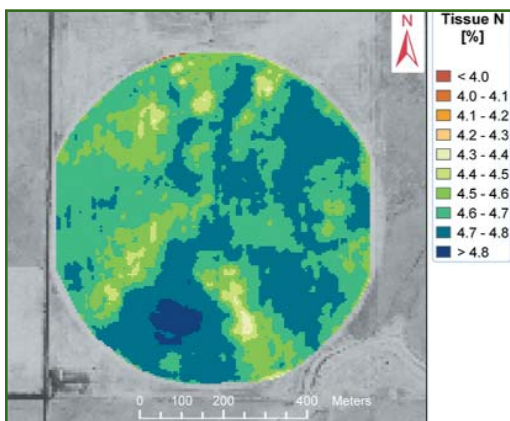
Космические снимки RapidEye особенно эффективны для решения задач:

- оперативного картографирования лесов;
- выявления площадей, пострадавших от вредителей, пожаров и других бедствий;
- определения породного состава лесов;
- инвентаризации лесов;
- оперативного мониторинга очагов пожаров;
- контроля лесовосстановительных работ;
- выявления несанкционированных рубок.

**Нефтегазовый комплекс, энергетика и телекоммуникационные системы.** Нефтегазодобывающие, электроэнергетические и телекоммуникационные компании имеют в своем распоряжении обширные сети трубопроводов, линий электропередачи, радиотрансляторов и другие объекты инфраструктуры. Защита этих объектов является важнейшей задачей отрасли. Компания RapidEye AG может поставлять данные на большие территории с разрешением 5 м и высокой частотой повторяемости, что наилучшим образом подходит для этой цели. Использование ЦМР, предлагаемых компанией RapidEye AG, позволит телекоммуникационным компаниям оптимальным образом устанавливать антенны, что гарантирует максимальную эффективность их работы.

Космические снимки со спутника RapidEye используются при:

- мониторинге инфраструктуры объектов добычи и транспортировки нефти и газа;
- мониторинге электрических и телекоммуникационных сетей;
- выявлении мест поврежденных трубопроводов и линий электропередачи;
- мониторинге экологического состояния территории;



**Рис. 5**

Мониторинг хлорофилла по данным со спутника RapidEye в спектральном диапазоне «крайний красный»

— планировании развития телекоммуникационных сетей (рис. 6).

**Тематическое и специальное картографирование.** Для того, чтобы карты отвечали потребностям заказчика, они должны быть максимально актуальными. В нашем быстро меняющемся мире постоянно требуется обновленная пространственная информация, получаемая путем наблюдения за Землей из космоса. Система RapidEye обеспечивает заказчиков специальной информацией, которая необходима для:

— мониторинга изменений ландшафта и их оперативного картографирования;

— обновления мелкоштабных топографических и специальных карт (дорожных, навигационных, рекреационных и других).

**Экология и охрана окружающей среды.** Ученые отмечают существенное изменение климата и увеличение количества стихийных бедствий в последние десятилетия. В результате этого во всем мире обостряются экологические проблемы. Все больше органам государственной власти, а также коммерческим компаниям необходима информация о степени воздействия на определенные территории природных и техногенных факторов. Данные со спутников RapidEye как нельзя лучше подходят для этих целей.

Космические снимки со спутников RapidEye наиболее эффективны для решения следующих задач:

— мониторинг опасных природных проявлений (заболочивание, опустынивание, засоление и т. д.);

— наблюдения за быстро меняющимися экосистемами и антропогенными объектами;

— выявление локальных источников загрязнения вод и почв;

— изучение экологического состояния атмосферы.

**Управление чрезвычайными ситуациями.** Мониторинг зон стихийных бедствий и организация спасательных и восстановительных работ — важнейшие задачи в современном мире. Параметры системы из пяти спутников RapidEye оптимально подходят для решения задач управления чрезвычайными ситуациями.

Космические снимки со спутников RapidEye наиболее эффективны для:

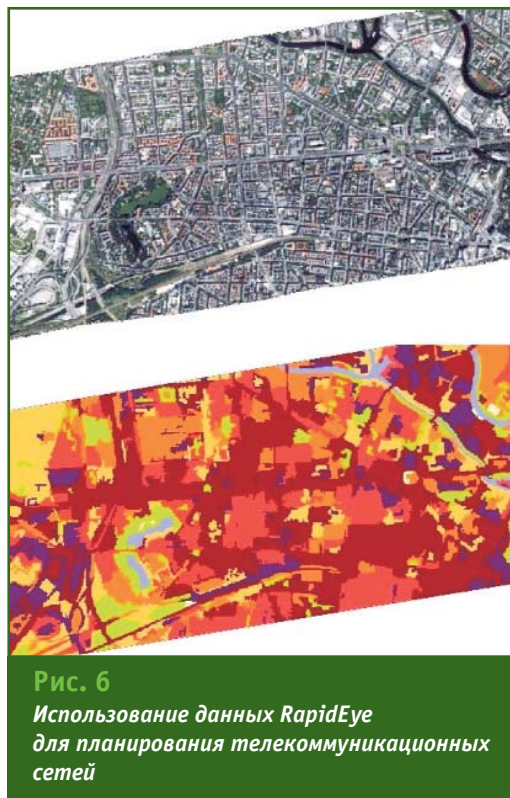
— прогнозирования чрезвычайных ситуаций и их последствий;

— мониторинга чрезвычайных ситуаций, связанных с природными и техногенными воздействиями;

— планирования аварийно-спасательных работ в районах стихийных бедствий и антропогенных катастроф.

За первые 100 дней работы на орбите группировки из пяти спутников RapidEye отснято 69 млн км<sup>2</sup>, причем 80% снимков — безоблачные. Общая площадь покрытия земной поверхности снимками составила более 36 млн км<sup>2</sup>, что приблизительно составляет четверть территории суши Земли, причем многие регионы снимались по несколько раз. На территорию России доступны снимки на Санкт-Петербург и его окрестности, Краснодарский край, Калининградскую область, Байкальский регион, Приморский край и другие районы.

В начале 2009 г. компания «Совзонд» подписала дистрибьюторское соглашение с компанией RapidEye AG по распространению космических снимков на территории России и стран СНГ. Согласно соглашению, компания «Совзонд» стала официальным дистрибьютором с правами на размещение заказов на новую съемку и поставку архив-



**Рис. 6**  
Использование данных RapidEye для планирования телекоммуникационных сетей

ных космических снимков со спутников RapidEye в России, Белоруссии, Армении, Азербайджане, Грузии, Казахстане, Таджикистане, Узбекистане, Киргизии и Туркмении.



Тел: (495) 988-75-11,

988-75-22, 514-83-39

Факс: (495) 988-75-33

E-mail: info@sovzond.ru

Интернет: www.sovzond.ru

#### RESUME

There is given both a brief description and operation principles of the RapidEye cluster including five satellites — the first in Germany commercial civil Earth remote sensing mission. Properties of space images with various processing levels offered by the company as well as digital terrain models and mosaics for vast Earth territories are presented. The main fields of the RapidEye data usage are described.