

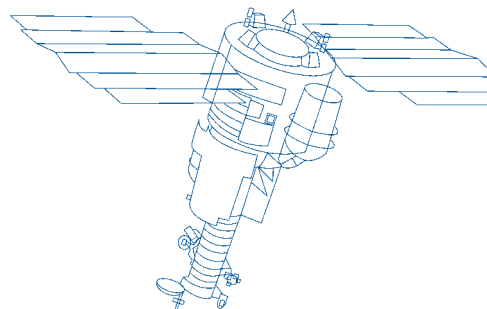
Сверху видно всё! Это часто встречающееся изречение появилось, наверное, с тех пор, как человек впервые залез на высокое дерево или взобрался на гору. С появлением воздушных шаров, первых аэропланов и подзорных труб стало ясно, что наблюдение с высоты за земной поверхностью может значительно расширить представления об окружающем мире, выявить какие-то новые явления и закономерности.

Развитие авиационной техники, с одной стороны, и технологии фотографирования, с другой, естественным образом привело к появлению идеи аэрофотосъемки. Ограничение высоты полета самолетов, однако, позволяет получать снимки на сравнительно небольшие по охвату территории, что в определенной мере ограничивает круг прикладных задач. Начало эры освоения околоземного космического пространства породило развитие целого ряда новых научно-технических направлений, которые, в свою очередь, привели к бурному развитию новейших технологий. Практически сразу методы аэрофотосъемки стали использоваться для фотографирования Земли с космических аппаратов. Так появилась новая отрасль — дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) из космоса. Используемые вначале исключительно в военных и разведывательных целях космические снимки очень скоро обратили на себя внимание ученых как источник очень ценной и полезной информации. Отрасль стала бурно развиваться, съемочная аппаратура — совершенствоваться. Появились специальные, в том числе и коммерческие, спутники ДЗЗ...

Сейчас орбитальная группировка космических аппаратов ДЗЗ насчитывает уже многие десятки единиц. Фотографирование и радарная съемка Земли ведутся непрерывно. Данные ДЗЗ используются практически во всех сферах человеческой деятельности. То, что отрасль ДЗЗ стала одной из важнейших составляющих информационного общества, очевидно.

Этот номер журнала мы посвятили различным аспектам развития отечественных и зарубежных программ ДЗЗ, особенностям создания и функционирования наземных комплексов приема, обработки и распространения информации. Особое внимание уделено проблемным вопросам.

На страницах журнала свое мнение об актуальной теме «Лесные пожары и космическая съемка» высказывают заместитель директора ИКИ РАН Е.А. Лупян и специалисты компании «Совзонд». В статье «Современные подходы к организации оперативного космического мониторинга» (автор — заместитель генерального директора компании «Совзонд» М.А. Болсуновский) анализируются традиционные подходы к космическому мониторингу и предлагается новый принцип организации информационного обеспечения данными ДЗЗ — активное использование виртуального приема. Современному состоянию и перспективам развития Белорусской космической системы ДЗЗ посвящена статья директора УП «Геоинформационные системы» НАН Беларуси С.А. Золотого. Безусловно, привлечет внимание статья директора и главного конструктора НПП «ОПТЭК» А.И. Бакланова о пространственном разрешении и точности привязки изображений космических систем. Интересна, на наш взгляд, публикация специалиста компании «Совзонд» Ю.И. Кантемирова «Обзор современных радиолокационных данных ДЗЗ и методик их обработки с использованием ПК SARscape». Использование мобильного ситуационного центра планирования, приема и обработки данных космической съемки в борьбе с лесными пожарами — актуальная тема статьи коммерческого директора ЗАО НПК «БАРЛ» Р.С. Баскова. Разработкой концепции Единой территориально-распределенной информационной системы ДЗЗ занимаются специалисты НИИ ТП. С первой частью материалов, посвященных этой концепции, вы можете ознакомиться на страницах нашего журнала.



## Содержание

Новости .....	4
---------------	---

### Актуальная тема

Лесные пожары и космическая съемка. Мнения экспертов .....	9
--	---

### Данные дистанционного зондирования

М.А. Болсуновский Современные подходы к организации оперативного космического мониторинга.....	13
Б.А. Дворкин, М.А. Элердова Особенности наземных сегментов современных космических систем ДЗЗ .....	19
А.И. Бакланов К вопросу о пространственном разрешении и точности привязки изображений космических систем наблюдения высокого разрешения .....	25
С.А. Золотой Белорусская космическая система дистанционного зондирования Земли, современное состояние и перспективы развития.....	31
Ю.И. Носенко, П.А. Лошкарёв Единая территориально-распределенная информационная система ДЗЗ – проблемы, решения, перспективы (часть 1) .....	35

### Обработка данных ДЗЗ

Ю.И. Кантемиров Обзор современных радиолокационных данных ДЗЗ и методик их обработки с использованием ПК SARscape .....	44
И.В. Оньков Исследование точности измерения координат точек на ортоснимках RapidEye в зависимости от их геометрического типа .....	56
Н.М. Ковалевская, К.А. Боечко, Н.Н. Добрецов, А.Ю. Королюк Запросы по содержанию – новый шаг в геоинтеллектуальной обработке космической информации.....	61

### Использование данных ДЗЗ

Н.П. Антимонов Обнаружение археологических погребенных объектов на мультиспектральных космических снимках с помощью специализированной программы Image Media Center 5.0 .....	67
Р.С. Басков Использование мобильного ситуационного центра планирования, приема и обработки данных космической съемки в борьбе с лесными пожарами.....	72
Е.А. Кобзева Создание топографических планов масштаба 1:2000 для разработки градостроительной документации средних и малых населенных пунктов ....	76
С.А. Шумейко Опыт создания карт открытого пользования масштаба 1:25 000 на территорию Благовещенского района Амурской области с использованием продукта ОРТОРЕГИОН.....	80
Р. Качиньски, С. Марахина Технология цифрового кадастрового картографирования в Таджикистане с использованием спутниковых данных высокого разрешения .....	86
А.Г. Демиденко Тенденции развития ГИС на примере продуктов КБ «Панорама».....	91
И.В. Степанов Подсистема ГИС для решения задач сейсмического мониторинга и прогнозирования .....	97

### Выставки и конференции

Итоги IV Международной конференции «Космическая съемка – на пике высоких технологий» .....	104
Выставка «ЗОЛОТАЯ ОСЕНЬ-2010»: модернизация – решающий фактор развития АПК России .....	111
21-я ежегодная выставка информационных и коммуникационных технологий Softool' 2010 .....	114

### Справочный раздел

Радарные космические аппараты .....	116
-------------------------------------	-----

# Content

News..... 4

## Hot topic

Wild fires and space survey. View-points of professionals ..... 9

## Remote sensing data

M.A. Bolsunovskii  
Modern approaches to planning prompt space monitoring ..... 13

B.A. Dvorkin, M. Elerdova  
Specific features of ground segments in remote sensing systems ..... 19

A.I. Baklanov  
On spatial resolution and accuracy of high-resolution space monitoring system images ..... 25

S.A. Zolotoi  
Belarusian space earth remote sensing system, current condition and future development ..... 31

Yu.I. Nosenko, P.A. Loshkariov  
Unified geographically-distributed ERS information system: problems, solutions and prospects (part 1) ..... 35

## Remote sensing data processing

Yu.I. Kantemirov  
Overview of modern SAR data and methods of processing using SARscape PC ..... 44

I.V. Onkov  
Analysis of coordinate points measurement accuracy on ortorectified RapidEye imagery according to their geometric type ..... 56

N.M. Kovalevskaia, K.A. Boenko, N.N. Dobretzov, A.Yu. Koroliuk  
Content-based request is the next step in geointellectual remote sensing data processing ..... 61

## Application of remote sensing data

N.P. Antomonov  
Detection of archeological subsurface objects through multispectral remote sensing data using Image Media Center 5.0 application ..... 67

R.S. Baskov  
Application of the mobile remote sensing planning, reception and processing center for wild fire fighting ..... 72

E.A. Kobzeva  
Plotting of 1:2000 topographic plans used in origination of city planning documents for small and medium populated localities ..... 76

S.A. Shumeiko  
Experience in 1:25000 maps for public use in Blagoveschenskiy District of Amur Region using ORTHOREGION product ..... 80

R. Kachinski, S. Marakhina  
Technology of cadastral digital mapping in Tajikistan using high-resolution remote sensing data ..... 86

A.G. Demidenko  
Tendencies of GIS development illustrated by KB Panorama products ..... 91

I.V. Stepanov  
GIS sub-system for seismic monitoring and prediction ..... 97

## Exhibitions and conferences

Results of IV International Conference " Remote Sensing - the Synergy of High Technologies" ..... 104

"Golden Fall-2010" exhibition: modernization is a critical factor for development of agricultural complex in Russia ... 111

21th annual IT and telecommunications exhibition Softool' 2010 ..... 114

## References

SAR systems ..... 116



**Учредитель – Компания «Совзонд»**

### Редакционная коллегия

М.А. Болсуновский,  
А.М. Ботрякова,  
Б.А. Дворкин (главный редактор),  
С.А. Дудкин,  
О.Н. Колесникова,  
С.В. Любимцева,  
М.А. Элердова

### Ответственный за выпуск

А.М. Ботрякова

### Дизайн макета и обложки

И.А. Петрович

### Компьютерная верстка

И.В. Власов

### Информационно-рекламная служба

А.М. Ботрякова  
С.Н. Мисникович

### Почтовый адрес:

115446, г. Москва,  
ул. Шипиловская, 28а,  
компания «Совзонд»

Тел.: +7 (495) 988-7511,  
+7 (495) 988-7522,  
+7 (495) 514-8339

Факс: +7 (495) 988-7533,  
+7 (495) 623-3013

E-mail: [geomatics@sovzond.ru](mailto:geomatics@sovzond.ru)  
Интернет: [www.geomatika.ru](http://www.geomatika.ru)

Перепечатка материалов без разрешения редакции запрещается.

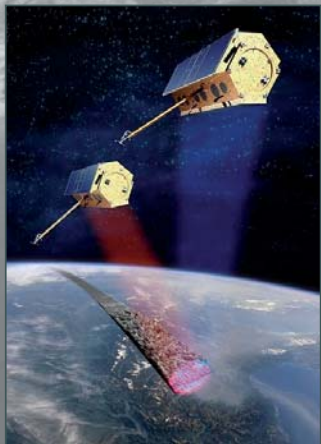
Тираж 2000 экз.  
Рекомендованная цена – 199 р.

Номер подписан в печать  
08.09.2010 г.

Печать  
Компания «АС Принт»

Свидетельство о регистрации  
в Россвязькомнадзор  
ПИ №ФС77-34855 от 13.01.2009 г.

## НА ОРБИТЕ НАЧАЛ РАБОТУ НОВЫЙ РАДАРНЫЙ СПУТНИК TANDEM-X



Спутники TerraSAR-X и TanDEM-X на орбите

21 июня 2010 г. с космодрома Байконур ракетой-носителем «Днепр» успешно запущен и выведе-

н на околоземную орбиту германский радарный спутник TanDEM-X. Уже 24 июня TanDEM-X передал на Землю первые снимки: на территорию Москвы, Северного Мадагаскара, Украины.

По своим характеристикам спутник TanDEM-X идентичен работающему третий год на орбите спутнику TerraSAR-X (табл.).

Уникальные данные, получаемые с радарных спутников, позволяют решать задачи мониторинга окружающей среды, ледовой обстановки, картографирования природных комплексов, борьбы со стихийными бедствиями, морской разведки и др. Съёмочная аппаратура радарных спутников – радары с синтезированной апертурой (SAR) – способна посылать и принимать сигналы сквозь облака, дым и туман в любое время суток. Таким образом, съёмка практиче-

ски не зависит ни от погоды, ни от наличия солнечного света. Кроме того, радарные съёмки позволяют с высокой точностью выявлять вертикальные подвижки земной поверхности, строить высокоточные цифровые модели рельефа.

С началом эксплуатации спутника TanDEM-X он начнет работать синхронно с TerraSAR-X.



Таблица

### Основные технические характеристики спутников TerraSAR-X и TanDEM-X

Спектральный диапазон:	X-диапазон (3,1 см)			
Режимы	Сверхвысокого разрешения (High Resolution SpotLight)	Высокого разрешения (SpotLight)	Широкополосный высокого разрешения (StripMap)	Среднего разрешения (ScanSAR)
Номинальное пространственное разрешение (м)	1	2	3	16
Размер сцены (км)	10 x 5	10 x 10	30 x 50	100 x 150
Скорость передачи данных на наземный сегмент (Мбит/сек)	300			
Радиометрическое разрешение (бит на пиксел)	16			
Формат файлов	CEOS, GeoTIFF			
Обработка	Радиометрическая, сенсорная и геометрическая коррекция. Приведение к картографической проекции, создание ЦМР, производных картографических продуктов			
Периодичность съёмки	11 суток, подцикл: 2,5 суток			



## НАЧИНАЕТСЯ ВЫПУСК ЦИФРОВЫХ ВЫСОТНЫХ МОДЕЛЕЙ, СОЗДАННЫХ НА БАЗЕ ДАННЫХ СО СПУТНИКА TERRASAR-X

Цифровые модели местности (ЦММ; DSM – digital surface model) – первый элемент пакета высотных продуктов (ELEVATION product suite), создаваемых на базе данных со спутника TerraSAR-X.

Построенная по 10-метровой сетке ЦММ имеет абсолютную точность по высоте 5 м. В настоящее время ЦММ создаются для территорий площадью не менее 500 кв. км для любых регионов мира (рис. 1).

Уникальные особенности всепогодных радарных сенсоров позволяют успешно использовать получаемые данные для построения высотных моделей. Специальные алгоритмы, разработанные для измерения высот, обеспечивают учет артефактов и проведение корректировки данных.

Компания Infoterra, оператор спутников TerraSAR-X и TanDEM-X, предлагает очень эффективную по времени схему поставки продукта. Полный цикл создания ЦММ на минимальную площадь заказа в 500 кв. км может занять примерно 1 месяц. Для территории площадью 500 тыс. кв. км заказчик получит готовый продукт через год после заказа. Высокое качество продукта подтверждено многократным тестированием и проверкой точности. Для классификации различных типов рельефа и ландшафтов была проведена съемка 15 тестовых участков по всему миру, по которым имелась высококачественная справочная информация.

Точная высотная информация – основа любого высокоточного гео-

пространственного продукта. Создание топографических карт, планирование коммуникационных сетей, гидрологическое моделирование, авиационная безопасность и, наконец, ортотрансформирование снимков сверхвысокого разрешения – далеко не все задачи, требующие высокоточных высотных моделей.

Infoterra продолжает работу по расширению пакета продуктов с высотной информацией. В настоящее время по заказу возможно создание цифровых моделей рельефа (ЦМР; DTM – Digital

Terrain Models), базирующихся на радарных данных. Однако в качестве коммерческого стандартного продукта ЦМР планируется начать поставлять в ближайшие месяцы.

Космический аппарат TanDEM-X, запущенный на орбиту 21 июня 2010 г., также начнет собирать данные, необходимые для создания глобальных высотных моделей. Результатом работы спутников TerraSAR-X и TanDEM-X станут беспрецедентные по точности глобальные ЦММ и ЦМР, которые будут созданы к 2013 г.



Рис. 1. Цифровая модель местности района с лесным ландшафтом. Сабах, Малайзия. ЦММ построена по данным со спутника TerraSAR-X

ОПЕРАТИВНАЯ СЪЕМКА БОЛЬШИХ ТЕРРИТОРИЙ  
ГРУППИРОВКОЙ СПУТНИКОВ КОМПАНИИ DIGITALGLOBE

DIGITALGLOBE®



Рис. 1.  
Схема покрытия снимками со спутника  
WorldView-2 территории Москвы и бли-  
жайшего Подмоскowsья



Рис. 2.  
Схема покрытия снимками со спутника  
WorldView-2 островов Мауи и Молокай



Рис. 3.  
Схема покрытия снимками со спутника  
WorldView-2 города Финикс, штат  
Аризона.

На сегодняшний день на орбите находится уникальная группировка спутников нового поколения компании DigitalGlobe – WorldView-1, WorldView-2 и QuickBird. Они оснащены совершенной системой ориентации и перенацеливания, что обеспечивает высочайшую маневренность при выполнении съемки земной поверхности и позволяет получать высокодетальные изображения больших территорий в кратчайшие сроки. В последние месяцы компания DigitalGlobe все больше внимания уделяет оперативности и производительности съемки.

Так, космические снимки, полученные в ходе пролета спутника WorldView-2 над Землей, позволяют по достоинству оценить возможности маневренности аппарата. Например, 7 мая 2010 г., всего за 1 день, этим космическим аппаратом были получены снимки на территорию города Москвы и ближайшего Подмоскowsья площадью покрытия более 1 600 кв. км. При этом угол отклонения от надира для всех снимков составляет не более 15°, а центр города снят с углом отклонения менее 5° (рис. 1).

Еще один пример, иллюстрирующий беспрецедентную производительность WorldView-2: 3 января 2010 г. менее чем за 2 минуты, в ходе одного пролета над островами Мауи и Молокай (США, штат Гавайи), были получены 10 изображений с углом отклонения от надира менее 30° (рис. 2).

Такие возможности маневрирования и производительности кос-

мического аппарата WorldView-2 позволяют воспользоваться краткосрочными безоблачными промежутками, чтобы получить съемку на районы с традиционно высокой облачностью. Расположение города Финикс (США, штат Аризона) не создает помех для получения космических снимков. Такие климатические условия (солнечная и безоблачная погода) позволили получить съемку территории площадью около 2400 кв. км за 1 пролет (рис. 3). Почти все окрестности города Финикс были сняты с углами отклонения от надира менее 20°. Затем с отклонением назад был сделан снимок на один из районов агломерации углом отклонения от надира 35°. Таким образом, были получены снимки из космоса городского пейзажа с другого ракурса.

Напомним, что с вводом в коммерческую эксплуатацию спутника WorldView-2 группировка космических аппаратов компании DigitalGlobe (WorldView-1, WorldView-2, QuickBird) стала обладать колоссальной производительностью в 2,7 млн кв. км в сутки и уникальными возможностями: два спутника, поставляющие высокоточные мультиспектральные 4-канальные изображения; три спутника, поставляющие панхроматические изображения; один спутник, поставляющий мультиспектральные 8-канальные изображения и 4-канальные стереоизображения.

## ВОЗМОЖНОСТИ НОВОЙ ВЕРСИИ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ TRIMBLE INPHO 5.3



Компания Trimble Germany GmbH, разработчик законченных фотограмметрических программных решений высочайшего мирового уровня, выпустила в конце июня 2010 г. обновления для программных модулей линейки Trimble INPHO:

- ApplicationsMaster 5.3
- DPMaster 5.3
- DTMaster 5.3
- inBLOCK 5.3
- MATCH-AT 5.3
- MATCH-AT Pushbroom 5.3
- MATCH-T DSM 5.3
- OrthoMaster 5.3
- BuildingGenerator 2.2

В обновленной версии программных модулей Trimble INPHO можно отметить ряд возможностей, доступных для пользователей.

- Выпущен новый программный модуль BuildingGenerator 2.2 для автоматического выделения 3D-векторов крыш зданий и сооружений. Модуль BuildingGenerator «создает» стандартные формы крыши, такие, как, например, одно-

скатные, двускатные. Построения 3D-векторов происходят по облаку точек (полученному или по данным лазерного сканирования, или путем обработки стереоснимков), в качестве дополнительной исходной информации необходима кадастровая основа. 3D-модели зданий приведены в XML-формат.

- Добавлен инструмент графического анализа (inSpect), интегрированный в инструмент измерений точек, который позволяет проводить измерение и анализ опорных точек в рамках одного диалога.
- Изменена структура обработки файлов в модулях DTMaster и DTM Toolkit. Теперь есть возможность обрабатывать проекты с цифровыми моделями рельефа, состоящими из миллиардов точек.
- Улучшена поддержка наклонных изображений (для полу-

чения крыш и фасадов).

- Добавлена поддержка данных со спутника ALOS.
- Выпущена версия Lite по специальной цене со скидкой для модулей MATCH-AT, MATCH-T DSM и OrthoMaster. В MATCH-AT Lite можно обработать блок из 250 изображений. MATCH-T DSM Lite и OrthoMaster Lite ограничены 250 кадрами или 12 изображениями линейного сканирования, также они не поддерживают пакетную обработку данных.
- Улучшена производительность за счет многопоточности. Технология многопоточности теперь может использоваться для некоторых трудоемких задач обработки данных в модулях MATCH-AT, MATCH-T и OrthoMaster (кроме версий Lite) для ускорения обработки.

## В НОВОЙ ВЕРСИИ ГИС «ПАНОРАМА» ДОБАВЛЕНА ПОДДЕРЖКА СЕРВИСА IMAGECONNECT

Пользователи новой версии ГИС «ПАНОРАМА» могут теперь загружать геопривязанные космические снимки сверхвысокого пространственного разрешения (до 50 см) со спутников WorldView-1,2 и QuickBird из архива компании DigitalGlobe непосредственно в

собственную ГИС-среду. Такие возможности обеспечивает уникальное расширение к ГИС-программам ImageConnect.

ГИС «ПАНОРАМА» — линейка продуктов от КБ «ПАНОРАМА», позволяющая создавать и редактировать электронные карты, выпол-

нять различные измерения и расчеты, строить 3D-модели, обрабатывать растровые данные, готовить графические документы в электронном и печатном виде, осуществлять различные тематические проекты, базирующиеся на пространственных данных.

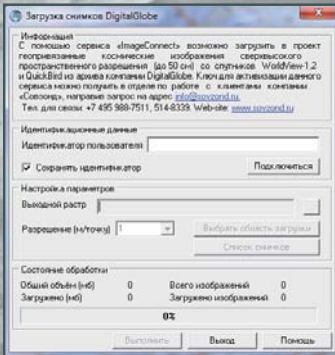


Рис. 1.  
Интерфейс добавленного сервиса ImageConnect

Добавленный сервис ImageConnect (рис. 1) позволяет пользователям новой версии программы ГИС «Карта 2011» мгновенно отобразить данные дистанционного зондирования (ДЗЗ) в ГИС-проекте с автоматическим преобразованием в нужную проекцию (установленную в программе на момент отбора данных). Использование расширения ImageConnect к ГИС-программам позволяет существенно снизить стоимость данных ДЗЗ и избежать затрат на их архивирование.

Для активации сервиса ImageConnect в ГИС «ПАНОРАМА» необходимо направить запрос на получение ключа от специалистов компании «Совзонд» с помощью

кнопки «Активация сервиса ImageConnect» (рис. 2).

Напомним, что сервис ImageConnect поддерживается также такими распространенными ГИС-приложениями, как ArcGIS, MapInfo Professional и др.

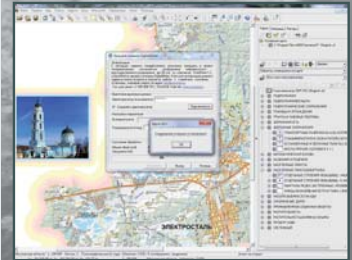


Рис. 2.  
Активация сервиса ImageConnect в ГИС «Карта 2011»

## TTSYSTEMS И «СОВЗОНД» ЗАКЛЮЧИЛИ КОНТРАКТ НА ПОСТАВКУ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ TTS



TTSystems и компания «Совзонд» подписали контракт на поставку 30 программно-аппаратных комплексов визуализации пространственной информации TTS различной конфигурации от 46" до 82".

Приобретенные комплексы войдут в состав интегрированных решений, поставляемых компанией «Совзонд» в ряде корпоративных и отраслевых геоинформационных систем, и позволят визуализировать и интерпретировать пространственные данные.

Программно-аппаратный комплекс TTS представляет собой специализированный цифровой информационный дисплей, оснащенный инфракрасной сенсорной multi-touch панелью с защитным стеклом, обеспечивающей уникаль-

ные возможности для интерактивной работы с пространственными данными в любом специализированном ГИС-приложении, а также для работы с текстовой информацией, таблицами, изображениями и графическими 3D-объектами.

Программно-аппаратный комплекс TTS позволяет:

- визуализировать пространственную информацию для обзора и понимания;
- вводить данные в реальном режиме времени для принятия оперативных решений;
- синхронизировать работу многих специалистов посредством использования сети для принятия решений;
- использовать справочную информацию и метаданные;

- собирать и анализировать информацию из дистанционных удаленных источников;
- визуально оценивать текущие и исторические данные для определения и понимания тенденций изменений.

Компания TTSystems выпускает несколько модификаций TTS с различными размерами экрана по диагонали – от 46" до 82". TTS может оснащаться встроенным либо внешним персональным компьютером, а также роботизированной электрической стойкой, позволяющей устанавливать дисплей на необходимой для работы высоте и в необходимой плоскости.



# Лесные пожары и космическая съемка. Мнения экспертов

*Экстремально жаркая и засушливая погода, случившаяся нынешним летом в центральных районах европейской части России, и, как следствие этого, масштабные лесные пожары, бушевавшие во многих регионах, привлекли внимание к возможности использования космических съемок для оперативного выявления очагов возгораний.*

*Мы попросили коротко осветить некоторые злободневные вопросы заместителя директора Института космических исследований РАН, отвечающего за направление «Исследование Земли из космоса», одного из руководителей работ по созданию, внедрению и поддержке информационной системы дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз), доктора технических наук Е.А. Лупяна.*

**В немногочисленной публичной информации об использовании космических съемок для мониторинга лесных пожаров в России этим летом упоминаются в основном космические аппараты Terra и Aqua со спектрометром MODIS. Достаточно ли, на Ваш взгляд, только данных с этих спутников?**



Дистанционный мониторинг лесных пожаров сегодня – это комплексный вопрос. Его не следует понимать только как мониторинг активно действующих пожаров. Это еще и мониторинг пожарной опасности, оценка пройденных огнем площадей, степени повреждения лесов и решение многих других задач, необходимых для ведения работ по обнаружению и тушению лесных пожаров, а также оценки их последствий. Конечно, все эти вопросы нельзя решить, используя только данные MODIS. Даже если говорить о получении информации об активном горении, то, как показывает наш опыт, для повышения частоты наблюдения действующих пожаров, безусловно, полезно вместе с данными MODIS использовать и данные приборов AVHRR со спутников NOAA.

**Какие из работающих на орбите космических аппаратов перспективны для решения этих задач?**

Если говорить о реальном опыте использования спутниковых данных для комплексного мониторинга природных пожаров и их последствий, то, кроме данных спутников Terra, Aqua (прибор MODIS) и NOAA (прибор AVHRR), в ИСДМ-Рослесхоз сейчас массово используются данные спутников Landsat и SPOT-4. Для детальных выборочных оценок последствий отдельных пожаров используются также данные RapidEye. В ряде случаев (например, для верификации алгоритмов оценки повреждений лесов пожарами), безусловно-

но, полезны и данные сверхвысокого пространственного разрешения, например QuickBird. Правда, речь о массовом использовании таких данных для решения задач лесопожарного мониторинга пока не идет, в первую очередь из-за высокой цены данных и низкой периодичности съемки. Большие надежды мы возлагаем в перспективе на использование данных среднего пространственного разрешения, в том числе получаемых прибором КМСС, который, как мы надеемся, будет устойчиво работать на российских метеорологических спутниках серии Метеор-М.

### **Выделяются ли государством достаточные средства для ведения космического мониторинга лесных пожаров?**

В последние несколько лет на обеспечение работы и дальнейшее развитие ИСДМ-Рослесхоз выделялись достаточно адекватные средства. К сожалению, в этом году средства были существенно сокращены, что привело в первую очередь к снижению объемов используемых в системе данных высокого пространственного разрешения и соответственно уменьшению работ по детальной оценке отдельных гарей. С учетом того, что в рамках лесопожарного мониторинга должны также решаться вопросы оценки постпожарных изменений и подготовки информации для обновления лесного реестра, необходимо увеличение средств на проведение такого мониторинга.

### **Можно ли оценить эффективность использования данных ДЗЗ для выявления очагов возгораний?**

Следует отметить, что выявление очагов возгораний как одна из основных задач спутникового мониторинга стоит только в зонах космического мониторинга первого уровня (где решения о реакции на возникшие пожары принимаются только после их обнаружения по спутниковым данным) и космического мониторинга второго уровня (где тушение пожаров вообще не производится и мониторинг осуществляется только спутниковыми системами). В этих зонах спутниковый монито-

ринг сейчас полностью заменил авиационный, и альтернативы ему нет.

В зонах же авиационного и наземного мониторинга задача обнаружения пожаров лежит пока на наземных и авиационных средствах. В то же время, как показывает опыт эксплуатации ИСДМ-Рослесхоз, даже в этих зонах на основе спутниковых данных обнаруживается (т.е. впервые наблюдается) значительное число пожаров. Например, в 2009 г. более 50% пожаров, которые в дальнейшем стали крупными, были зарегистрированы по спутниковым данным на сутки раньше, чем по наземным и авиационным данным.

Высказать свое мнение о современном состоянии и перспективах мониторинга лесных пожаров из космоса с помощью оптико-электронных и радарных систем мы предложили также специалистам компании «Совзонд».

**А.С. Черепанов**, старший инженер по тематической обработке данных ДЗЗ, кандидат географических наук.



«Использование данных мультиспектрального сенсора MODIS, установленного на аппаратах Terra и Aqua американской системы EOS (Earth Observation Satellites), уже стало традиционным для целей выявления большинства контрастных тепловых аномалий на поверхности Земли, в том числе и раннего выявления очагов лесных и степных пожаров.

Обусловлено это, с одной стороны, революционным для своего времени (Terra функционирует с 1999 г., Aqua – с 2002 г.) набором спектральных зон (всего 36, они покрывают диапазон от 0,6 до 14 мкм), широкой полосой охвата (2330 км), высокой периодичностью съемки и, что также немало важно, открытым бесплатным доступом для всех физических лиц и организаций, а с другой – отсутствием реальной альтернативы для замены этих данных при решении указанной задачи. На современных съемочных системах среднего и высокого

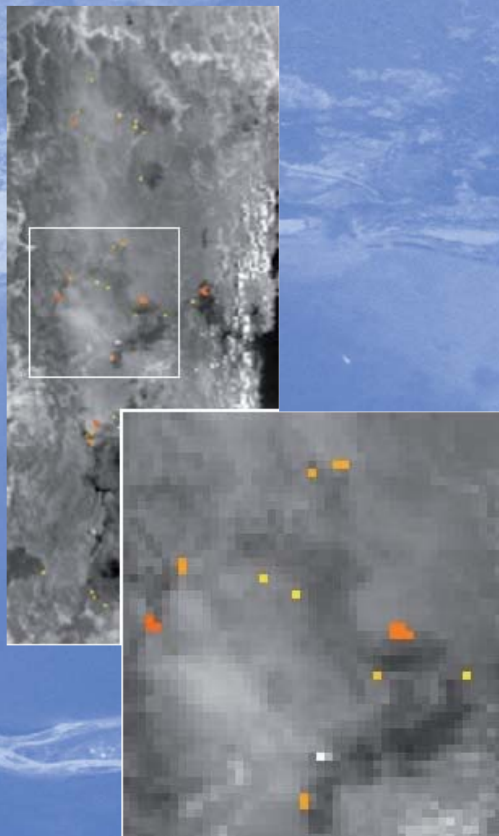


Рис. 1. Данные сенсора MODIS. Лесные пожары в Австралии, январь 2002 г.

Инфракрасный канал 9 мкм. Размер пиксела – 1 км [D. Oertel. High-temperature Applications of FUSION. Deutsches Zentrum f. Luft- und Raumfahrt, Optische Informationssysteme (DLR-OS) & Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH (Astrofein), Berlin].

пространственного разрешения зачастую отсутствует аппаратура для съемки в среднем инфракрасном и инфракрасном диапазонах спектра, а на тех системах, где она есть (Landsat-5 / TM, Landsat-7 / ETM, Terra/ ASTER), не используется очень важный для выявления очагов пожара диапазон – 3,5–4 мкм.

Поэтому, несмотря на все имеющиеся недостатки (низкое пространственное разрешение (около 1 км) в важных для выявления очагов пожара диапазонах спектра 3,5–4 и 8–9 мкм; сложная геометрия, требующая специальных приемов при обработке; сильные искажения на краях сцен; низкая точность орбитальной привязки), на сегодняшний день данные сенсора MODIS остаются незаменимыми при решении такой важной и как никогда актуальной задачи мониторинга и выявления очагов лесных пожаров (рис. 1).

Безусловно, появление нового спутника (или группировки из спутников), выполняющего съемку в диапазонах спектра 3,5–4 и 8–9 мкм с хорошим пространственным разрешением (100–200 м), могло послужить существенным дополнением к имеющейся системе мониторинга и выявления очагов лесных пожаров».

**Ю.И. Кантемиров**, ведущий специалист отдела программного обеспечения по обработке радарных данных.



«Использование спутниковых радарных данных для мониторинга лесных пожаров и их предотвращения представляется крайне перспективным ввиду всепогодности радарных съемок. Однако первые попытки по оконтуриванию гарей, описанные во многих публикациях 1990-х гг., нельзя назвать удачными. Оказалось, что на некоторых радарных снимках гари четко дешифрируются, а на других снимках их не видно совсем. Анализ многопроходных серий радарных снимков также показал, что в некоторых случаях появление и развитие гарей хорошо заметны, в то время как в других случаях никаких изменений на радарных снимках выявить не удастся, хотя было известно, что пожары на анализируемых территориях произошли.

Этот не слишком удачный опыт 1990-х гг. объясняется довольно просто. В то время широко использовались радарные спутники ERS-1 и ERS-2, которые вы-



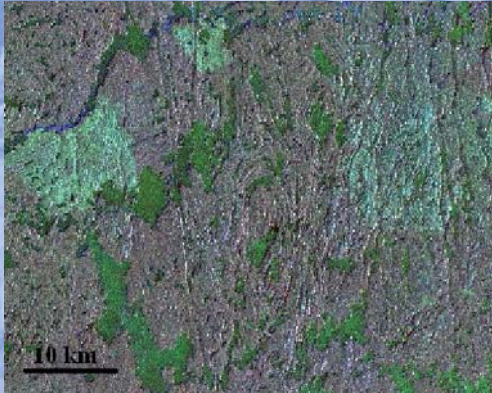


Рис. 2.  
Мультивременной RGB-композит на территорию Саскачеван (Канада).  
В красном канале – снимок ERS за апрель 1995 г., в зеленом – за октябрь 1995 г., в синем – за январь 1996 г. Водная поверхность показана темно-зеленым и синим цветами. Красно-коричневый цвет (большая часть снимка) – неповрежденный лес. Светло-голубой цвет – гарь от пожара летом 1995 г. [E. Dwyer, S. Monaco, P. Pasquali. An Operational Forest Mapping Tool Using Spaceborn SAR Data. ERS-ENVISAT Symposium, Goteborg, October, 2000].

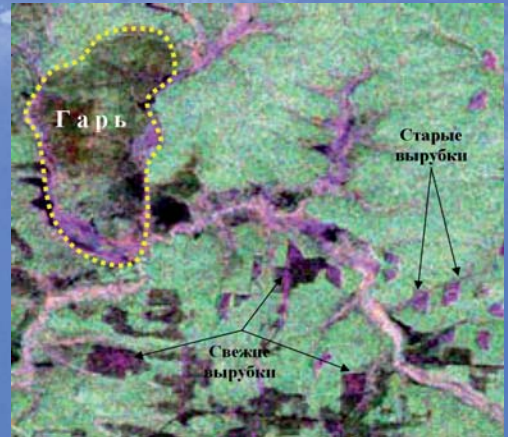


Рис. 3.  
RGB-композит, построенный по трем поляризационным каналам одного радарного 4-поляризационного снимка ALOS/PALSAR.  
Красный канал – поляризация ГГ, зеленый – ГВ, синий – ВВ [Chr. Thiel, Car. Thiel, J. Reiche, R. Leiterer, M. Santoro, C. Schmullius. Polarimetric PALSAR SAR data for forest cover mapping in Siberia. Proceedings of the 2008 Dragon Symposium, 21-25 April 2008, Beijing, P. R. China].

полняли съемку только лишь в одной поляризации (ВВ) и только под одним относительно небольшим углом съемки (23°). Однако даже при таких ограниченных возможностях достигались хорошие результаты за счет анализа интерферометрической когерентности, изменений амплитуды отражения и построения мультивременных RGB-композитов (рис. 2).

С появлением новых спутников, способных производить съемку одновременно в четырех поляризациях (ВВ, ВГ, ГВ, ГГ) и в широком диапазоне углов съемки (от 10 до 60°), выяснилось, что съемка в 4-поляризационном режиме или в 2-поляризационном режиме с кросс-поляризацией при больших углах съемки от вертикали значительно усиливает контраст между гарью и окружающим лесом.

С помощью технологий поляриметрии и поляризационной интерферометрии, реализованных в программном комплексе SARscape, можно создать серию

выходных тематических продуктов, на которых выделяются гарь и наблюдается их развитие во времени. В настоящее время, по мультиполяризационным данным при значительных углах съемки от вертикали уверенно выделяются классы «лес» и «не лес». Сложнее отделить вырубки от гарей. Если недавние вырубки довольно уверенно выделяются в отдельный класс, то старые вырубки от гарей отличить довольно сложно. Пример выделения гарей и вырубок приведен на рисунке 3.

Выводы: для задач мониторинга пожаров радарные данные ДЗЗ должны применяться в комплексе с оптическими и по возможности при поддержке полевых наблюдений. Многопроходные интерферометрические серии радарных снимков предпочтительнее, чем единичные изображения».

**М.А. Болсуновский** (Компания «Совзонд»)

В 1990 г. окончил Киевское высшее инженерное радиотехническое училище. С 2004 г. работает в компании «Совзонд», в настоящее время – заместитель генерального директора.

# Современные подходы к организации оперативного космического мониторинга

Определение подходов к организации системы космического мониторинга как составной части поддержки принятия управленческих решений требует четкого определения, что же такое в этом смысле мониторинг и космический мониторинг.

**Мониторинг** – это составная часть управления, которая заключается в непрерывном наблюдении и анализе деятельности экономических объектов с отслеживанием динамики изменений.

**Космический мониторинг** заключается в непрерывном многократном получении информации о качественных и количественных характеристиках природных и антропогенных объектов и процессов с точной географической привязкой за счет обработки данных, получаемых со спутников дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Космический мониторинг позволяет получать однородную и сравнимую по качеству информацию одновременно для обширных территорий, что практически недостижимо при любых наземных обследованиях.

Исходя из этого определения, можно выделить ряд принципиальных требований к космическому мониторингу:

- возможность наблюдения за большими площадями и протяженными объектами;
- высокое пространственное разрешение (до 50 см) и точность, в т. ч. без наземных точек привязки;
- высокая периодичность съемки, оперативность получения исходных и обработанных данных ДЗЗ;
- возможность построения цифровых моделей рельефа (ЦМР) и местности (ЦММ) по стереосъемке с космических аппаратов (КА) ДЗЗ;

- возможность выполнения съемки в большом количестве спектральных каналов;
- возможность использования материалов космического мониторинга напрямую во всех стандартных ГИС.

Есть разные варианты получения данных ДЗЗ при осуществлении космического мониторинга. Среди них наибольшее распространение получили два подхода (назовем их условно первый и второй):

первый – заказ через дистрибьютора необходимых данных ДЗЗ у оператора КА;

второй – установка собственной станции приема, получение лицензии и прием данных ДЗЗ непосредственно с КА.

Рассмотрим, в чем преимущества и недостатки каждого подхода, и попытаемся развеять бытующие заблуждения о том, что второй подход эффективнее и перспективнее первого.

## ПЕРВЫЙ ПОДХОД К ПОЛУЧЕНИЮ ДАННЫХ ДЗЗ

Заказ необходимых данных ДЗЗ через дистрибьютора (рис. 1) – наиболее распространенный способ получения необходимой информации для космического мониторинга.

У этого подхода есть много преимуществ, но есть и ряд недостатков.

### Преимущества:

- возможность заказа и получения данных с любых КА ДЗЗ, в т. ч. со спутников сверхвысокого разре-



Рис. 1.  
Традиционный подход к получению данных через дистриьютора

шения нового поколения, таких, как WorldView-1 (разрешение в панхроматическом режиме – 0,5 м), WorldView-2 (0,46 м), GeoEye-1 (0,41 м), а также со спутников мониторингового назначения RapidEye;

- доступ к громадному количеству архивных данных ДЗЗ крупнейших операторов; так, например, архив компании DigitalGlobe (оператор спутников WorldView-1,2, QuickBird) в настоящее время включает космические снимки с общей площадью покрытия более 1 млрд кв. км;
- высокие скорости поставки данных ДЗЗ, например, поставка данных с группировки спутников DigitalGlobe (WorldView-1,2, QuickBird) осуществляется в течение 2 часов после выполнения съемки;
- возможность заказа съемки в различных видах (съемка под разными углами отклонения от надира, съемка в стереорежиме, мультиспектральная съемка и т. д.);
- получение данных требуемого уровня обработки и в необходимых форматах;
- возможность заказа съемки определенных площадей и на конкретные даты;
- получение данных в виде, готовом для использования в стандартном программном обеспечении;
- получение геoprивязанных снимков, причем точность геопозиционирования данных позволяет обрабатывать их «на лету» без использования наземных опорных точек, что существенно снижает финансовые и временные затраты;
- возможность мониторинга больших площадей, в т. ч. протяженных объектов, за счет высокой периодичности съемки, оперативности получения исходных и обработанных данных ДЗЗ; так, например, группировка спутников RapidEye способна проводить повторную съемку одних и тех же районов ежедневно;
- возможность выполнения съемки в большом

количестве спектральных каналов; так, например, мультиспектральный сенсор КА RapidEye ведет съемку в 5 каналах, а КА WorldView-2 – в 8 каналах;

- возможность прямой загрузки данных ДЗЗ непосредственно во все наиболее распространенные ГИС-приложения (такие, как ArcGIS, MapInfo и др.); ряд операторов предлагают для этого сервисы прямого доступа к данным ДЗЗ (например, сервис ImageConnect от компании DigitalGlobe).

#### Недостатки:

- скорость поставки радарных данных ниже, а стоимость при заказе больших массивов радарных данных или регулярного мониторинга больших территорий выше, чем при приеме данных на собственную станцию приема;
- экономически нецелесообразно заказывать данные низкого разрешения и метеоданные;
- требуется совершенствование нормативно-правовой базы и решение ряда организационных задач для развития системы дистрибуции данных ДЗЗ с российских КА.

#### ВТОРОЙ ПОДХОД К ПОЛУЧЕНИЮ ДАННЫХ ДЗЗ

Установка собственных станций приема и получение данных непосредственно с космических аппаратов (рис. 2) на первый взгляд кажутся наиболее эффективными, однако анализ преимуществ и недостатков (которых оказывается значительно больше) говорит об обратном.

#### Преимущества:

- экономическая целесообразность использования станций приема для данных с радарных КА (например, RADARSAT-1,2, ERS, Envisat и др.) при решении мониторинговых задач, в этом случае обеспечивается реальная оперативность;
- эффективность использования персональных



Рис. 2.  
Традиционный подход к получению данных посредством станции приема

станций для приема данных с метеорологических КА (облачность, являющаяся существенной помехой на снимках высокого разрешения, в этом случае сама является объектом исследования);

- эффективность приема данных ДЗЗ с российских КА, в т. ч. «Ресурс-ДК1», а также перспективных «Канопус-В» и «Ресурс-П» (при условии передачи оператором пользователю части функций планирования новой съемки).

#### Недостатки:

- возможность приема данных только с некоторых спутников (в основном среднего и низкого разрешения) и соответственно, невозможность приема данных с самых современных КА ДЗЗ (WorldView-1,2, GeoEye-1, RapidEye, ALOS, TerraSAR-X, TanDEM-X и др.), причем операторы этих спутников не предусматривают такой возможности и в будущем;
- большие финансовые вложения на приобретение, установку и развертывание станций приема, а в дальнейшем и на ее обслуживание; при этом качество получаемых данных не создает предпосылок для окупаемости вложенных средств;
- необходимость затрат на обучение персонала по обслуживанию станций приема, приобретение специального программного обеспечения;
- большие ежегодные лицензионные отчисления операторам;
- прием данных в виде битовой последовательности с последующим преобразованием к нестандартным форматам (за редким исключением) представления данных: это ведет к большим

затратам времени на прием данных и на их дальнейшую первичную обработку, что, в свою очередь, нивелирует преимущество оперативного получения данных на собственную станцию;

- отсутствие возможности принимать данные за пределами зон радиовидимости станций;
- отсутствие возможности планирования новой съемки (вопреки общепринятому заблуждению о наличии такой возможности у собственников станций приема): спутники принадлежат зарубежным компаниям-операторам, которые никогда не передают права на планирование и управление своими КА и учитывают пожелания заказчика только в том случае, если они не мешают выполнению их собственных задач;
- возможность приема данных только по стандартным сценам съемки, что крайне неудобно: требуется время и специальное программное обеспечение для их сшивки, кроме того, сцены часто покрывают излишние для заказчика территории, за которые тем не менее необходимо платить, так как на передачу этих лишних данных также требуется время;
- неэффективное расходование средств на прием всего массива данных, среди которых могут быть некачественные снимки (например, с большим процентом облачности), что требует последующей трудоемкой обработки.

Как было отмечено выше, станции приема позволяют принимать данные ДЗЗ только с некоторых спутников (в основном среднего и низкого разрешения), поэтому их применение



эффективно для организаций (компаний), решающих, например, мониторинговые задачи с применением радарных данных или работающих с метеоданными ДЗЗ. Для пользователей, которым космические снимки нужны в качестве средства для решения практических задач, таких, например, как экологический и сельскохозяйственный мониторинг, крупномасштабное картографирование и многие другие, собственные станции приема вряд ли могут быть полезны, а затраты на их приобретение представляются чрезмерными.

При продвижении на рынок станций приема некоторые поставщики пытаются привлечь потенциальных заказчиков такими их преимуществами, как:

- независимость при планировании новой съемки;
- оперативность получения данных;
- возможность сократить расходы.

Однако, как было показано выше, эти преимущества являются мнимыми. Несмотря на это, заблуждения относительно эффективности и перспективности использования станций приема привели к тому, что Россия по их количеству обогнала весь мир. Всего в России развернуто (однако это не значит, что все они работают!) около 100 станций приема. Всего же у нас до 350 персональных станций приема (или 1/3 от их количества в мире).

Продолжающееся наращивание в стране станций приема говорит о том, что упорно игнорируются (или в лучшем случае не замечаются) нынешние мировые тенденции в развитии технологий доступа к данным ДЗЗ. Заметим, что тем самым Россия закрепляет свое отставание в области ДЗЗ.

В мире персональные станции были актуальны 10–12 лет назад, когда не было нынешних технологий скоростной передачи данных, бортовые запоминающие устройства (ЗУ) имели ограниченный объем, что предполагало регулярный сброс накопленных данных на наземный сегмент во избежание переполнения ЗУ и потери части данных.

В настоящее время ведущие мировые операторы работают по совершенно другим схемам: данные с современных КА сбрасываются на одну-две станции оператора, и доводятся до потребителя посредством высокоскоростных каналов связи с использованием сетевых технологий. Сейчас на персональные станции можно принимать, как правило, данные с морально

(да и физически) устаревших КА. Данные с самых современных КА ДЗЗ (WorldView-1,2, GeoEye-1, RapidEye, ALOS, TerraSAR-X и др.) на персональные станции приема не передаются.

Во всем мире государственные организации и агентства (а они, как правило, и являются главными пользователями станций приема) отказываются от использования персональных станций приема и переходят к заказу съемок операторам КА ДЗЗ и получению данных непосредственно от них (или через дистрибьюторов).

Наглядный пример. Несколько лет назад в Китае была развернута сеть из трех станций SPOT. Цель — получение полного покрытия страны данными ДЗЗ со спутника SPOT-5. Три года подряд попытки выполнить эту задачу заканчивались неудачей. Это не должно удивлять: спутник SPOT-5 всего один, и увеличение количества станций на его производительность никак не влияет. В 2009 г. Китай отказался от самостоятельного приема данных непосредственно с КА и заказал съемку с группировки из пяти спутников новейшего поколения RapidEye. Результат — полное покрытие территории страны менее чем за пять месяцев. При этом получены данные высочайшей точности, в пяти спектральных каналах и, что не менее важно, готовые к использованию.

Бурное революционное развитие отрасли ДЗЗ привело к тому, что оба традиционных подхода уже не могут обеспечить современный уровень задач космического мониторинга. Еще вчера мы имели:

- мало спутников и соответственно мало данных;
- низкую точность исходных данных, для ее повышения требовались наземные точки привязки и высокоточные модели рельефа;
- небольшое количество спектральных каналов: в лучшем случае четыре, а чаще только один, панхроматический;
- малые площади, охваченные съемками сверхвысокого разрешения;
- низкую периодичность съемки — 3–4 дня, слабую оперативность получения данных — до 1–2 недель, невысокую скорость обработки информации.

#### **Сегодня же у нас:**

- на орбите много спутников, и как следствие — колоссальные массивы данных;



Рис. 3.  
Новый подход: виртуальный прием данных

- высокая точность исходных данных без наземных точек привязки;
- съемка в 5–8 спектральных каналах;
- большие площади съемки сверхвысокого разрешения;
- высокая периодичность съемки – до 1 суток, беспрецедентная оперативность получения данных – до 2 часов, высокая скорость обработки данных.

Все это требует **пересмотра традиционных подходов к космическому мониторингу**. Новый

подход, предлагаемый компанией «Совзонд», предполагает активное использование виртуальных инструментов получения данных. В этом случае традиционные дистрибьюторы (поставщики данных ДЗЗ) уступают место системным интеграторам (рис. 3).

При использовании нового подхода заказчику обеспечивается возможность доступа к данным ДЗЗ посредством геопорталов и геосерверов (рис. 4, 5).

В заключение отметим главные предпосылки, дающие преимущество виртуальному приему:

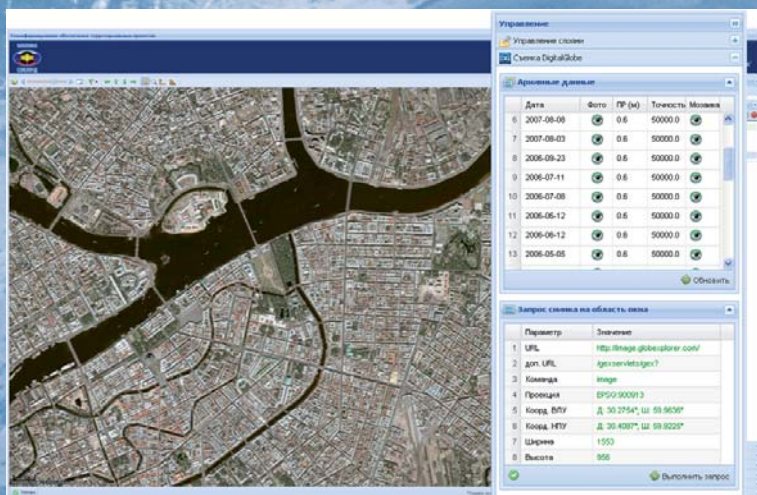


Рис. 4.  
ГЕОСЕРВЕР компании «Совзонд»: анализ наличия архивной съемки за разные даты

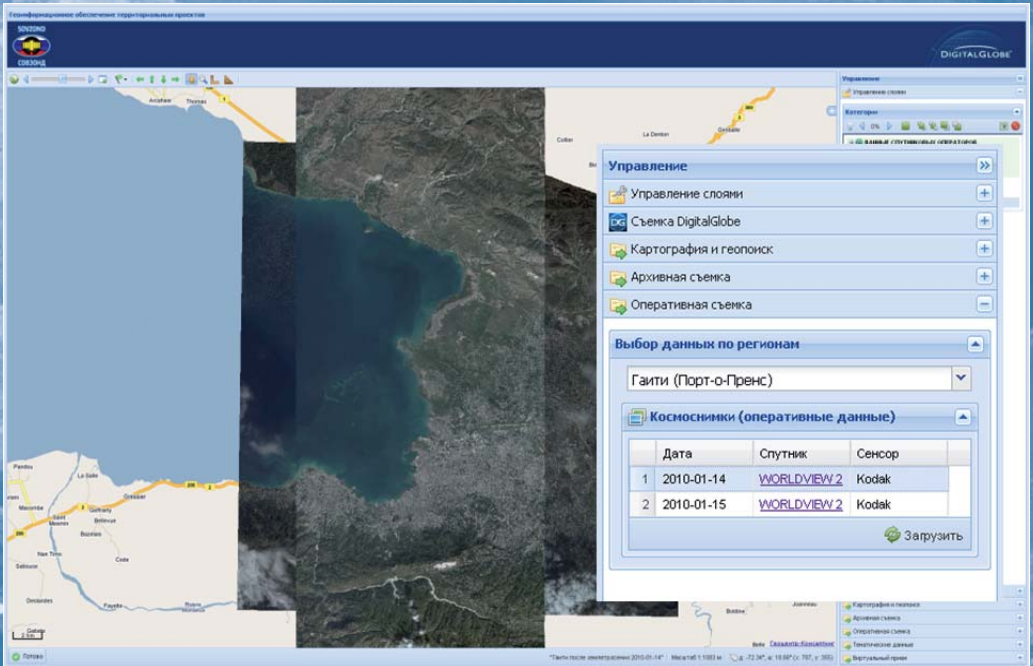


Рис. 5.  
ГЕОСЕРВЕР компании «Совзвонд»: оперативная съемка на заказ

- появление широкополосных каналов передачи данных (увеличение скоростей, объемов, устойчивости, качества передачи данных, снижение стоимости);
- появление КА новейшего поколения:
  - сверхвысокого разрешения (WorldView-2);
  - высокого разрешения картографического назначения (ALOS);
  - высокого разрешения природоресурсного мониторингового назначения (RapidEye);
  - радарных сверхвысокого разрешения (TerraSAR-X, TanDEM-X, RADARSAT-2);
- разветвление на орбите отечественной навигационной системы ГЛОНАСС;
- появление технологий высокопроизводительной потоковой обработки данных ДЗЗ, в т. ч. большого числа спектральных каналов и стереосъемки даже без наземных опорных точек;

- появление новейших систем визуализации геопространственной информации и поддержки принятия решений.

Новый подход к получению данных ДЗЗ (виртуальный прием, минуя дистрибьютора) делает космический мониторинг особенно перспективным в качестве информационно-аналитической основы ситуационных центров различного уровня. Космический мониторинг обеспечит наблюдение за теми или иными видами природных ресурсов, промышленными, транспортными объектами. Виртуальный прием — главная гарантия оперативного получения пространственной информации в ситуациях, требующих принятия безотлагательных решений: экологические проблемы, чрезвычайные ситуации.



**Б.А. Дворкин** (Компания «Совзонд»)

В 1974 г. окончил Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова по специальности «картография». Работал в ПКО «Картография», ООО «Картография Хубер», ГИС-Ассоциации, Научном геоинформационном центре РАН. В настоящее время — аналитик компании «Совзонд». Кандидат географических наук.

**М.А. Элердова** (Компания «Совзонд»)

В 2001 г. прошла обучение по Президентской программе подготовки управленческих кадров. В 2006 г. окончила Всероссийскую академию внешней торговли по специальности «экономист-международник». С 2003 г. работает в компании «Совзонд», в настоящее время — директор по развитию бизнеса.

## Особенности наземных сегментов современных космических систем ДЗЗ

Современные системы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) представляют собой достаточно сложные структуры. В их составе можно выделить космический и наземный сегменты. Космические сегменты (т. е. спутники или группировки спутников) и их характеристики, как правило, подробно описываются во многих доступных источниках. В настоящей статье автор делает попытку свести воедино разрозненные сведения о наземных сегментах наиболее известных современных систем ДЗЗ, не претендуя на абсолютную полноту, а ограничившись отдельными примерами.

**СОСТАВ НАЗЕМНЫХ СЕГМЕНТОВ СИСТЕМ ДЗЗ**

Наземные сегменты операторов космических систем ДЗЗ, как правило, включают в себя:

- наземный комплекс приема данных;
- комплекс обработки данных;
- комплекс хранения данных.

В зависимости от количества предлагаемых оператором услуг и продукции состав наземного сегмента может включать в себя дополнительные комплексы и системы. Некоторые операторы (например, Infoterra) используют в качестве наземных сегментов элементы инфраструктуры национальных космических агентств. Приведем примеры составов наземных сегментов некоторых космических систем ДЗЗ.

**Космический аппарат (КА) «Ресурс-ДК1» (оператор — НЦ ОМЗ, Россия)**

- Наземный комплекс приема.
- Комплекс предварительной и стандартной обра-

ботки космической информации.

- Комплекс тематической обработки.
- Комплекс обработки информации детального разрешения.
- Комплекс взаимодействия с потребителями данных ДЗЗ.

**КА Landsat-5,7 (USGS, США)**

- Центр управления (SOCC — Spacecraft Operations Control Center).
- Станции управления космическими аппаратами.
- Центры приема заявок от потребителей и обработки поступающих данных ДЗЗ.
- Станции сбора данных на территории США и зарубежные приемные станции.
- Центр хранения и учета данных ДЗЗ.

**КА RapidEye (RapidEye AG, Германия)**

- Центр управления (SOCC — Spacecraft Operations Control Center).
- Станция приема в S-диапазоне (для приема в X-диапазоне используется норвежская станция на Шпицбергене).
- Комплекс предварительной и стандартной обработки космической информации.
- Комплекс хранения и архивирования данных.
- Комплекс тематической обработки и реализации геоинформационных проектов.

**КА TerraSAR-X, TanDEM-X (Infoterra, Германия)**

Наземный сегмент радиолокационной космической системы TerraSAR-X — TanDEM-X обеспечивается

Немецким аэрокосмическим центром (DLR). Компания Infoterra GmbH обеспечивает коммерческую эксплуатацию спутника и тематическую обработку данных. В состав сегмента входят:

- сегмент управления космической системой (MOS – Mission Operations Segment); работа обеспечивается German Space Operation Center (GSOC);
- сегмент калибровки аппаратуры данных (IOCS – Instrument Operation and Calibration Segment); работа обеспечивается Microwaves and Radar Institute (IHR);
- сегмент приема данных (PGS – Payload Ground Segment); работа обеспечивается German Remote Sensing Data Center (DFD) и DLR Remote Sensing Technology Institute (IMF).

### КА RADARSAT-2 (MDA, Канада)

Состав наземного сегмента космической системы RADARSAT-2 представлен на схеме (рис. 1). Сегмент включает в себя 8 подсистем (на схеме – закрашенные голубым цветом прямоугольники).

### КА COSMO-SkyMed (ASI – Итальянское космическое агентство)

- Главный наземный сегмент, включающий комплекс управления космическими аппаратами и т. д.
- Центр планирования и контроля.
- Центр приема, обработки и архивирования.
- Телекоммуникационный центр.
- Станции приема данных.
- Центр корректировки данных.
- Центр обеспечения данными гражданских пользователей.

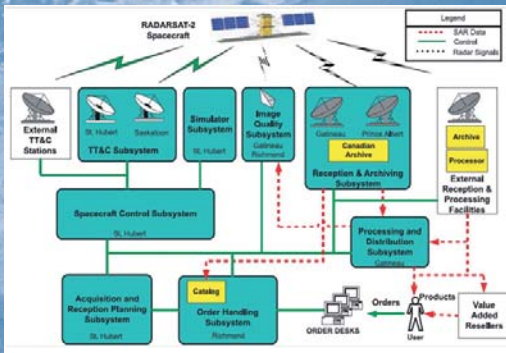


Рис. 1.  
Схема космической системы RADARSAT-2

### СТАНЦИИ ПРИЕМА ДАННЫХ

Важнейшим элементом инфраструктуры наземных сегментов космических систем ДЗЗ являются станции приема данных. Различные операторы используют разные возможности доставки данных с космических аппаратов:

- использование международных сетей наземных станций приема (International Ground Station);
- использование национальных сетей наземных станций приема;
- установка собственных станций приема.

Некоторые агентства имеют свои сети приемных станций, например USGS (США), Европейское космическое агентство (ESA), Индийское космическое агентство (ISRO).

Данные или передаются на Землю сразу в процессе съемки, если спутник находится в зоне видимости приемной станции, или записываются на бортовое записывающее устройство. При наличии сети приемных станций можно вести наблюдение в реальном режиме времени. Такая возможность используется, как правило, только для метеоспутников.

Для передачи данных используются радиолинии в разных диапазонах частот (большой частью в X- и L-диапазонах). Большое значение для оперативного получения данных имеет скорость передачи информации. В табл. 1 приведены данные по некоторым спутникам высокого и сверхвысокого разрешения.

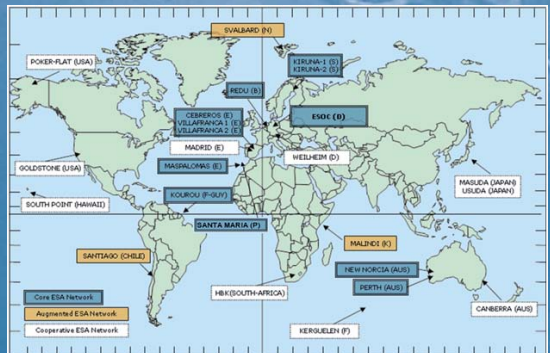


Рис. 2.  
Схема размещения наземных станций ESRACK

Таблица 1

**Скорость передачи информации с космических аппаратов ДЗЗ на наземные сегменты**

Космический аппарат	Скорость передачи информации, Мбит/с
ALOS/PRISM	960
WorldView-1	800
WorldView-2	800
GeoEye-1	740
Ресурс-ДК1	75, 150, 300
ALOS/PALSAR	120, 240
Ikonos	320
KOMPSAT-2	320
QuickBird	320
COSMO-SkyMed-1/2/3	300
TerraSAR-X	300
CARTOSAT-1	210
RESOURCESAT-1	210
ALOS/AVNIR	160
Landsat-7	150
FORMOSAT-2	120
CARTOSAT-2	105
Envisat	105
EO-1	105
ERS-1,2	105
RADARSAT-1	105
RADARSAT-2	105
EROS-A	88
IRS 1C/1D	85
Landsat-5	85
RapidEye	80
SPOT-4	50
SPOT-5	50
KOMPSAT-1	45

Приведем примеры станций приема некоторых космических систем.



Рис. 3.  
Сеть действующих станций системы Landsat

### КА Proba, Envisat, ERS-2 (оператор: ESA — Европейское космическое агентство)

ESA располагает международной сетью наземных станций (ESTRACK), обеспечивающих связь спутников с Центром управления. Каждая станция имеет один или несколько терминалов, включающих в себя антенну и другое необходимое оборудование. На карте (рис. 2) показана схема размещения станций. Синими прямоугольниками обозначено 9 головных станций.

### КА Landsat-5,7 (USGS, США)

Международная сеть станций (IGS) обеспечивает прием данных со спутников Landsat-5 и Landsat-7. На рис. 3 показана сеть действующих станций системы Landsat. Значительная часть станций может также принимать информацию дистанционного зондирования с других космических аппаратов, в частности с французских спутников SPOT-4 и SPOT-5.

### КА RapidEye (RapidEye AG, Германия)

Для приема данных с группировки спутников RapidEye используется собственная станция, расположенная в городе Бранденбурге (прием в S-диапазоне). Для приема данных в X-диапазоне используется норвежская станция на Шпицбергене.

### КА GeoEye-1, IKONOS (GeoEye, США)

GeoEye имеют свою сеть из 12 приемных станций, управляемых из штаб-квартиры компании в Dulles, штат Виргиния. Космический аппарат IKONOS осуществляет сброс данных в основном на станции в Fairbanks и Tromsø в Норвегии, расположенные в полярных широтах. Бортовой накопитель в 64 Гб позволяет хранить информацию между сеансами нахождения в зоне радиовиди-

мости. При необходимости доступ к данным может осуществляться с других станций сети GeoEye.

Для получения данных со спутника GeoEye-1, помимо собственной сети, оператор использует станции на Аляске (Barrow), в Норвегии (Tromsø), Антарктике (Troll), штате Колорадо (Thornton).

Представляет интерес станция приема, установленная на норвежской антарктической станции Troll. Эту станцию, оптимально расположенную в южных полярных широтах (72° ю.ш., 2° в.д.), помимо GeoEye, использует компания DigitalGlobe для сброса данных со спутников WorldView-1 и WorldView-2. Станция оборудована антенной диаметром 7,3 м и всем необходимым оборудованием для приема и первичной обработки данных в S- и X-диапазонах.

#### КА ALOS (JAXA — Японское космическое агентство)

Космический аппарат ALOS сбрасывает данные на наземную приемную станцию JAXA непосредственно или для ускорения передачи через промежуточную станцию, установленную на спутнике KODAMA. Используя эту систему, ALOS может передавать на Землю от 500 до 1000 Гб информации в сутки.

#### УСЛУГИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПРИЕМА ДАННЫХ ДЛЯ ЦЕНТРОВ ПРИЕМА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЗЗ

В настоящее время компания «Совзонд» предлагает услуги по организации приема данных с зарубежных аппаратов. В табл. 2 приводится краткий перечень основных систем ДЗЗ, с которых возможно получение данных на станции приема в России

(direct downlink), либо организация «дистанционной точки приема». В данном случае речь идет о спутниках высокого пространственного разрешения нового поколения. Услуги предоставляются станциям, находящимся в собственности государственных или коммерческих организаций и прошедшим процесс авторизации.

Стоимость услуг по прямому сбросу высока, в особенности со спутников нового поколения (дата запуска с 2008 г.), поскольку практически все операторы в настоящее время в качестве обязательного условия требуют закупать их собственное оборудование (терминалы, демодуляторы и т. д.) и программное обеспечение, а заказчик, как правило, предоставляет антенный комплекс с соответствующими характеристиками и компьютеры. Для спутников старого поколения допускалась разработка приемных трактов силами компаний, занимающихся эксплуатацией наземных сегментов. С коммерческой точки зрения гораздо более выгодным является закупка данных через сеть дистрибьюторов, поэтому большинство приемных станций в мире — это государственные станции, поэтому мы не говорим об экономической целесообразности наличия станции. Однако в ряде случаев наличие точки прямого сброса или дистанционной точки приема становится все более актуальным ввиду появления систем ДЗЗ нового поколения, которые за счет функционирования на орбите группировки спутников позволяют достичь действительно высокой периодичности прохода над одной и той же точкой Земли (до нескольких раз в день), благодаря чему достигается высокая оперативность съемки.

Таблица 2

Основные системы ДЗЗ, с которых возможно получение данных на станции приема в России

Название КА	Кол-во спутников в системе	Пространственное разрешение, м	
		Панхроматический режим	Мультиспектральный режим
CARTOSAT-1 (IRS-P5)	1	2,5	-
CARTOSAT-2	1	1	-
RapidEye	5	-	5
WorldView-2	1	0,5	1,8
COSMO-SkyMed (радарные КА)	3		1
RADARSAT (радарные КА)	2		8,5; 3
SPOT-5	1	5	10

### Организация дистанционной точки приема

Организация дистанционной точки приема данных позволяет заказчику самостоятельно осуществлять планирование съемки интересующего района в режиме online за конкретные даты с необходимыми техническими параметрами, отслеживать ход выполнения своей заявки и получать данные посредством FTP.

Основным преимуществом этого сервиса является оперативность заказа съемки, а также отсутствие необходимости в приобретении дорогостоящего оборудования. Сервис удобен для заказчиков, которым требуются большие объемы данных на территориально распределенные полигоны.

Подписчику сервиса предоставляется возможность зарезервировать определенную часть спутниковых съемочных мощностей, в некоторых случаях гарантируется приоритетность выполнения заказа. Как в случае прямого сброса, так и в случае организации дистанционной точки приема, программирование спутника осуществляется централизованно оператором на основании всех поступивших заявок.

Удобство данной системы заключается прежде всего в максимальном сокращении времени, необходимого на размещение заказа, а также в том, что оператор видит все возможности спутника по съемке и может заполнить планирование в оптимальном для конкретной задачи режиме.

В экстренных ситуациях данная система позволяет разместить заказ за 6 часов до момента съемки и получить изображение (по FTP) практически в режиме реального времени после сброса информации на станцию приема компании - оператора.

Вход в систему возможен с любого компьютера (даже с ноутбука), подключенного к интернету. Никакого дополнительного оборудования (за исключением компьютера и интернета) не требуется.

Снимки становятся доступными для загрузки после прохождения первичной обработки (телеметрия не передается) в цифровом виде в сертифицированных уровнях обработки, готовые для использования в геоинформационной системе.

Огромным преимуществом данного сервиса для многих организаций является возможность оперативного получения данных ДЗЗ сотрудником, находящимся в любой точке земного шара, а также возможность оперативного заказа съемки по любой территории Рос-

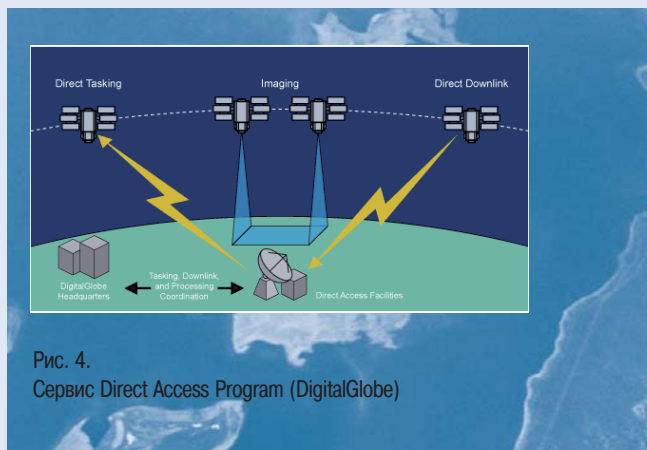


Рис. 4.  
Сервис Direct Access Program (DigitalGlobe)

сии и мира, не ограничиваясь зонами приема наземных станций.

Приведем примеры сервисов прямого доступа.

#### Direct Access Program (DigitalGlobe, США)

Сервис (рис. 4) предназначен для армии, разведки, крупных коммерческих заказчиков и обеспечивает прямой доступ к группировке спутников DigitalGlobe (WorldView-1 и WorldView-2, QuickBird).

Программа позволяет заказчикам решать тактические и стратегические задачи использования космических снимков, при этом сохраняется конфиденциальность и обеспечивается безопасность.

#### Infoterra's Direct Access Services (Infoterra GmbH, Германия)

Сервис (рис. 5) позволяет отобранным партнерам и заказчикам по всему миру получать данные с радиолокационного спутника TerraSAR-X непосредственно на их приемные наземные станции. Сервис носит эксклюзивный характер.

Для пользователей сервиса существует два статуса:

- партнер прямого доступа (Direct Access Partner (DAP));
- заказчик прямого доступа (Direct Access Customer (DAC)).

Пользователь сервиса должен установить станцию прямого доступа (Direct Access Station – DAS) и/или терминал прямого доступа (Direct Access Terminal – DAT). Подписав соглашение, пользователь может:

- посредством специальных WEB-инструментов планировать проведение съемки и получение данных;





Рис.5.  
Сервис Infoterra's Direct Access Services

- получать данные на свою станцию приема после выполнения заданной съемки;
- распоряжаться данными в соответствии с соглашением.

#### Список использованных источников

1. <http://adsabs.harvard.edu/abs/1995JBIS...48..139H>
2. [http://calval.cr.usgs.gov/JACIE\\_files/JACIE06/Files/18Jones.pdf](http://calval.cr.usgs.gov/JACIE_files/JACIE06/Files/18Jones.pdf)
3. [http://cobweb.ecn.purdue.edu/~bethel/eros\\_orbit.pdf](http://cobweb.ecn.purdue.edu/~bethel/eros_orbit.pdf)
4. [http://landsat.usgs.gov/about\\_ground\\_stations.php](http://landsat.usgs.gov/about_ground_stations.php)
5. <http://myformosat2.spotimage.com/html/concept/>
6. <http://rulekcia.ru/kurs/50/2740>
7. <http://scanex.ru>
8. <http://www.antrix.gov.in/#>
9. <http://www.cosmo-skymed.it/en/index.htm>
10. <http://www.digitalglobe.com/index.php/195/Direct+Access+Program>
11. [forschung\\_und\\_entwicklung/missionen/terrasar\\_x/EUSAR-TX-Mission.pdf](http://www.dlr.de/en/Portaldata/1/Resources/forschung_und_entwicklung/missionen/terrasar_x/EUSAR-TX-Mission.pdf)
12. [http://www.eorc.jaxa.jp/en/hatoyama/satellite/satdata/alos\\_e.html](http://www.eorc.jaxa.jp/en/hatoyama/satellite/satdata/alos_e.html)
13. <http://www.esa.int>
14. <http://www.eurimage.com>
15. [http://www.gim-international.com/news/id3532-CRISP\\_GeoEye\\_Imagery\\_Regional\\_Affiliate.html](http://www.gim-international.com/news/id3532-CRISP_GeoEye_Imagery_Regional_Affiliate.html)
16. <http://www.gisdevelopment.net/technology/rs/techrs023a.htm>
17. <http://www.globalinsights.com/Resourcesat1info.pdf>
18. <http://www.ifp.uni-stuttgart.de/publications/phowo01/Scherer.pdf>
19. <http://www.imagesatintl.com/?catid={93927F5B-F4DA-40D8-9A35-AFA24A272E17}#{174F990A-504E-4122-9410-9AE29D6321D5}>
20. [http://www.incaindia.org/technicalpapers/02\\_DAPI01.pdf](http://www.incaindia.org/technicalpapers/02_DAPI01.pdf)
21. <http://www.infoterra.de/terrasar-x/direct-access-services.html>
22. <http://www.nrsc.gov.in/>
23. <http://www.ntsomz.ru>
24. <http://www.radarsat2.info/about/mission.asp>
25. <http://www.rapideye.de/home/system/index.html>
26. [http://www.samspace.ru/S\\_DZZ/наземный\\_комплекс\\_приема.htm](http://www.samspace.ru/S_DZZ/наземный_комплекс_приема.htm)
27. <http://www.spotimage.com>
28. <http://www.thalesgroup.com/assets/0/93/238/c793ccdb-f7f8-4d72-85e5-f715d225a890.pdf?LangType=2057>
29. [https://www.colloquium.fr/eicontent/Congres/05CNES\\_img/session%20%20-%20current%20missions%20and%20future%20plans/Cornet%20Fratter.pdf](https://www.colloquium.fr/eicontent/Congres/05CNES_img/session%20%20-%20current%20missions%20and%20future%20plans/Cornet%20Fratter.pdf)

**А.И. Бакланов** (Филиал ФГУП «ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» НПП «ОПТЭКС»)

В настоящее время – заместитель генерального директора ФГУП «ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс», директор и главный конструктор его филиала – НПП «ОПТЭКС». С 2001 г. – доцент кафедры «Телекоммуникационные системы» Московского государственного института электронной техники (МГИЭТ), заведующий базовой кафедрой НПП «ОПТЭКС» «Оптико-электронные приборы и системы» при МИГЭТ. Кандидат технических наук. Заслуженный создатель космической техники.

## К вопросу о пространственном разрешении и точности привязки изображений космических систем наблюдения высокого разрешения

В XXI веке применение геопро пространственной информации, полученной космическими системами наблюдения, стало насущной необходимостью при решении и реализации самых разных задач, научных и социально-экономических проектов. В настоящее время оптико-электронные спутники наблюдения являются основными источниками разнообразной геопро пространственной и спектральной информации о поверхности Земли.

Постоянное улучшение разрешающей способности является основной тенденцией развития систем наблюдения из космоса на протяжении всего периода их существования и развития. На графике (рис. 1), приведенном в [1], представлены некоторые данные по пространственному разрешению различных спутников наблюдения, запущенных и приступивших к работе в период до 2002 г. Разница в пространственном разрешении военных и гражданских КА достигала 1-2 порядков.

Запуск 24 сентября 1999 г. на орбиту первого коммерческого спутника IKONOS, предназначенного для получения в режиме реального времени цифровых

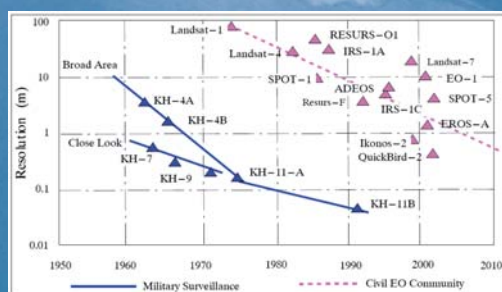


Рис. 1.

Тенденции изменения пространственного разрешения военных и гражданских спутников наблюдения Земли в период до 2002 г.

изображений земной поверхности с пространственным разрешением 1 м и мультиспектральных данных с пространственным разрешением 4 м, открыл новую эпоху в области дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Для широкого круга потребителей стали доступны дан-






Рис. 2.  
Тенденции изменения пространственного разрешения спутников ДЗЗ высокого разрешения


ные с высоким пространственным разрешением, которые ранее использовались только в разведывательных целях.

За космическим аппаратом (КА) IKONOS последовали другие американские спутники: QuickBird (2001 г.) с разрешением 0,61 м и OrbView-3 (2003 г.) с разрешением 1 м. Долгое время небольшую конкуренцию американским спутникам на рынке информации ДЗЗ высокого разрешения составляли только спутники, имеющие более низкое пространственное разрешение: EROS-A (1,9 м, Израиль, 2000 г.), SPOT-5 (до 2,5 м, Франция, 2002 г.), CARTOSAT-1 (2,5 м, Индия, 2005 г.), FORMOSAT-2 (2 м, Тайвань, 2004 г.). Однако с 2006 г. ситуация начала резко изменяться. В 2006-2007 гг. на орбиту выведены и приступили к работе новые космические аппараты с оптико-электронной аппаратурой высокого (метрового) разрешения: EROS-B (Израиль, до 0,7 м) [2], «Ресурс-ДК1» (Россия, до 0,8 м), KOMPSAT-2 (Корея, 1 м), CARTOSAT-2 (Индия, 0,79 м) [3]. В конце 2007 г. начал работу американский космический аппарат WorldView-1 (0,45 м, компания DigitalGlobe), который открыл новую эпоху коммерческих спутников сверхвысокого разрешения. Потребителям стала доступна панхроматическая цифровая информация с разрешением 0,5 м. Запуск и ввод в эксплуатацию в 2008 и 2009 гг. новых американских коммерческих спутников ДЗЗ GeoEye-1 (0,41 м, компания GeoEye) и WorldView-2 (0,46 м, компания DigitalGlobe) с еще лучшим разрешением только под-


твердили обозначенное направление развития в область сверхвысокого разрешения [4, 5]. Эти аппараты помимо панхроматических изображений, обеспечивают одновременную съемку в 4 и 8 мультиспектральных диапазонах соответственно с разрешением, отличающимся в четыре раза. Вполне возможно, что в дальнейшем 8 спектральных диапазонов, используемых WorldView-2, станут новым «стандартом» для аналогичных систем ДЗЗ.

Тенденции дальнейшего постоянного увеличения разрешающей способности коммерческих систем наблюдения отчетливо видны на диаграмме (рис. 2), на которой выделено несколько групп космических аппаратов.


Знаком  обозначены аппараты: FORMOSAT-2, KOMPSAT-2, THEOS, созданные аэрокосмическими компаниями Европы по заказам стран Азии: Тайвань, Корея, Таиланда. Аппараты созданы практически на одной платформе и потенциально могли бы нести полезную нагрузку с разрешением 1 м, тем более что апертура оптических систем на всех КА одинакова – 0,6 м. Но по различным причинам, в том числе, по-видимому, связанным с ограничениями на распространение информации высокого разрешения, только корейский аппарат имеет разрешение 1 м.

Вторая группа, которая обозначена знаком  – это малые КА, осуществляющие съемку в асинхронном режиме. Использование асинхронного режима (тангажного замедления), особенно с большим коэффициентом, существенно упрощает электронную аппаратуру оптико-электронной камеры и позволяет достичь достаточного уровня сигнала за счет увеличения времени накопления. Так, разрешение EROS-A составляет 1,9 м, OrbView-3 – 1 м, а разрешение EROS-B и CARTOSAT-2 уже лучше метра и составляют 0,7 и 0,8 м соответственно. Инструменты перечисленных спутников имеют телескопы с диаметром апертуры от 0,35 до 0,7 м (EROS-A – 0,35; EROS-B – 0,5; OrbView-3 – 0,45; CARTOSAT-2 – 0,7). Из аппаратов этой группы только OrbView-3 был способен осуществлять съемку как в панхроматическом, так и в мультиспектральных диапазонах. Остальные спутники имеют только панхроматический канал. Характерными примерами являются КА EROS-B и CARTOSAT-2, в которых преимущество отдано только разрешаю-

щей способности (0,7–0,8 м) при небольшой полосе захвата 7 и 9,6 км. Так как спутники этой группы работают в асинхронном режиме, то их производительность также невысока. Точность геопривязки данных этих аппаратов составляет около 100 м (CARTOSAT-2).

Следующая группа, обозначенная , это высокопроизводительные спутники высокого и сверхвысокого разрешения, работающие в режиме заметания push broom. Данные спутники имеют высокое разрешение и большую полосу захвата. Пространственное разрешение в этой группе составляет 0,41–0,8 м. Наивысшие характеристики у новых американских спутников сверхвысокого разрешения: WorldView-1, GeoEye-1 и WorldView-2. На сегодняшний день лучшее разрешение имеет КА GeoEye-1 – 0,41 м. Конечно, нужно понимать, что на практике почти все аппараты этой группы, впрочем, как и аппараты второй группы, являются системами двойного назначения. Потенциал, заложенный в технических решениях этих КА наблюдения, позволяет реализовать еще более высокие характеристики. Сообщается о проекте КА GeoEye-2 с разрешением уже 0,25 м.

Основными особенностями нового поколения американских КА ДЗЗ являются: использование крупногабаритной оптики диаметром 1,1 м, новых фотоприемников ПЗС (прибор с зарядовой связью), высокоточной скоростной трехосной системы ориентации и стабилизации, а также радиолинии с большой пропускной способностью. В результате доработок и дооснащения запасами топлива перечисленные аппараты обеспечивают ежедневную производительность до 700 тыс. кв. км в сутки при пространственном разрешении 0,5 м и наилучшей точности геопривязки данных без опорных точек.

Четвертая группа, обозначенная , это экспериментальные мини-спутники и перспективные проекты КА ДЗЗ с относительно высокопроизводительной полезной нагрузкой на основе матриц ПЗС ВЗН (временной задержки и накопления). Начало этому классу аппаратов положил американский, в общем-то, военный экспериментальный спутник TacSat-2 с телескопом диаметром 0,5 м. Спутник имеет разрешение 0,81 м как в панхроматическом, так и в трех дополнительных мультиспектральных (цветных)

каналах и осуществляет съемку в не очень большой полосе 5 км. При этом, несмотря на свои малые габариты (370 кг), аппарат имеет высокую информационную производительность и может производить съемку без какого-либо тангажного замедления. Дальнейшим развитием подобных технологий, сочетающих в себе решения на основе небольших платформ массой около 300 кг, оптики с диаметром от 0,3 до 0,5 м и использования ПЗС ВЗН, являются проекты мини-спутников ДЗЗ высокого разрешения: SkySight (Великобритания), мини-спутник компании EADS, мини-спутник системы e-Corse, предлагаемой специалистами французской компании Thales Alenia Space. Эти проекты малых КА массой 210–600 кг и разрешением 0,6–1,0 м явно закладывают определенную альтернативную концепцию, отличную от создания больших, высокопроизводительных космических аппаратов с предельными характеристиками по всем направлениям.

Спутник SkySight массой 366 кг имеет в своей основе технические наработки английских и канадских специалистов. В качестве полезной нагрузки рассматривается оптико-электронная камера RaiCam-4 с диаметром оптики 0,48 м. Разрешение этого мини-спутника должно составить 1–1,2 м при полосе захвата около 20 км. Рассматривается вариант и с разрешением 0,5–0,6 м. Проект e-Corse французских и итальянских специалистов предполагает создание группировки из 14 спутников, которая обеспечит ежемесячную съемку всей поверхности Земли с разрешением 1 м. Планируемая масса этих КА – 590 кг. Для обеспечения большой полосы захвата (до 60 км) каждый КА должен иметь по две одинаковые камеры с диаметром оптики 0,3 м. В системах типа e-Corse или аналогичном проекте компании EADS (0,7 м и полосой захвата 4,9 км) предполагается, что спутники вообще не имеют систем для обеспечения перенацеливания, а осуществляют съемку только в надири. Непрерывность покрытия при этом обеспечивается за счет баллистического построения группировки КА, когда зона покрытия поверхности Земли непрерывно смещается по долготе.

Возвращаясь к анализу картины, отображенной на диаграмме (рис. 2), нужно, наряду с общей тенденцией увеличения разрешения во всех основных группах, отметить потенциальную возможность реализовать высокое и даже сверхвысокое разрешение на разных платформах. Это достигается при различных способах наблюдения, а

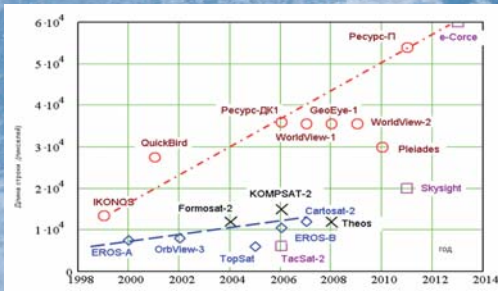


Рис. 3.  
Тенденции увеличения суммарной длины строки фотоприемной аппаратуры КА высокого разрешения

самое главное — при существенно отличающихся массах полезной нагрузки и космических аппаратов ДЗЗ в целом. В чем же состоит принципиальное различие между этими системами? Посмотрим на это с точки зрения других потребительских характеристик получаемых изображений, к которым, кроме разрешения, можно отнести полосу захвата, точность координатной привязки, а также производительность съемки.

Полоса захвата является одной из важнейших характеристик съемочной аппаратуры спутников ДЗЗ высокого разрешения. Этот параметр напрямую связан с производительностью съемки (снимаемой площадью и количеством получаемой информации). С точки зрения технической реализации ширина полосы захвата определяется, в первую очередь, рабочим полем зрения оптической системы камеры, а также общей длиной строки фотоприемников. Для объективной оценки информативности системы имеет принципиальное значение даже не сама полоса захвата, а ее отношение к пространственному разрешению (проекции пикселя на Землю). Это отношение представляет собой суммарную ширину строки фотоприемников, выраженную в количестве пикселей, и в некотором смысле является общим параметром, характеризующим сложность и совершенство оптико-электронной съемочной аппаратуры, аналогично тому, как элек-

тронные фотоаппараты принято характеризовать и даже классифицировать по количеству пикселей (мегапикселей) в используемой матрице. Чем больше количество пикселей в строке, тем с большим информационным потоком приходится работать системе, цифровать, корректировать, сжимать, хранить, передавать по радиоканалу на Землю. Соответственно сложнее и объемнее становится сама аппаратура наблюдения, а также обслуживающие процесс съемки системы. Анализ по выборке оптико-электронных систем наблюдения высокого и сверхвысокого разрешения показывает (рис. 3) неуклонную тенденцию роста суммарной длины строки фотоприемников оптико-электронной аппаратуры наблюдения спутников ДЗЗ высокого разрешения во всех классах. Вместе с ростом длины строки и информационной производительности увеличивается и масса оптико-электронной аппаратуры и спутников ДЗЗ в целом (рис. 4).

Конечно, увеличение общей длины строки фотоприемников, соответствующее усложнение аппаратуры и обрабатываемых информационных потоков являются не единственной причиной увеличения массы спутников ДЗЗ высокого разрешения. Об этом же свидетельствует разная скорость прироста массы в различных группах (классах) спутников ДЗЗ при одинаковом увеличении длины строки и объема циркулирующей информации. Показательна тен-



Рис. 4.  
Увеличение суммарной длины строки фотоприемной аппаратуры и массы КА ДЗЗ высокого разрешения

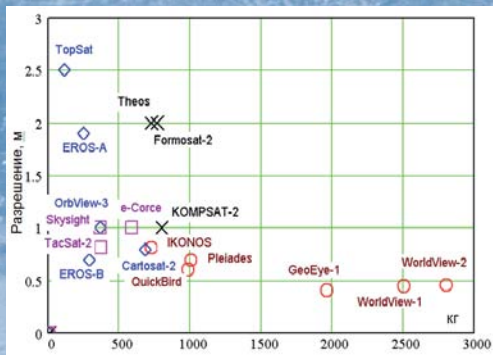


Рис. 5. Диаграмма разрешающей способности и массы КА ДЗЗ высокого разрешения

денция, обозначенная французским КА ДЗЗ PLEIADES [6,7], но особенно наглядно это проявляется на примере американских спутников ДЗЗ сверхвысокого разрешения нового поколения GeoEye-1, WorldView-1 и WorldView-2, которые существенно потяжелели.

Диаграмма на рис. 5 отражает достигнутое разрешение некоторых систем ДЗЗ в зависимости от массы всего спутника вместе с полезной нагрузкой. На этой диаграмме четко выделяется группа спутников сверхвысокого разрешения, у которых при улучшении разрешения с 1 до 0,41 м масса увеличилась с 700–800 кг до 2-3 т. Т. е., перейдя в класс сверхвысокого разрешения, спутники ДЗЗ существенно потяжелели. Так, если масса КА IKONOS и QuickBird-2 составляла 720 и 981 кг соответственно, то масса КА GeoEye-1 составляет 1955 кг, WorldView-1 – 2500 кг, а WorldView-2 – 2800 кг. Очевидно, что кроме повышения информационной производительности (разрешения и длины строки фотоприемников), дополнительные ресурсы массы космических аппаратов были использованы на обеспечение высокой динамики спутника при съемке одновременно с достижением беспрецедентно высокой точности геопривязки получаемых снимков.

Высокая скорость разворотов позволяет быстро перенацеливаться при осуществлении съемки.

Если спутнику IKONOS требовалось для перенацеливания на 300 км по поверхности Земли 18 с, а КА QuickBird-2 – вообще 62 с, то для этой же задачи КА QuickBird-2 потребуются 10 с, GeoEye-1 – 20 с, а WorldView-2 – только 9 с. Это позволяет почти в четыре раза поднять производительность и в десять – маневренность по сравнению с QuickBird-2. При этом появились возможности за счет нескольких соседних сканов осуществлять съемку больших площадок до 60х60 км на одном витке. За счет большой высоты орбиты возросла оперативность съемки. Для QuickBird-2 повторная съемка с разрешением лучше 1 м была возможна через 2,5 суток, для WorldView-1 этот параметр составляет 1,7 суток, а WorldView-2 способен осуществить повторный снимок уже через 1,1 суток.

Высокая динамика в процессе съемки спутниками GeoEye-1, WorldView-1 и WorldView-2, высокая производительность, высочайшая точность геопривязки получаемых снимков – ок. 3 м без использования опорных точек обеспечиваются применением новой системы трехосной стабилизации и новой системы астроориентации на основе звездных датчиков, которая ранее не использовалась на гражданских КА. Точность определения ориентации составляет 0,4" (3) при точности наведения 75" (3) и точности стабилизации 0,007 угл. сек./с. Угловая скорость перенацеливания достигает 4,5 градусов/с для WorldView-1 и 3,5 градусов/с для WorldView-2.

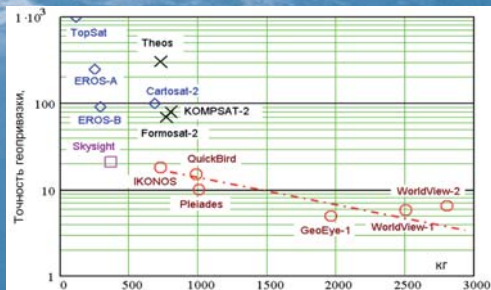


Рис. 6. Точность геопривязки данных аппаратуры спутников ДЗЗ высокого и сверхвысокого разрешения



На диаграмме (рис. 6) представлены данные по точности координатной привязки изображений без использования реперных точек для КА ДЗЗ различной массы. Эта диаграмма специально размещена рядом с диаграммой (рис. 5), показывающей взаимосвязь разрешающей способности и массы спутников ДЗЗ высокого разрешения вместе с полезной нагрузкой. Даже беглый взгляд на обе диаграммы показывает их большое подобие, т. е. имеет место большая корреляция между параметрами массы спутника и точностью координатной привязки получаемых изображений. Как правило, чем больше масса спутника ДЗЗ, тем выше точность координатной привязки информации при одинаковом пространственном разрешении. Например, точность геопривязки данных без контрольных точек, получаемая легкими спутниками класса EROS и CARTOSAT, почти в двадцать раз хуже, чем у тяжелых аппаратов последнего поколения. При увеличении массы точность координатной привязки в целом имеет тенденции к улучшению во всех группах спутников ДЗЗ высокого разрешения, достигая максимума у наиболее тяжелых спутников. Это свидетельствует об увеличении сложности систем ориентации и навигации, а также динамических систем, обеспечивающих быстрые развороты и стабилизацию на современных спутниках ДЗЗ высокого и сверхвысокого разрешения. Очевидно, что прирост массы, наряду с обеспечением повышения информативности, как раз и был использован на обеспечение конструктивных и приборных решений, повышающих стабильность КА при съемке, точность измерения ориентации КА, а в конечном итоге максимально улучшающих точность координатной привязки получаемых изображений без использования реперных точек.

Таким образом, завершая сравнение современных спутников наблюдения высокого и сверхвысокого разрешения, можно констатировать, что различные группы спутников, имеющие существенно разную массу при одинаковой разрешающей способности, в действительности существенно отличаются по другим потребительским характеристикам: информационной производительности, поло-

се захвата, динамике при съемке и точности координатной привязки получаемых изображений без использования реперных точек. Только на больших аппаратах максимальные характеристики по основным потребительским параметрам достигаются одновременно. Для малых КА ДЗЗ разработчики не стремятся реализовать предельные характеристики своих систем сразу по всем направлениям (разрешение, число спектральных каналов, производительность, точность), а сосредотачиваются только на одном или нескольких из этих параметров, реализуя необходимую для себя и коммерчески привлекательную для потребителей систему наблюдения.

#### Список литературы

1. Herbert J. Kramer. *Observation of the Earth and its Environment – Survey of Missions and Sensors. 4<sup>th</sup> Edition* // Springer – Verlag, Berlin, 2002. pp. 1510
2. <http://www.defense-update.com/directory/erosA1payload.htm>
3. <http://directory.eoportal.org>
4. <http://www.digitalglobe>
5. <http://www.geoeye.com>
6. Christophe Renard, Didier Dantes, Claude Neveu, Jean-Luc Lamard, Matthieu Oudinot, Alex Materne, "From SED HI Concept to Pleiades FM Detection Unit Measurements," *Proceedings of the 7th ICSO (International Conference on Space Optics) 2008, Toulouse, France, Oct. 14-17, 2008*
7. Mr. Jean-Luc Lamard, Luc Frecon, Bruno Bailly, Catherine Gaudin-Delrieu, Philippe Kubik, Jean-Marc Laherrere. *The HIGH RESOLUTION OPTICAL INSTRUMENTS FOR THE PLEIADES HR EARTH OBSERVATION SATELLITES* // 59th IAC Congress – 2008 – (13 pages)

**С.А. Золотой** (УП «Геоинформационные системы» НАН Беларуси)

В настоящее время – директор УП «Геоинформационные системы» НАН Беларуси. Кандидат технических наук.

# Белорусская космическая система дистанционного зондирования Земли, современное состояние и перспективы развития

## ИЗ ИСТОРИИ

Проект первого белорусского спутника «БелКА» и Белорусской космической системы дистанционного зондирования Земли (БКСДЗ) в целом возник еще в 2003 г. Однако, как известно, на 73-й секунде полета произошло аварийное отключение двигателей ракеты и первый белорусский спутник упал в пустынной местности Казахстана. Неудача не остановила белорусские космические программы, но серьезно их затормозила. Было принято решение о создании второго спутника.

Решением главы государства практически сразу же после аварии были начаты работы по созданию нового белорусского космического аппарата дистанционного зондирования Земли (БКА) (рис. 1) и модернизации всех элементов наземной инфраструктуры БКСДЗ, включая создание собственного Центра управления полетами (ЦУП) и контрольно-измерительного пункта (КИП). В качестве головной организации-подрядчика по созданию белорусского космического комплекса (БКК) выбрано ФГУП «НПП ВНИИЭМ» имени А.Г. Иосифьяна (Россия).

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

Почти четырехлетний труд близок к завершению, и на сегодняшний день белорусская сторона готовится к запуску и началу проведения летных испытаний. Новый белорусский космический аппарат будет легче предыдущего. Его вес составит 400 кг. БКА обеспечит полное покрытие территории Беларуси космической съемкой. Связь со спутником планируется поддерживать по одно-пунктной схеме. Наземные средства связи будут располо-

жены в Беларуси. В качестве резервных будут использоваться российские технические средства.

Основу БКСДЗ на сегодняшний день составляют: БКА,



Рис. 1.  
Спутник БКА

БКК, аппаратно-программный комплекс приема данных (АПК-ПД), аппаратно-программный комплекс планирования и управления (АПК-ПУ), аппаратно-программный комплекс тематической обработки (АПК-ТО), аппаратно-программный комплекс банка данных цифровых изображений местности (АПК-БДЦИМ), корпоративная сеть БКСДЗ.

По международной классификации новый БКА относится к классу малых спутников. Вес аппарата удалось снизить по сравнению с первоначальным проектом за счет платформы, на которую устанавливается оборудо-

вание. Полезная нагрузка БКА включает панхроматическую и мультиспектральную камеры с полосой захвата 20 км. Снимки, полученные с борта космического аппарата, позволят рассмотреть объекты на земной поверхности с разрешением приблизительно 2 м в панхроматическом режиме (один канал) и 10 м в мультиспектральном режиме (четыре канала). Оптико-электронную аппаратуру изготавливает белорусское предприятие «Пеленг» и ряд других коллективов. Технические характеристики спутника представлены в табл. 1.

Область применения:

- контроль за землепользованием и сельскохозяйственным производством;
- контроль естественных и возобновляемых природных ресурсов;
- выявление площадей, перспективных на поиск полезных ископаемых;
- контроль ресурсов и экологии шельфа (для зарубежных заказчиков);
- контроль чрезвычайных ситуаций;
- наблюдение за объектами нефтегазового комплекса;

- обновление топографических карт;
- экологический контроль окружающей среды и др.

Одновременно с изготовлением спутника создан БКК. Он состоит из двух наземных комплексов – управления БКА и приема, обработки и распространения космической информации. Таким образом, белорусская сторона получает доступ к самостоятельному управлению своим космическим аппаратом. Сейчас на базе унитарного предприятия «Геоинформационные системы» Национальной академии наук Беларуси, которое является Национальным оператором БКСДЗ, завершается создание ЦУПа.

В ЦУП стекаются заявки от пользователей, которым нужна та или иная информация, собранная космическим аппаратом. На основании заявок специальный технический комплекс рассчитывает полетное задание. Учитываются многие неизвестные, информация перепроверяется на непротиворечивость и наличие ошибок, и только после этого полетное задание в виде файла по оптоволоконным каналам связи поступает в командно-измерительный пункт. Там через передающую станцию файл закладывается на борт аппарата.

Таблица 1

### Основные характеристики БКА

	Панхроматическая съёмочная система	Мультиспектральная съёмочная система
Тип орбиты	Солнечно-синхронная	
Высота орбиты, км	510	
Наклонение, град.	97-98	
Срок активного существования, лет	5-7	
Время съёмки на витке, мин	≥10	
Проекция пиксела при съёмке в надири при H=510 км, м	2,1	10,5
Полоса захвата при H=510 км, км	Не менее 20	
Спектральный диапазон, мкм	(по уровню 0,1) 0,54-0,86	(по уровню 0,5) 0,46-0,84
Количество спектральных каналов	1	4
Радиометрическое разрешение	10 бит на пиксел	
Обработка	Радиометрическая, сенсорная и геометрическая коррекция Приведение к картографической проекции	
Возможность получения стереопары с одного витка	Нет	



Когда спутник появится в зоне видимости командного пункта, с борта будут передаваться данные телеметрии. Начнется и обмен информацией. В результате сложных технических процедур в ЦУПе появятся данные, на которые и были «подписаны» пользователи — к примеру, Министерство лесного хозяйства Беларуси, МЧС и др. Сейчас как раз заканчивается разработка так называемого модуля маркетинга, задача которого — распределять информацию между заказчиками. Это могут быть органы государственного управления (между ними и ЦУПом уже проложено «оптоволокну») или частные пользователи, которые будут получать информацию при помощи интернет-технологий.

АПК-ПУ основной задачей ставит расчет баллистических и навигационных параметров прогнозируемой орбиты, планирование съемки и времени передачи информации с БКА, организационно-информационное взаимодействие с ЦУП (формируется полетное задание для обеспечения управления БКА и выполнения съемки поверхности Земли), выдачу заявок на прием данных с БКА и других аппаратов ДЗЗ, а также обработку результатов полученной информации, ведение оперативного банка данных комплекса (параметры орбит, результаты планирования и т. д.).

Данные с БКА будут поступать на АПК-ПД. Система включает три станции, которые обеспечивают прием и регистрацию информационных потоков, поступающих от БКА, NOAA, Terra и Метеор-М №1. Прием потоков информации обеспечивают комплексы с антенной системой, имеющей зеркало диаметром 9, 3,7 и 1 м. Поступающие от антенных комплексов данные ДЗЗ в режиме реального масштаба времени записываются на жесткие диски системой приема и регистрации.

В задачи комплекса тематической обработки входит обработка получаемых системой данных дистанционного зондирования, как первичных, так и тематических, т.е. сформированная по заказам пользователей конечная продукция — тематические карты, планы, фотокарты, фотопланы и сопутствующие документы. Разработанные технологии на получивших мировую известность программных продуктах ENVI, ERDAS, PHOTOMOD уже сегодня позволяют решать ряд прикладных задач в интересах Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды, Министерства по чрезвычайным ситуациям, Министерства сельского хозяйства и продовольствия, Министерства лесного

хозяйства Республики Беларусь. Разработанные технологии, а также современные геоинформационные системы (ГИС) и системы принятия решений на основе ГИС реализованы с использованием NOAA, Terra, аналогов БКА (SPOT-5 и ALOS) и других аппаратов ДЗЗ оптического и микроволнового диапазона различного разрешения.

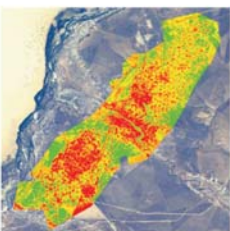
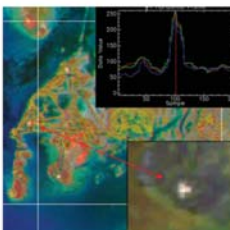
Затраты на создание и запуск спутника, несомненно, оправданы. Космический аппарат для дистанционного зондирования Земли необходим Беларуси как для текущих, так и для перспективных нужд. Он обеспечит неоднократное и полное покрытие территории Беларуси космической съемкой. Сегодня мы покупаем космическую информацию, причем не в том объеме, который, наверное, нам хотелось бы иметь. А когда у нас появится собственный спутник, мы уже не будем зависеть от других стран в получении информации в полном объеме.

### О ПЕРСПЕКТИВАХ

Первоочередной задачей на ближайшее будущее ставится создание группировки БКА — «Канопус-В» (аналог БКА), работы по которому уже начаты. Это значительно улучшит коммерческую составляющую и надежность работы.

В данный момент в Беларуси также появилась идея разработки закона «О космосе», который предусматривает некоторые налоговые льготы разработчикам, содержит немало других нужных положений и норм. В России такой закон функционирует длительное время. Также сейчас рассматривается вопрос о вхождении Беларуси в глобальную навигационную спутниковую систему ГЛОНАСС, продолжается выполнение союзных космических программ, ряд из которых направлен на развитие и использование белорусского спутника. В частности, в Беларуси необходимо создать специальные полигоны, предназначенные для настройки космического аппарата. Ведется разработка новых перспективных технологий, к примеру алгоритмов сжатия информации.

Есть и другие планы: создание спутниковой системы для поиска и оценки полезных ископаемых, единого банка космических данных, современной оптико-электронной аппаратуры сверхвысокого разрешения.



Выполнение работ в области экологии с использованием технологий дистанционного зондирования и ГИС на территории Центральной Азии и Казахстана



Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) и аудит различных видов хозяйственной деятельности;

Выполнение проектов, связанных с оценкой состояния окружающей среды, природно-территориальных комплексов, ландшафтов, экосистем и их компонентов;

Поддержка и проведение научных географических и эколого-биологических исследований, дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), геоинформатики с целью решения научно-практических задач в области охраны природы, экологии и природопользования;

Проектирование геолого-разведочных работ и подсчет запасов полезных ископаемых на ТПИ и УВС;

Консультационные услуги и маркетинг в сфере охраны окружающей природной среды, геоинформатики (ГИС), дистанционного зондирования, природопользования и экологического проектирования;

Сбор, анализ и систематизация данных по природным системам и объектам, организация информации на основе современных технологий (ГИС, систем управления базами данных и т.д.);

Разработка и выполнение проектов, связанных с созданием и развитием особо охраняемых природных территорий, охотничьих хозяйств, объектов историко-культурного и туристского назначения;

Топографо-геодезические и картографические работы;

Разработка и выполнение проектов по оценке состояния нарушенных земель, технической и биологической рекультивации;

Издание научной (журналы, монографии и т.п.), научно-популярной литературы, тематических карт и атласов;

Проведение полевых экспедиционных исследований на территории Казахстана и других стран по проектам и соглашениям.

Система менеджмента сертифицирована на соответствие стандартам ISO 9001:2008.

**Ю.И. Носенко** (ОАО «НИИ ТП»)

Доктор технических наук, профессор. В настоящее время заместитель генерального директора по системному проектированию

**П.А. Лошкарев** (ОАО «НИИ ТП»)

В настоящее время начальник отделения – главный конструктор направления

# Единая территориально-распределенная информационная система дистанционного зондирования Земли – проблемы, решения, перспективы (часть 1)\*

## ВВЕДЕНИЕ

Создание и практическое использование космических систем (КС) и технологий дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) являются в настоящее время одним из важнейших направлений применения космической техники для решения социально-экономических, научных и оборонных задач.

КС ДЗЗ стали необходимым компонентом информационной инфраструктуры современного государства. Одновременно развиваются мировой и российский рынки информационных продуктов на основе космических данных ДЗЗ, ежегодный рост которых составляет 10...20%. Разрабатываются новые технологии съемки и обработки информации, расширяются прикладные области применения космической информации (КИ). Если в начале 1990-х гг. КС ДЗЗ эксплуатировали семь стран (Россия, США, Китай, Франция, Индия, Израиль и Япония), то в 2000 г. их было уже 15, а в настоящее время – более 20.

Важным элементом КС являются наземные комплексы приема, обработки и распространения (НКПОР) КИ от КА ДЗЗ. В настоящее время российские комплексы представляют собой разнородные и разобщенные центры, принадлежащие различным министерствам, ведомствам и организациям. Многие из них имеют недостаточное техническое оснащение, и оборудованы малоразмерными антеннами и устаревшими приемными станциями, которые не обеспечивают возможность приема полного информационного потока от перспективных КА ДЗЗ.

Существующие методы и формы работы с российскими потребителями характеризуются недостаточно высокой оперативностью выполнения заявок на материалы космической съемки, не обеспечивают необходимую полноту и надежность выполнения заказов на КИ и продукты ее тематической обработки. Затруднен доступ к архивной КИ ввиду многочисленности различных архивов и их ведомственной разобщенности. Отсутствует генеральный каталог полного состава хранимых в различных ведомствах и организациях материалов ДЗЗ. Все это значительно затрудняет возможности эффективного использования совокупности имеющейся КИ ДЗЗ, снижает интерес отечественных и тем более потенциальных зарубежных потребителей к ее российскому сегменту. Именно поэтому необходимо обеспечить координацию деятельности всех созданных разными ведомствами и организациями наземных комплексов, центров и станций приема, обработки и распространения КИ, их согласованное функционирование.

В соответствии с «Концепцией развития российской космической системы дистанционного зондирования Земли на период до 2025 года» для решения данной проблемы предполагается создать **Единую территориально-распределенную информационную систему дистанционного зондирования (ЕТРИС ДЗ)**. ЕТРИС ДЗ позволит функционально объединить наземные комплексы и центры приема, обработки и распространения космической информа-

\* В подготовке статьи принимали также участие сотрудники ОАО «НИИ ТП» С.А. Черногузов (зам. начальника отделения), В.А. Мусиенко (начальник отдела), А.Г. Исаков (начальник сектора), С.Я. Шиллов (начальник сектора), А.А. Шишкин (ведущий инженер), Д.Ю. Лебедянская (инженер 2-й категории)

ции, принадлежащие ведомствам, регионам, крупным компаниям, интегрировать их информационные ресурсы в области ДЗЗ в единое геоинформационное пространство для максимального удовлетворения потребностей различных категорий потребителей КИ ДЗЗ.

### СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ ОРБИТАЛЬНОЙ ГРУППИРОВКИ КА ДЗЗ

В настоящее время на орбите функционируют КА природно-ресурсного назначения «Ресурс-ДК1» (запущен в 2006 г.) и КА гидрометеорологического назначения «Метеор-3М» (запущен в 2009 г.). Несмотря на то что срок гарантийного существования КА «Ресурс-ДК1» истек в 2009 г., он обеспечивает (с некоторыми ограничениями) решение ряда социально-экономических задач, в том числе картографирование территорий, оценку природных ресурсов, изучение процессов эволюции природной среды и др.

Развитие российской орбитальной группировки КА ДЗЗ, наземной инфраструктуры и системы распространения данных ДЗЗ проводится в соответствии с «Концепцией развития российской космической системы дистанционного зондирования Земли на период до 2025 года» и мероприятиями ФКП-2015.

Перспективная орбитальная группировка (ОГ) КА ДЗЗ будет состоять из:

- КА гидрометеорологического назначения – «Метеор-М», «Метеор-МП», «Электро-Л», «Электро-М», «Арктика-М», «Арктика-Р», «Океан»;
- КА природно-ресурсного назначения – «Ресурс-ДК», «Ресурс-П», «Ресурс-ПМ», «Аркон-2М», «Аркон-2»;
- КА мониторинга чрезвычайных ситуаций – «Канопус-В» и «Канопус-ВМ»;
- КА картографического обеспечения – «Картограф».

Наращивание перспективной ОГ будет осуществляться поэтапно (рис. 1):

**до 2012 г.** – создание базовых группировок КА гидрометеорологического, природно-ресурсного назначения и системы мониторинга чрезвычайных ситуаций. В 2010 г. планируются запуски КА «Канопус-В» и «Электро-Л», в 2011 г. – КА «Ресурс-П». На этом этапе российские потребители будут обеспечиваться гидро-

метеорологической информацией в объеме до 30%, природно-ресурсной информацией – до 20 %;

**до 2015 г.** – наращивание ОГ гидрометеорологического и природно-ресурсного назначения. В этот период планируется создать систему гидрометеорологического назначения в составе 3 КА «Электро» на геостационарной орбите и 4 КА серии «Метеор» на низкой солнечно-синхронной орбите. В этот же период планируется довести состав МКС «Арктика» до 4 КА и состав системы мониторинга чрезвычайных ситуаций – до 4 КА «Канопус-В». Такая группировка позволит обеспечить российских потребителей гидрометеорологической информацией на 60-70 %, природно-ресурсной информацией – на 70 %.

**к 2020 г.** планируется завершить развертывание ОГ КА ДЗЗ в полном составе, которая должна обеспечить решение основных задач потребителей на уровне 90%.

### СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ НКПОР МИНИСТЕРСТВ И ВЕДОМСТВ

В настоящее время сеть НКПОР, приемных центров и станций ДЗЗ на территории России включает:

- НКПОР Роскосмоса (Научный центр оперативного мониторинга Земли, г. Москва, район Отрадное);
- центры ДЗЗ предприятий ракетно-космической промышленности (ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс», г. Самара и ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, г. Москва);
- НКПОР Росгидромета в составе пяти приемных центров (города Москва, Долгопрудный, Обнинск, Новосибирск, Хабаровск);
- сеть приемных станций МЧС в составе пяти центров ДЗЗ (города Москва, Вологда, Красноярск, Хабаровск, Владивосток);
- сеть станций приема Минприроды в составе шести центров ДЗЗ (города Москва, Геленджик, Екатеринбург, Иркутск, Якутск, Южно-Сахалинск); центр приема информации Росреестра (г. Москва); региональный центр ДЗЗ в г. Ханты-Мансийске; сеть коммерческих и других приемных станций.

Дополнительно рассматривается возможность развертывания Западного и Дальневосточного НКПОР. В рамках МКС «Арктика» проработана возможность создания новых наземных пунктов приема информации (ППИ) Росгидромета в городах Баренцбург (Шпицберген), Тикси и Анадыре, а также ОАО «Газпром» в городах Мурманске, Норильске и Магадане.



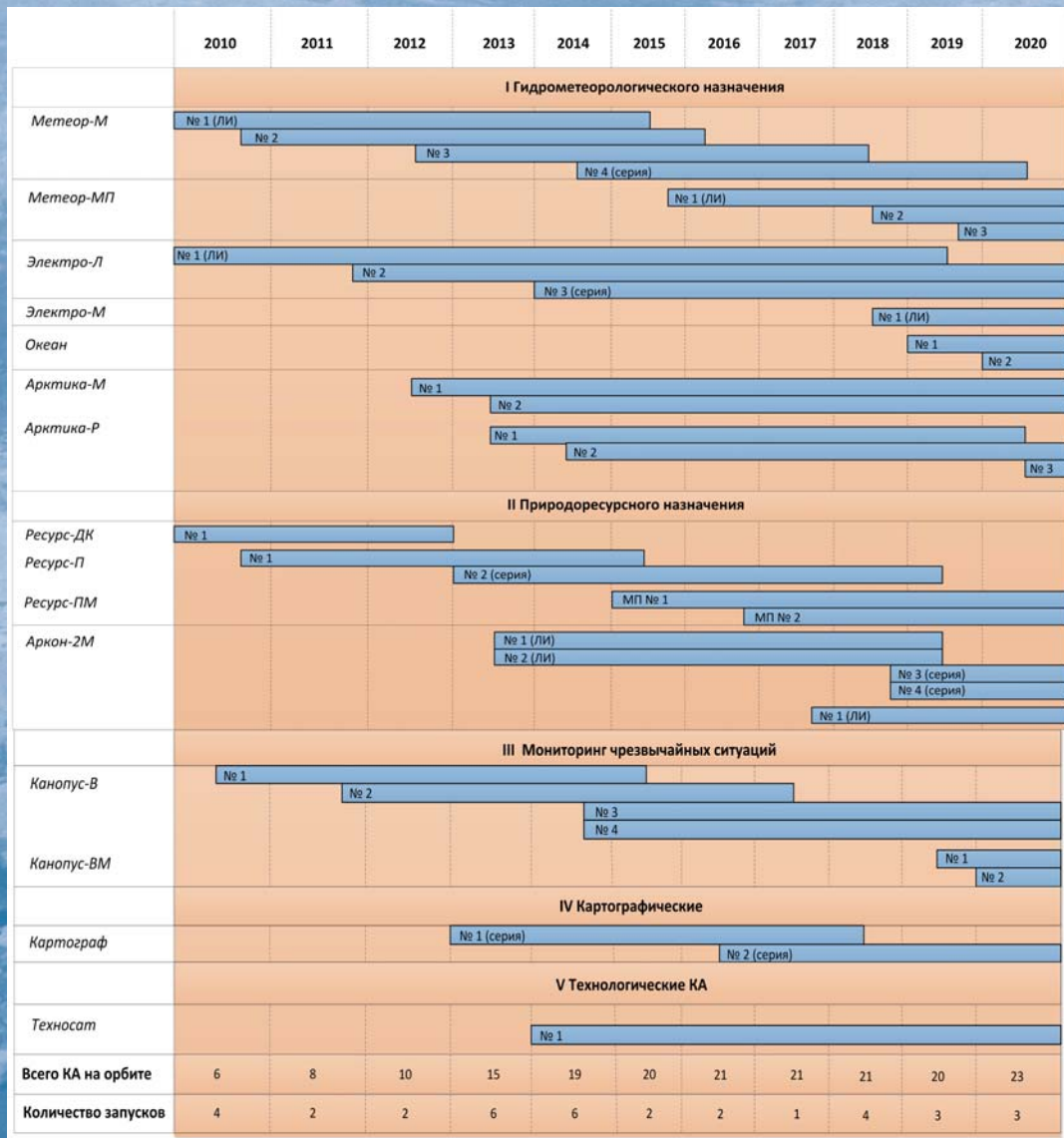
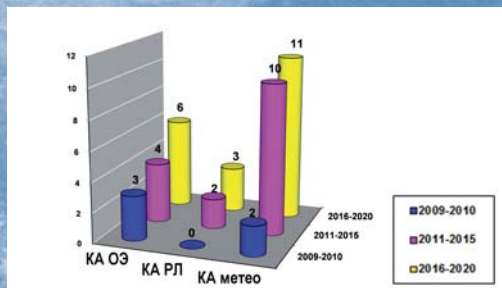
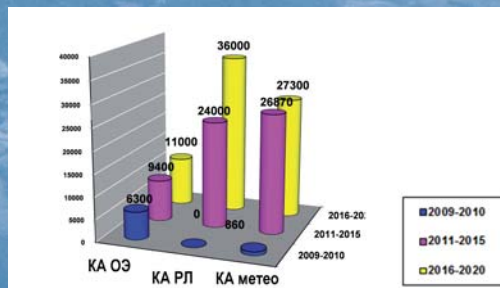


Рис. 1. График наращивания российской ОГ КА ДЗЗ

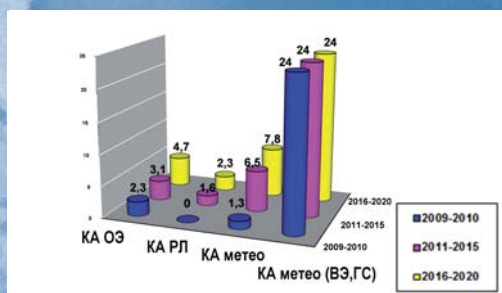




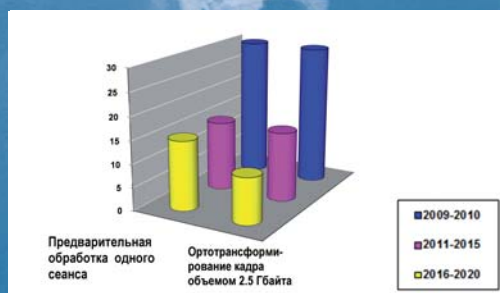
а) Количество одновременно обслуживаемых КА ДЗЗ



б) Суточный объем принимаемой информации на ППИ с КА ДЗЗ (Гбит)



в) Среднее суммарное время работы одного ППИ в сутки на прием с КА ДЗЗ (ч)



г) Время обработки данных ДЗЗ (мин)

Рис. 2.

Технические возможности программно-аппаратных комплексов наземных центров

Технические возможности программно-аппаратных комплексов наземных центров в перспективе должны быть сбалансированы с характеристиками потоков информации, поступающей с борта КА ДЗЗ (рис. 2).

Основные проблемы развития российских НКПОР состоят в следующем:

- ограниченные технические возможности ведомственных НКПОР по приему данных ДЗЗ с отечественных КА ДЗЗ;
- отсутствие скоординированного подхода к техническому оснащению ведомственных НКПОР в увязке с развитием российской орбитальной группировки;
- неполное покрытие российской территории зонами радиовидимости, прием КИ в режиме непосредственной передачи с КА природно-ресурсного назначения только в европейской части Российской Федерации, возможность приема

данных из бортового запоминающего устройства КА только на 3-4 витках в сутки;

- недостаточная скорость передачи существующих радиолиний ( $\leq 300$  Мбит/с) и ограничения по времени активной работы (30...50 мин в сутки) КА природно-ресурсного назначения с ППИ в московской зоне. Невозможность приема информации с каждого витка и в режиме реального времени через КА-ретранслятор;
- разнородность ППИ по техническому оснащению вследствие разных производителей оборудования, высокая стоимость и технологическая сложность поставки крупногабаритных антенн с диаметром зеркала 7...12 м для массового потребителя;
- отсутствие скоординированной системы внедрения и использования разработанных за бюджет-

ные средства аппаратно-программных средств государственными потребителями;

- недостаточная унификация аппаратно-программных средств приема и обработки информации;
- сложность оформления разрешительных документов на создание новых ППИ и на выполнение заявок на КИ с разрешением менее 2 м;
- отсутствие предполетной калибровки бортовой съемочной аппаратуры КА ДЗЗ, регулярной полетной внешней калибровки и валидации съемочной аппаратуры (СА) по тестовым участкам;
- отсутствие единого каталога данных ДЗЗ различной принадлежности, каталога распределенной базы спектральных характеристик природных объектов на региональной основе.

Для устранения взаимных ограничений различных ведомственных приемных станций для КА высокого разрешения (селективного типа) целесообразно в ведомственных центрах ДЗЗ использовать режим «удаленная (виртуальная) станция». В этом режиме КИ ДЗЗ принимаемая центрами ЕТРИС ДЗ информация высокого разрешения выделяется из общего информационного потока в реальном масштабе времени (online) и по телекоммуникационной сети передается потребителю, оформившему в установленном порядке заявку на проведение космической съемки.

### ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЗАРУБЕЖНЫХ КС ДЗЗ И ИХ НАЗЕМНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Мировой рынок информационных продуктов ДЗЗ развивается быстрыми темпами. Общее число стран – операторов КА ДЗЗ превысило 30. В период до 2015 г. планируется запустить в космос около 70 типов зарубежных КА ДЗЗ, которые распределяются по странам следующим образом:

- США – 20 типов КА (28,6%);
- ЕКА и страны Европы – 21 тип КА (30,0%);
- Япония – 3 типа КА (4,3%);
- Китай – 5 типов КА (7,1%);
- Индия – 7 типов КА (10,0%);
- другие страны – 14 типов КА (20,0%).

В качестве основных тенденций развития КС ДЗЗ можно выделить:

- увеличение массогабаритных размеров КА на геостационарных и высоких орбитах для расширения

их целевых функций;

- использование малоразмерных спутников на средневысотных и низких орбитах для сокращения расходов и рисков;
- унификация бортовой целевой и служебной аппаратуры, использование унифицированных платформ;
- использование оптико-электронных систем нового поколения с сверхвысоким разрешением и расширенным набором мультиспектральных режимов;
- активное использование радиолокационных спутников высокого и сверхвысокого (до 1 м) разрешения с повышенной информативностью РСА за счет применения сигналов разной поляризации, возможность интерферометрической съемки;
- создание межгосударственных группировок спутников для интегрированного зондирования земных объектов и явлений в различных диапазонах спектра;
- внедрение автономных систем навигации КА, обеспечивающих автоматическую коррекцию орбиты и самостоятельный поиск требуемых районов съемки;
- повышение оперативности выполнения заказов и доставки информации за счет внедрения новых услуг «виртуальный оператор» и «виртуальный терминал» через интернет-интерфейс;
- совместное применение технологий обработки данных ДЗЗ и навигационных технологий (ГЛОНАСС/GPS);
- исследования в направлении создания систем из десятков автономных наноспутников с каналами обмена данными между ними.

Системы ДЗЗ во всем мире создаются при частичном или полном государственном бюджетном финансировании в сочетании с коммерциализацией отрасли ДЗЗ за счет создания полностью коммерческих систем и КА. Примером может служить КА WorldView-2, созданный компанией Digital Globe только на привлеченные на коммерческой основе средства, а также группировка КА RapidEye, созданная на основе внебюджетного финансирования с привлечением частных инвесторов.

Важным фактором создания в короткие сроки относительно дешевых коммерческих КА является унификация бортовой целевой и служебной аппаратуры,

использование унифицированных платформ. В ближайшей перспективе космические аппараты будут оснащаться автономными системами навигации, позволяющими проводить автоматическую корректировку орбиты или поиск нужного района и наведение на него съемочной аппаратуры. Обработка таких систем уже проводится на экспериментальных КА. Считается перспективной технология управления съемкой непосредственно потребителем. Традиционная технология предусматривает централизованный сбор заявок от потребителей и закладку программы на съемку, что ограничивает гибкость системы и оперативность получения требуемой информации. Управление съемкой непосредственно потребителем частично реализовано на КА TerraSAR-X (Германия) и на некоторых других коммерческих КА ДЗЗ.

Эффективность использования систем ДЗЗ в значительной мере зависит от характеристик системы распределения космической информации. Современный этап развития характеризуется разделением мирового рынка ДЗЗ на две категории – общедоступная и коммерческая КИ.

Наиболее востребованными зарубежными КА ДЗЗ в настоящее время являются ALOS (Япония), Landsat и EO-1 (США), ERS, ENVISAT (Европейское космическое агентство), RADARSAT-1,2 (Канада), TerraSAR-X и TanDEM-X (Германия), COSMO-SkyMed (Италия), IRS (Индия), RapidEye (Германия), SPOT (Франция), FORMOSAT-2 (Тайвань) и др.

В качестве тенденций развития наземной инфраструктуры приема, обработки и распределения данных от космических систем наблюдения Земли за рубежом следует отметить:

- создание распределенной сети приема, обработки и распространения данных ДЗЗ;
- создание региональных центров тематической обработки;
- переход на использование унифицированных приемных станций вместо специализированных;
- уменьшение габаритов антенных систем, создание малых унифицированных станций приема и обработки спутниковых изображений абонентского класса;
- разработка подвижных унифицированных наземных приемных станций;
- создание банков данных ДЗЗ с системой доступа к картографической информации и изображениям, в том числе и через сеть Интернет;
- разработка автоматизированных рабочих мест

(АРМ) аналитической обработки данных ДЗЗ для оснащения пользователей;

- разработка прикладного ПО обработки изображений, ориентированного на массовый потребительский рынок (например, виртуальные полеты над трехмерной местностью, видеоигры);
- обучение и подготовка пользователей.

Данные ДЗЗ, получаемые коммерческими КА, могут быть доступны потребителям несколькими способами:

**первый** – непосредственный прием информации на НППИ заказчика – является наиболее дорогим. Ориентировочная стоимость лицензии на прием информации с КА типа IKONOS составляет от 6 до 12 млн дол. США в год в зависимости от использования КИ для собственных целей или с правом коммерческого распространения. Для данного КА условия годовой лицензии включают определенное количество минут съемки в календарный период с возможностью выдачи целеуказания на борт КА за 15 минут до включения съемочной аппаратуры. Количество выделяемых минут в год составляет от 250 до 600;

**второй** – создание «виртуальной приемной станции» является менее дорогостоящим при практически равных с первым способом возможностях по использованию информационного ресурса КА. Под «виртуальным приемом» понимается предоставление заказчику определенного ресурса КА и установка программного обеспечения, позволяющего самостоятельно осуществлять планирование съемки и получать информацию в течение нескольких часов с момента проведения съемки по каналам связи. Основным преимуществом виртуального приема является оперативность заказа съемки, а также отсутствие необходимости в приобретении дорогостоящего оборудования для оснащения НКПОР. В настоящее время услуга виртуального приема КИ предлагается практически со всех вновь создаваемых КА ДЗЗ. Приведенные выше способы получения информации могут использоваться в пределах государственных границ России;

**третий** – заказ архивной КИ или проведение оперативной съемки через дистрибуторскую сеть компаний операторов. Основное преимущество данного способа состоит в том, что он требует минимальных затрат от конечного пользователя на получение КИ и позволяет производить заказ информации по любой территории земного шара, но в сравнении с первыми двумя этот способ имеет низкую оперативность.

Одним из самых перспективных направлений развития отрасли ДЗЗ является широкое использование возможностей сети Интернет для обеспечения доступа большого количества пользователей к геоинформационным ресурсам (Google Maps, Google Earth) с широким доступом и глобальным покрытием, ведомственные, корпоративные, региональные, федеральные и другие тематические геопорталы.

Анализ потребностей и данных, получаемых с оптико-электронных КА ДЗЗ (с разрешением 2-10 м) и радарных КА, показывает возможный подход к определению целесообразности закупки лицензий с правом коммерческого распространения на прием данных с КА новейшего поколения RapidEye и RADARSAT-2 оператором космических систем ЕТРИС ДЗ, а также с целью организации «виртуального приема» на региональных центрах ЕТРИС ДЗ. По третьему способу получения данных через дистрибьюторов могут работать любые потребители.

### НАЗНАЧЕНИЕ, ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ СОЗДАНИЯ ЕТРИС ДЗ

Главной проблемой, на решение которой направлена комплексная задача создания и развертывания ЕТРИС ДЗ, является устранение существующего несоответствия между возможностями динамично развивающегося космического потенциала России в области ДЗЗ и его недостаточным использованием для решения актуальных задач социально-экономического развития, науки и безопасности.

Актуальность создания и развертывания ЕТРИС ДЗ определяется следующими факторами:

- расширением использования цифровых геопро-странственных данных при принятии решений на государственном и региональном уровнях в вопросах социально-экономического развития, обороны, безопасности и др.;
- планируемым возрастанием информационных потоков данных с перспективных отечественных КА ДЗЗ и соответствующим увеличением объемов геопро-странственных данных и географических знаний;
- увеличением числа задач, требующих использования геопро-странственных данных, созданных и хранящихся в цифровых форматах;
- необходимостью систематизации геопро-странственных данных, хранящихся в архивах различных ведомств и организаций с целью повышения эффективности их использования потребителями;

- интенсивным развитием инфраструктуры геопро-странственных данных в зарубежных странах и необходимостью интеграции российской инфор-мационной системы в международные инфра-структуры геопро-странственных данных;
- распространением геоинформационных техноло-гий как инструмента эффективного использова-ния космической информации ДЗЗ;
- развитием информационно-телекоммуникационных сетей, в том числе глобальной сети Интернет;
- ростом потребности в доступе к геопро-стран-ственным данным в режиме «одного окна» и их оперативном получении.

Назначение ЕТРИС ДЗ состоит в организации коор-динирования работы наземных комплексов, центров, пунктов приема, обработки и распространения данных ДЗЗ (в т. ч. с зарубежных КА ДЗЗ) различных органов, ведомств, организаций, а также в интеграции их информационных ресурсов в области ДЗЗ в единое геоинформационное пространство с целью оператив-ного обеспечения потребителей данными ДЗЗ.

Подход положенный в основу **Концепции созда-ния и развертывания ЕТРИС ДЗ на период 2011–2025 гг.**, в полной мере соответствует реше-ниям руководства страны о динамическом переходе России на путь создания инновационной экономики.

Эффективное использование продуктов ДЗЗ должно стать одним из звеньев в решении этой задачи нацио-нального масштаба.

Главной целью создания и развертывания ЕТРИС ДЗ является координирование работы государственных и коммерческих НКПОР для оптимального обеспечения потребителей данными ДЗЗ.

К целям создания ЕТРИС ДЗ следует отнести:

- повышение качества обслуживания потребителей на основе оптимизации количества, структуры и характеристик созданных и вновь создаваемых разными ведомствами и организациями центров и станций ЕТРИС ДЗ;
- координацию деятельности и налаживание согла-сованного функционирования и взаимодействия всех звеньев ЕТРИС ДЗ по единым правилам;
- интеграцию организационно-технических возмож-ностей и информационных ресурсов органов исполни-тельной власти всех уровней в части получения и использования космической информации ДЗЗ для

эффективного решения государственных задач;

- создание организационно-технической основы для поэтапного перехода российских государственных потребителей космической информации ДЗЗ на преимущественное использование возможностей российской орбитальной группировки с поставкой КИ ДЗЗ на безвозмездной основе и сокращением бюджетных затрат на закупку зарубежных материалов ДЗЗ.

Основными задачами ЕТРИС ДЗ являются:

- создание и развитие оптимальной топологии сети государственных НКПОР посредством оптимизации состава центров и пунктов приема данных ДЗЗ и их географического положения;
- обеспечение оперативного доступа широкого круга потребителей к хранимым данным посредством системы геопорталов (в соответствии с их правами на ее использование);
- обеспечение использования центрами и пунктами приема космической информации максимальной производительности КА ДЗЗ по приему информации в различных режимах съемки;
- координация взаимодействия между ведомственными НКПОР по приему данных ДЗЗ;
- формирование телекоммуникационной системы между центрами ЕТРИС ДЗ на основе существующих сетей различного назначения и ведомственной принадлежности;
- повышение оперативности выполнения заявок на космические съемки и обеспечение требуемой надежности выполнения заказов на КИ;
- обеспечение распределенного доступа к географически удаленным архивам КИ ДЗЗ;
- поэтапный переход на преимущественное использование российских данных ДЗЗ с целью уменьшения зависимости отечественных потребителей от поставщиков КИ ДЗЗ, получаемой с зарубежных КА;
- реализация мероприятий согласно вновь разработанным и введенным в действие организационным документам, определяющим порядок взаимодействия государственных потребителей КИ ДЗЗ с Федеральным оператором КА ДЗЗ;
- создание системы гарантированного доступа государственных потребителей данных ДЗЗ к информационным ресурсам в области ДЗЗ, полученным и закупленным за бюджетные средства, посредством создания единого банка геоинфор-

мационных данных и централизации закупок зарубежных данных ДЗЗ.

Основными направлениями создания ЕТРИС ДЗ являются:

- разработка нормативно-правовой базы распространения информации ДЗЗ и совершенствование организации функционирования ОГ КА ДЗЗ в интересах потребителей космической информации;
- реализация единой технической политики в области получения и использования КИ ДЗЗ на основе специально разработанных стандартов и положений;
- развитие наземной инфраструктуры ДЗЗ, основанной на интеграции информационных систем различных ведомств, организаций и предприятий с развертыванием региональных зон приема и обработки данных ДЗЗ;
- создание системы приоритетов и правил предоставления КИ ДЗЗ государственным и иным потребителям;
- реализация мероприятий по противодействию захвату российского рынка ДЗЗ зарубежными компаниями и организациями с целью приема и обработки КИ ДЗЗ на территории нашей страны;
- внедрение унифицированных средств приема информации с зарубежных и отечественных КА;
- функциональное объединение всех архивов и банков данных ДЗЗ в виде территориально-распределенного архива, предоставление доступа для поиска и получения информации по всем архивам и каталогам, зарегистрированным в системе, независимо от их географического расположения, ведомственной принадлежности и внутреннего формата данных;
- ведение единого каталога всех хранимых данных ДЗЗ и реестра приемных наземных центров и станций;
- внедрение технологии геопорталов для доступа потребителей в систему распределенных банков геоинформационных данных;
- разработка предложений по закупке лицензий, созданию необходимых форматов, стандартов, выполнению условий безвозмездного или платного предоставления информации.

Окончание будет напечатано в следующем номере журнала (ГЕОМАТИКА №4(9), октябрь 2010 г.)



## Наземный приемный комплекс НПК – 2,4



Наземный приемный комплекс НПК-2,4 создан ОАО НИИ точных приборов совместно с ЗАО «Совзонд».

НПК-2,4 может обеспечить прием, хранение и обработку данных ДЗЗ со следующих КА: Ресурс-ДК1, AQUA, TERRA, FORMOSAT-2, SPOT-4, SPOT-5, IRS-1C, IRS-1D, CARTOSAT-1 (IRS-P5), RESOURCESAT-1 (IRS-P6), NOAA, RADARSAT-1, RADARSAT-2, Cosmo-SkyMed 1,2,3,4.

### Основные технические характеристики НПК-2,4

Наименование	Значение	
<b>Антенный комплекс</b>		
Диаметр рефлектора (рабочая область), мм	2400x2670	
Тип зеркальной системы	офсет	
Фокусное расстояние, мм	1380	
	X-диапазон	L-диапазон
Коэффициент усиления на частоте 8,2 ГГц, дБ, не менее	43	27
Ширина ДН на частоте 8,2 ГГц, град, не более	1,0	4,6
Уровень боковых лепестков, дБ, не более	-15	-13
Коэффициент эллиптичности	0,8	0,6
Масса антенного комплекса, кг, не более	360	
Схема построения	азимутально-угломестная с 3-ей осью *	
	по углу места	по углу азимута
Диапазон рабочих углов наведения, град	от 5 до 85	± 270
Скорость наведения, град/с	до 10	до 20
Угловое ускорение, град/с <sup>2</sup>	до 4	до 8
Системная ошибка наведения в картинной плоскости, угл.мин, не более	6	
Среднеквадратичная ошибка наведения, угл.мин, не более	4	
<b>Средства приема и регистрации информации</b>		
	X-диапазон	L-диапазон
Диапазон входных несущих частот, ГГц	8,035...8,38	1,69...1,71
Несущая частота сигнала на входе демодулятора, МГц	720	210
Шумовая температура радиоприемного устройства, °К	≤ 70	≤ 50
Уровень мощности принимаемых сигналов при вероятности ошибки приема информации 10 <sup>-6</sup> , дБм	-90...-60	-120...-90
Вид модуляции принимаемого сигнала	BPSK, QPSK	BPSK
Тактовая частота входного сигнала, МГц	5...80	1,3308
Полоса принимаемых радиочастот, ГГц	8,0...8,42	1,69...1,71
Уровень сигнала на входе демодулятора, дБм	0...3	-65...-35
Скорость приема и регистрации, Мбит/с	до 320	
Объем памяти накопителя, Гбайт, не менее	500	
Тип интерфейса ЛВС	Ethernet 100/1000	

### Ю.И. Кантемиров (Компания «Совзонд»)

В 2004 г. окончил РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. После окончания университета работал младшим научным сотрудником лаборатории космической информации для целей газовой промышленности ООО «ВНИИГАЗ». С 2010 г. работает в компании «Совзонд» ведущим специалистом отдела программного обеспечения.

# ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ДАННЫХ ДЗЗ И МЕТОДИК ИХ ОБРАБОТКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПК SARscape

## ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ДАННЫХ ДЗЗ

Радиолокационная космическая съемка выполняется в ультракоротковолновой (сверхвысокочастотной) области радиоволн, подразделяемой на X-, C-, и L-диапазоны (табл. 1).

Широкое применение спутниковых радиолокационных данных началось в 1991 г. с запуском спутника ERS-1 (Европейское космическое агентство) с радиолокатором на борту. Первоначальная цель запуска этого первого гражданского спутникового радиолокатора определялась довольно узко и

ограничивалась решением морских задач (мониторинг ледовой обстановки, айсбергов, судоходства, течений, нефтяных пятен и т. д.). Однако уже после прохождения спутником первого десятка полных циклов повторения орбиты выяснилось, что у этого радиолокатора имеется большой потенциал и для выполнения различных задач на суше.

На опытных участках были успешно построены цифровые модели рельефа (ЦМР) по результатам интерферометрической обработки пар радарных снимков, выполненных с временным интервалом, равным кратному числу полных циклов повторения

Таблица 1

**Диапазоны радиоволновой области электромагнитного спектра, в которых выполняется (или выполнялась) космическая съемка**

Диапазон	Частоты, ГГц	Длины волн, см	Спутниковые системы
X	5.20 – 10.90	2.75 – 5.77 (2.4 – 3.8)	USGS SLAR, TerraSAR-X, TanDEM-X COSMO-SkyMed-1-3
C	3.9 – 6.2	3.8 – 7.6	ERS-1,2; ENVISAT/ASAR; RADARSAT-1,2
L	0.39 – 1.55	19.3 – 76.9 (15 – 30)	SIR-A,B, ALOS/PALSAR

орбиты. Однако, для большинства типов ландшафтов (кроме пустынь) когерентность (мера корреляции фаз радарных снимков) для построения ЦМР оказывалась недостаточной, поскольку минимально возможный период между интерферометрическими съемками составлял один полный цикл повторения орбиты, т. е. 35 дней.

Поэтому в пару к ERS-1 был запланирован запуск спутника ERS-2, а вместе они должны были составить тандемную пару, способную выполнять интерферометрическую съемку одной и той же территории с временным интервалом в 1 сутки. В тандемном режиме пара этих спутников проработала около года (1995-1996 гг.). Затем с выходом из строя определенного оборудования на спутнике ERS-1 тандемная миссия официально закончилась. Фактически же тандемные съемки продолжались до марта 2000 г., когда прекратилась эксплуатация ERS-1, хотя в интерферометрической обработке тандемных пар после 1996 г. возникают некоторые дополнительные трудности. Всего тандемом ERS-1 – ERS-2 снята большая часть земного шара, иногда по несколько раз.

Еще одним важным практическим применением спутниковых радиолокаторов стал мониторинг смещений земной поверхности по результатам дифференциальной интерферометрической обработки. Если учесть, что спутник ERS-2 находится на орбите и выполняет съемку до сих пор, понятно, что на значительную часть земного шара имеются многопроходные интерферометрические цепочки снимков за период с 1991 по 2010 гг. Так, например, многие европейские города снимались каждый месяц с 1995 г. (а с 1991 г. – по 5–10 раз в год). Т. е., в настоящее время имеются 100- или 200-проходные цепочки радарных снимков, которые в случае достаточной когерентности могут быть обработаны всеми возможными дифференциальными интерферометрическими методиками, описанными ниже, с получением на выходе карт смещений земной поверхности и деформаций зданий и сооружений за период до 20 лет. На территорию России и стран СНГ

нередко имеются 30–40-проходные и практически всегда 15–20-проходные цепочки таких снимков.

В 2002 г. Европейским космическим агентством был запущен спутник ENVISAT с радиолокатором ASAR на борту, который представлял собой следующее поколение спутников типа ERS-1 и ERS-2. Этот спутник характеризуется большим количеством углов и режимов съемки, возможностью съемки в разных поляризациях (в т. ч. в двух одновременно) и в широкополосном режиме. При этом снимки, сделанные в режиме Image Mode в полосе съемки IS2 и с поляризацией W, интерферометрически совместимы со снимками ERS-1 и ERS-2. Эта особенность позволила в течение нескольких временных периодов организовать тандемную съемку ERS-2 – ENVISAT с временным интервалом в 30 минут на больших базовых линиях. Съемка в таком режиме характеризуется крайне высоким фазовым разрешением интерферограмм по высоте и при этом довольно высокой когерентностью фаз этих снимков, что позволяет строить ЦМР высокой точности (но среднего пространственного разрешения 20 м).

Кроме того, спутник ENVISAT также вел повторную съемку значительных территорий, в т. ч. России и стран СНГ, что позволяет выстраивать интерферометрические цепочки снимков для мониторинга смещений земной поверхности.

Компания MDA (Канада) в 1995 г. запустила радиолокационный спутник RADARSAT-1 несколько иной концепции. Спутник мог вести съемку с пространственным разрешением от 100 до 7 м, под многими углами съемки и с разными площадями кадра. Наличие большого количества режимов съемки позволяло выполнять мониторинговые задачи, поскольку одна и та же территория могла сниматься не только через полный цикл орбиты (как в случае ERS-1 и ERS-2), но и через каждые 2–3 дня (но под разными углами съемки). Другим принципиальным отличием от спутников Европейского космического агентства являлась ориентация на съемку на заказ (в отличие от ERS и ENVISAT, ведущих более или менее регулярную съемку всего земного шара). Поэтому для RADARSAT-1 архивные

снимки, как правило, есть только на те территории, где выполнялась съемка на заказ.

Логическим продолжением спутника RADARSAT-1 стал запущенный в 2007 г. спутник RADARSAT-2 (MDA, Канада). Этот спутник характеризуется пространственным разрешением от 100 до 3 м, возможностью съемки во всех возможных поляризационных режимах, широким диапазоном площадей кадров и очень высокой производительностью, а также возможностью мониторинговой съемки через 2–3 дня. На сегодняшний день данные с этого спутника можно считать наиболее актуальными и подходящими для решения практически любых задач, которые вообще могут быть решены с помощью спутниковых радиолокаторов (за исключением уверенного построения интерферометрических ЦМР – метод работает для пустыни или степи, но не всегда работает для тундры, тайги или джунглей, поскольку не предусмотрен режим тандемной съемки).

Спутники сверхвысокого пространственного разрешения TerraSAR-X, TanDEM-X (Infoterra GmbH, Германия) и COSMO-SkyMed-1-3 (E-GEOS, Италия) также предлагают все возможные режимы съемки и комбинации поляризаций сигнала, а также большой диапазон площадей кадров и углов съемки. Однако данные COSMO-SkyMed-1-3 на данный момент представляются не очень подходящими для гражданских потребителей, поскольку не всегда соблюдаются сроки и периодичность съемок. Спутник TerraSAR-X значительно надежней в плане поставок и соблюдения сроков. Среди важных особенностей этого спутника следует отметить крайне высокую точность определения орбиты, а следовательно, и крайне низкую (субпиксельную) ошибку геолокации снимков (естественно, это соблюдается только при использовании ЦМР в процессе геокодирования). Для мониторинга смещений земной поверхности и деформаций сооружений данные TerraSAR-X могут быть использованы только в условиях пустынь, степей и застроенных территорий, поскольку при съемке в X-диапазоне уже незначительная растительность резко ухудшает когерентность даже между соседними по времени съемками (полный

цикл орбиты – 11 дней). Очень перспективным представляется запуск 21 июня 2010 г. в пару к TerraSAR-X спутника TanDEM-X для выполнения одновременной тандемной съемки. Этот вариант позволит получить ЦМР сверхвысокого разрешения интерферометрическим методом, в том числе, и на территории с наличием растительности.

Радиолокатор PALSAR, расположенный на спутнике ALOS, является единственным в данный момент радиолокатором L-диапазона. Он выполняет съемку всей поверхности Земли ежегодно по несколько раз, поэтому на любую точку на Земле, скорее всего, найдется архив в 5–7 проходов (а на некоторые участки и по 20 проходов). Данные ALOS/PALSAR пригодны для построения рельефа и мониторинга смещений интерферометрическим методом, для мониторинговых задач лесного и сельского хозяйства и т. д. L-диапазон позволяет дольше сохранять когерентность и в некоторой степени компенсировать ее падение, вызванное влиянием растительности. Плотный лес и джунгли все же являются ограничением для интерферометрии даже в L-диапазоне. Значительным недостатком ALOS/PALSAR является отсутствие возможности съемки на заказ.

Важной тенденцией в развитии спутниковых радиолокационных систем (помимо повышения пространственного разрешения и увеличения числа режимов съемки) является расширение поляризационных возможностей в особенности одновременная съемка в четырех поляризациях (которая позволяет в дальнейшем генерировать так называемую полную поляризационную матрицу, о преимуществах которой будет подробно сказано ниже). В табл. 2 приведены данные о наличии такой возможности у радиолокационных спутников.

Компания «Совзонд» предоставляет данные со всех вышеперечисленных радиолокационных спутников, а также предоставляет программное обеспечение для обработки радарных данных SARscape (SARMAP, Швейцария) и оказывает услуги по тематической обработке данных радарных съемок, а также по обучению работе в SARscape.

Таблица 2

**Появление режима съемки в полной поляризационной матрице на спутниковых радиолокационных системах**

Спутник	Год запуска	Возможность съемки в полной поляризационной матрице
ERS-1	1991	нет
ERS-2	1995	нет
RADARSAT-1	1995	нет
ENVISAT	2002	нет
ALOS (PALSAR)	2006	есть
TerraSAR-X	2007	есть
RADARSAT-2	2007	есть
COSMO-SkyMed-1,2,3	2007-2008	есть
TanDEM-X	2010	есть

Ниже приводятся основные методики обработки данных радиолокационных съемок, их реализация в программном комплексе SARscape и примеры практического применения этих методик.

### **ИМПОРТ ДАННЫХ**

Программный комплекс SARscape в настоящее время поддерживает импорт данных практически со всех радиолокационных спутников, включая все режимы съемки и все возможные форматы поставки.

Помимо стандартного меню импорта, в SARscape имеется возможность импорта и некоторых менее распространенных форматов. Так, для данных ERS-1, ERS-2, ENVISAT и ALOS имеется возможность как импорта из стандартных форматов, так и фокусировки голограмм нулевого уровня. Для первых трех спутников эта возможность актуальна, поскольку нередко снимки, составляющие одну интерферометрическую цепочку, принимались и фокусировались на различные станции с различными процессорами фокусировки, что приводит к дополнительным проблемам при интерферометрической обработке. Если же сфокусировать все эти данные в одном процессоре фокусировки SARscape, то из интерферограмм

будут изначально убраны соответствующие помехи. Что касается данных ALOS/PALSAR, то стандартный формат SLC, поставляемый Японским аэрокосмическим агентством, представляет собой данные, не приведенные в процессе фокусировки к нулевой доплеровской частоте, в то время как процессор фокусировки SARscape, приводит эти данные к нулевой доплеровской частоте. Это позволяет избежать в интерферограммах фазовых помех, вызванных вращением Земли.

Кроме того, SARscape позволяет импортировать данные с некоторых авиационных радарных систем, таких, как TELAER, OrbiSAR, E-SAR, RAMSES.

### **БАЗОВЫЕ ФУНКЦИИ**

Меню базовых функций SARscape позволяет выполнять некогерентное накопление комплексных данных с задаваемыми коэффициентами, геокодирование амплитудных данных, их фильтрацию (есть как базовый набор фильтров, так и дополнительный набор Гамма-Гауссианских фильтров), получение мозаик изображений, сегментацию, корегистрацию, вычисление файла средних значений произвольного параметра



(например, средняя амплитуда по серии снимков), файла стандартных отклонений, файла максимальных и минимальных значений и т. д. К удобным особенностям базовых функций SARscape можно отнести возможность перевода геокодированных растровых и векторных файлов (или координат точек) в координаты ряд-колонка (азимут-наклонная дальность) конкретного снимка, что очень удобно при интерферометрической обработке.

### ИНТЕРФЕРОМЕТРИЯ

Возможности радиолокационной интерферометрии представлены в SARscape максимально широко и реализованы в четырех отдельных модулях. Рассмотрим их по порядку.

Модуль Interferometry позволяет выполнять интерферометрическую обработку радарных данных с получением на выходе ЦМР либо карты смещений земной поверхности. Модуль позволяет выполнять:

- автоматическую трехэтапную корегистрацию радарных снимков с точностью до 1/10 пикселя (возможна обычная корегистрация и корегистрация с использованием опорной ЦМР);
- двухпроходную интерферометрию (на входе — интерферометрическая пара радарных снимков; на выходе — ЦМР);
- двухпроходную дифференциальную интерферометрию (на входе используется интерферометрическая пара радарных снимков и опорная ЦМР; на выходе — смещения, произошедшие за период между съемками первого и второго снимков пары);
- трехпроходную дифференциальную интерферометрию (по первому и второму снимкам трехпроходной интерферометрической цепочки строится интерферометрический рельеф, фаза которого затем вычитается из интерферограммы, построенной по первому и третьему снимкам цепочки; на выходе — смещения за период между первым и третьим снимками; смещениями между первым и вторым снимками пренебрегают);
- четырехпроходную дифференциальную интерферометрию (строятся интерферограммы по перво-

му и второму, а также по третьему и четвертому снимкам четырехпроходной цепочки; затем оцениваются смещения для первой и второй пары и вычисляется средняя скорость смещений);

- компенсацию набега фазы по высоте с использованием опорной ЦМР, модели эллипсоида или адаптивного алгоритма, основанного на вычислении средней по площади снимка частоты интерференционных циклов;
- фильтрацию интерферограмм и расчет когерентности между фазами снимков интерферометрической пары тремя различными фильтрами на выбор (усредняющий, адаптивный и фильтр Голдстейна);
- развертку фазы двумя различными методами (метод растущей области и метод потока минимальной стоимости);
- коррекцию орбиты по точкам с известной высотой либо с использованием опорной ЦМР;
- вторую итерацию компенсации набега фазы по высоте (может быть выполнена после коррекции орбиты);
- пересчет фазовых значений в высоты с получением на выходе ЦМР;
- пересчет фазовых значений в смещения и деформации с получением на выходе карты смещений и деформаций.

Также отметим серию удобных для интерферометрической обработки инструментов, позволяющих, например, рассчитывать базовые линии для всех возможных парных комбинаций снимков цепочки; вырезать одну и ту же область, задаваемую на одном из снимков цепочки (с выполнением корегистрации); редактировать развернутую фазу и удалять артефакты развертки; выполнять сшивку ЦМР различного разрешения между собой с помощью вейвлет-алгоритмов и др.

Дополнительные возможности представлены в модуле интерферометрии широкополосного режима. Этот модуль позволяет интерферометрически обрабатывать данные широкополосного режима съемки ENVISAT/ASAR

WideSwath. Выходным продуктом данного модуля является дифференциальная интерферограмма, рассчитанная по интерферометрической паре широкополосных снимков ENVISAT/ASAR WideSwath. Далее обработка этой интерферограммы может быть продолжена в модуле Interferometry. Преимущество интерферометрии широкополосного режима состоит в том, что можно рассчитывать интерферограммы по снимкам площадью 400x400 км с пространственным разрешением 75 м.

Еще один вариант интерферометрии представлен в модуле интерферометрии постоянных рассеивателей. Входными данными для этого модуля являются 20–40-проходные серии снимков. На выходе не только карта смещений, но и графики развития смещений во времени для каждой точки этой карты (т.е. анализ динамики происходящих смещений). Для метода характерна повышенная чувствительность к малым смещениям, к выявлению трендов смещений. К преимуществам данного метода также можно отнести меньшую зависимость от величины базовой линии (смещения достоверно выявляются даже при больших базовых линиях) и отсутствие сложностей, связанных с разверткой фазы. К ограничениям метода можно отнести необходимость наличия значительного количества высококогерентных точек (не менее 100-200 на

площадь 50x50 пикселей). Такая плотность постоянных отражателей достигается на застроенных территориях и на территориях без растительности. Метод более отлажен для данных С-диапазона, чем для данных L- и X-диапазонов.

### ПОЛЯРИМЕТРИЯ И ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКАЯ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЯ

Отдельно рассмотрим модуль поляриметрии и поляриметрической интерферометрии. Данный модуль специально предназначен для обработки радиолокационных снимков, сделанных в четырехполяризационном режиме, позволяющем генерировать полную поляризационную матрицу. Уникальная особенность полностью поляриметрических данных состоит в возможности классификации объектов на снимке по физическому типу отражения. Основной функцией модуля Polarimetry является Polarimetric entropy alpha anisotropy classification, которая и позволяет выполнять классификацию объектов на поверхности по типу отражения. Физический смысл такой классификации можно пояснить следующим образом: из четырехполяризационного радарного снимка генерируется полная поляризационная матрица (рис. 1), и в зависимости от того, в какую область этой матрицы попадает каждый конкретный

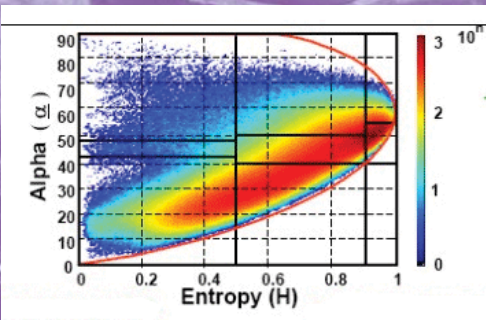


Рис. 1. Полная поляризационная матрица

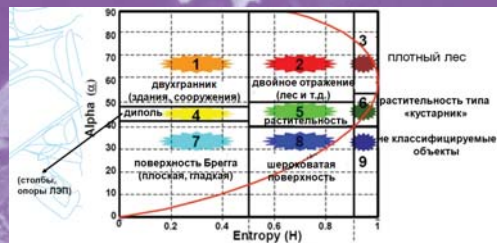


Рис. 2. Классы объектов, различающиеся по физическому типу отражения, выделяемые SARscape

пиксель радарного снимка, ему присваивается определенный класс. В SARscape в настоящее время реализован метод поляриметрической классификации, позволяющий выделять 9 классов объектов (рис. 2). Есть и другие методы, позволяющие выделять другое (большее или меньшее) число классов.

Еще одна возможность, представленная в SARscape, позволяет выполнять интерферометрическую обработку полностью поляризационных данных (так называемый PolInSAR).

Конкретно этот модуль позволяет получить оптимизированную дифференциальную интерферограмму и оптимизированную когерентность, если на входе используется интерферометрическая пара четырехполяризационных снимков. В дальнейшем эти интерферограмма и когерентность могут быть использованы в качестве входных данных в модуле Interferometry для последующего расчета по ним ЦМР или карты смещений.

Такая технология позволяет, в частности, при мониторинге смещений снять вопрос об изменении отражающей поверхности (земля влажная — земля сухая, голая земля — подросшая трава, голые ветки — распустившиеся листья) и другие варианты изменений, произошедших между съемками снимков интерферометрической пары, которые могли вызвать «ложные смещения», обусловленные разными отражающими поверхностями. Теперь, при использовании полностью поляриметрических снимков, можно классифицировать объекты по типу отражения на первом снимке пары затем на втором снимке пары и проследить, проявляются ли систематические или локальные изменения классов отражающих объектов (не переходит ли гладкая поверхность на первом снимке в шероховатую поверхность на втором, шероховатая поверхность — в растительность, растительность — в кустарник, редкий лес — в плотный лес и т. д.). Если такие изменения классов пространственно совпадают со смещениями на карте смещений, рассчитанной по этой же паре снимков, то это ложные смещения, вызванные изменением отражающей поверхности. Если же классы не изменяются, а на карте смещений

есть смещения, то это действительно произошедшие смещения одной и той же отражающей поверхности.

При построении ЦМР по полностью поляриметрическим данным аналогично можно определять, по какой конкретно отражающей поверхности построена ЦМР (высоты чего конкретно определяются).

Еще одна вариация поляриметрической интерферометрии — это построение поляриметрических фазовых разностей, т. е. интерферограмм по разным поляризациям одного и того же снимка. Особенность таких интерферограмм заключается в том, что между «снимками» (а фактически каналами одного снимка) интерферометрической пары абсолютно нулевая базовая линия и отсутствует временной промежуток между «снимками». Поэтому в такой интерферограмме в принципе отсутствует топографическая компонента фазы, а поскольку между съемками нет временного промежутка (в обработке участвуют каналы одного и того же снимка), то нет и реальных смещений. Однако на практике, особенно между ко- и кросс-поляризациями, часто в таких интерферограммах все же присутствуют фазовые разности, которые обусловлены различными механизмами отражения одного и того же объекта в разных поляризациях. Анализ таких интерферограмм совместно с результатами поляриметрической классификации позволяет дополнительно проанализировать отражающую поверхность, ее изменения (при мониторинговых съемках) и ее влияние на построение рельефа и анализ смещений интерферометрическим методом.

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ**

Еще одной дополнительной (и очень удобной) частью SARscape является меню Tools, которое предоставляет возможности обрабатывать как радарные снимки, так и просто растровые и векторные файлы. Рассмотрим эти функции подробнее.

Картографическая трансформация — функция, позволяющая пересчитывать радарный снимок или любой растровый либо векторный файл из одной картографической проекции в другую. Также можно

пересчитать координаты точки, в т. ч. ее высоту. Для растрового файла есть функция вырезки одного файла (или нескольких файлов) по другому файлу, причем выходной файл (выходные файлы) будут точно обрезаны по этому первому файлу и приведены к его пространственному разрешению, также все выходные файлы будут иметь одинаковое число рядов и колонок с опорным файлом.

Возможно также разделять комплексные данные (например, радарный снимок или интерферограмму) на фазовую и амплитудную составляющие. А можно из амплитудной и фазовой составляющих, наоборот, создать комплексный файл. Это применимо, например, для дифференциальной интерферограммы и амплитудного радарного снимка, которые вместе, в виде комплексного файла, представляют собой интересный объект для анализа.

Есть возможность расчета уклонов по имеющейся ЦМР.

Также присутствует очень удобная функция загрузки ЦМР из сети Интернет. В этом меню доступны для загрузки следующие глобальные ЦМР: ACE, GLAS/ICESat, GTOPO30, RAMP, SRTM. Функция позволяет ввести имеющиеся радарные снимки на нужную территорию, затем выбрать нужную глобальную ЦМР, установить выходное разрешение этой ЦМР и ее выходную географическую проекцию, а также вычестить из этой ЦМР геоид (для интерферометрии необходимо использовать возвышения над эллипсоидом WGS-84), рассчитать уклоны. Выходной файл ЦМР будет обрезан так, чтобы покрывать всю территорию введенных снимков. Вместо входных снимков можно просто задать квадрат координат.

Утилита статистики позволяет ввести радарный снимок (или снимки, или участок снимка либо снимков) и рассчитать для входных данных следующие параметры: количество пикселей, минимальное и максимальное значение амплитуды отражения, моду, стандартное отклонение, фактор нормализации, медиану, среднее значение, радиометрическое разрешение (в дБ), эквивалентный коэффициент некогерентного накопления.

Имеется возможность создания различных видов цветных RGB-композигов. Например, цветное радарное изображение, где в цветовых каналах – различные поляризации одного радарного снимка. Или цветовую комбинацию multi-difference, где в красном канале – разница амплитуд отражений первого и второго снимков, а в зеленом и синем каналах – соответственно амплитуда второго и амплитуда первого снимка. На результирующем RGB-изображении красным цветом будут видны произошедшие изменения, зеленым – преобладание амплитуды второго снимка над первым, и синим – наоборот.

Еще один вариант RGB-композигов, рассчитываемого по разновременным радарным снимкам, – это ILU (Interferometric Land Use Image). Здесь в красном канале, когерентность, в зеленом – средняя амплитуда и в синем – разница амплитуд двух снимков. В таком случае зеленые участки на ILU-комPOSITE представляют собой леса, плотную растительность и участки «переналожения»; синие участки соответствуют поверхности воды; красные участки соответствуют почве без растительности, оголенным горным породам, либо сельскохозяйственным полям, на которых не произошли изменения в растительном покрове за период между съемками; желтым цветом на ILU-комPOSITE будут выглядеть застроенные участки, что обусловлено сочетанием эффекта переналожения (зеленый канал) и стабильных отражателей (красный канал). Таким образом, этот очень распространенный RGB-композит в какой-то степени визуально напоминает оптический снимок в видимом диапазоне.

Следующая возможность позволяет создать \*.kml файл для визуализации снимков и результатов их обработки в Google Earth.

Функция создания файла наземных контрольных точек реализована таким образом, что точки можно вводить как вручную, так и интерактивно – из просмотрщика программного комплекса ENVI. Также точки могут быть импортированы из имеющегося \*.shp или \*.evf векторных файлов.

Функция Generate tiff позволяет сгенерировать из интерферограммы или дифференциальной

интерферограммы цветной RGB-композит, причем он генерируется таким образом, что каждый полный спектр цветов (цветовой цикл) на этом RGB-композите соответствует перепаду фазовых значений на интерферограмме, равному 2 р. Другие типы данных (радарные снимки, когерентность, развернутая фаза и т.д.) с помощью этой функции могут быть сохранены в виде 8-битного \*tiff файла, что позволяет составлять из них произвольные RGB-композиции.

Image interpolation позволяет выполнить усредняющую фильтрацию произвольного растрового файла и интерполяцию его значений в области фоновых значений.

Geolocalization correction и PRF correction позволяют скорректировать параметр частоты повторения импульса, неправильная запись которого, например, на спутнике RADARSAT-1, вызывает значительные ошибки геолокализации. С помощью названных инструментов можно, определив на снимке как минимум две контрольные точки с известными координатами и высотой, максимально возможно разделенные между собой по направлению азимута, скорректировать значение частоты повторения импульса. Затем, с помощью этих же контрольных точек можно выполнить корректное геокодирование снимка.

Quality analysis позволяет выполнять валидацию ЦМР, построенной интерферометрическим методом. Валидация может быть выполнена относительно имеющейся опорной ЦМР либо относительно серии опорных контрольных точек. Результат валидации относительно опорной ЦМР – файл статистики отклонений в форматах \*txt и \*xls. Результат валидации относительно опорных точек с известными высотами – векторный файл с отклонениями высот для каждой опорной точки. Также существует возможность использовать на входе файл классификации типов ландшафта (полученный по результатам оцифровки соответствующих карт или, например, по результатам поляриметрической классификации полностью поляризационного радарного снимка). Если такой файл используется, файл статистики величин отклонений высот от опорных значений вычисляется отдельно для различных типов ландшафта.

Sample selection позволяет вырезать из серии снимков, характеризующихся неполным перекрытием, максимально возможную общую область, которая полностью покрывается всеми введенными снимками, либо вырезать из серии введенных геокодированных снимков одну и ту же область, определяемую квадратом координат либо векторным файлом. Можно вместо геокодированных снимков использовать корегистрированные снимки в координатах азимут-наклонная дальность (тогда квадрат координат или векторный файл также должны быть в этой системе координат).

Update orbital data позволяет значительно уточнить орбиты для спутников ERS-1, ERS-2 и ENVISAT с помощью поставляемых через Интернет файлов коррекции орбиты. Одна из коллекций файлов коррекции орбиты ведется голландским институтом Delft Institute for Earth-Oriented Space Research (DEOS orbits) [1, 2]. Вторая коллекция ведется германским аэрокосмическим агентством DLR. Уточнение орбит с помощью этих файлов коррекции наиболее актуально для задач интерферометрии, поскольку пиксельная точность геолокации для вышеназванных спутников присутствует и без коррекции орбиты. В случае же интерферометрической обработки важно уточнение геолокации на субпиксельном уровне. Такая коррекция орбиты, как правило, сразу же четко визуализируется при построении интерферограмм, поскольку из них в случае более корректной записи орбитальных параметров удаляется диагональная фазовая помеха.

### ПРИМЕРЫ ОБРАБОТКИ

Ниже представлена серия типовых результатов обработки радарных данных, выполненной в программном комплексе SARscape.

На рис. 3 представлена амплитуда исходного и фильтрованного радарного изображения. На рис. 4 – геокодированный RGB-композит типа Interferometric Land Use.

На рис. 5 представлена ЦМР на всю территорию Швейцарии, построенная специалистами SARMAP





Рис. 3.  
Исходная (сверху) и фильтрованная мультитременным фильтром (снизу) амплитуда радарного снимка TerraSAR-X. Используются функции импорта, некогерентного накопления, корегистрации и мультитременной фильтрации (Компания «Совзонд», 2010)



Рис. 4.  
Геокодированный RGB-композит типа Interferometric Land Use, рассчитанный по двум снимкам TerraSAR-X. Растительность – зеленая, вода – темно синяя, здания – желтые и красные, дороги и поверхности без растительности – красные. Используются функции импорта, расчета когерентности, некогерентного накопления, геокодирования и расчета RGB-композита ILU (Компания «Совзонд», 2010)

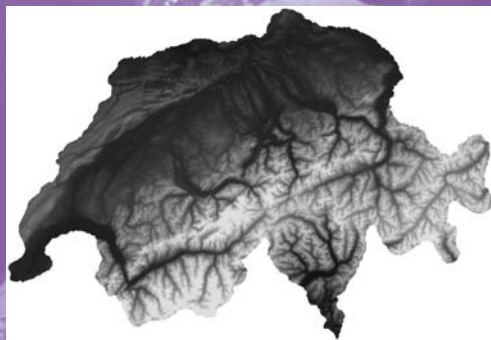


Рис. 5.  
ЦМР, построенная специалистами SARMAP (разработчиками SARscape) по данным тандемной интерферометрической съемки со спутников ERS-1 и ERS-2 в конце 1990-х гг.

по данным тандемной интерферометрической съемки со спутников ERS-1 и ERS-2 в конце 1990-х гг. Используются функции: фокусировка радиолокационных голограмм, интерферометрическая обработка с получением

на выходе ЦМР, создание мозаики выходных ЦМР, вырезка по векторному файлу государственной границы Швейцарии [3]. Точность ЦМР варьируется от 7 до 15 м по высоте. Пространственное разрешение – 25 м.

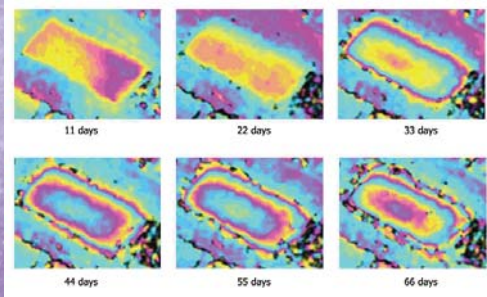


Рис. 6.

Осадка в зоне строительства здания, рассчитанная по данным дифференциальной интерферометрической обработки серии снимков TerraSAR-X. Под каждой интерферограммой указан временной интервал между снимками пары. Каждый цветовой цикл на интерферограммах соответствует оседаниям, равным половине длины волны (т.е. 1,5 см). Использованы функции модулей Basic и Interferometry

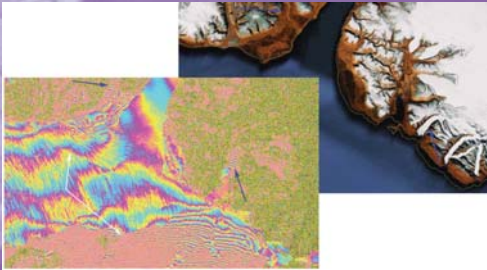


Рис. 7.

Сползание ледников в Северный ледовитый океан по данным тандемной интерферометрии ERS-2 – ENVISAT за период всего в 30 минут. Сползание ледников показано синими стрелками, амплитуда оползания – десятки сантиметров (каждый цветовой цикл – 2,75 см). Белыми стрелками показаны границы ледовых массивов в бухте Баффин, движущихся относительно друг друга. Справа – изображение из Google Earth. Использованы функции модулей Basic и Interferometry, а также утилита создания \*.kml файла для Google Earth.

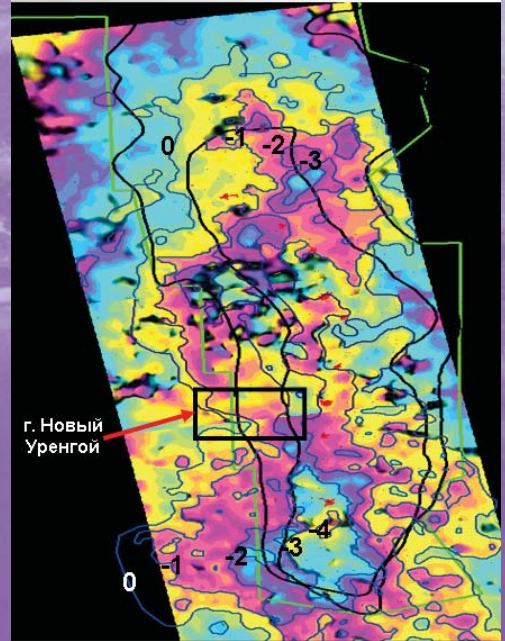


Рис. 8.

Дифференциальная интерферограмма, показывающая смещения земной поверхности на Уренгойском нефтегазовом месторождении за период 2007-2008 гг. по результатам обработки данных RADARSAT-1 (изолинии показывают оседания в см). Использованы функции модулей Basic и Interferometry, а также утилита коррекции значения «частоты повторения импульса»



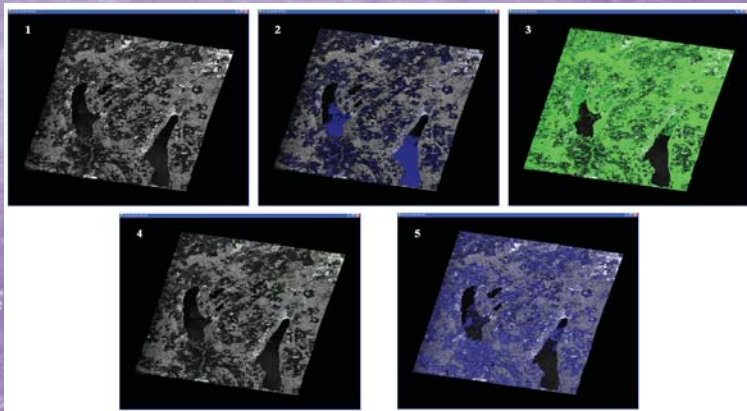


Рис. 9.

Результаты поляриметрической классификации четырехполяризационного снимка ALOS/PALSAR.

1 – амплитуда поляризации ГГ; 2 – выделение воды и гладкой поверхности; 3 – выделение растительности; 4 – выделение диполей (столбов, опор ЛЭП и т. д.); 5 – выделение участков суши без растительности или с невысокой растительностью. Используются функции модуля Polarimetry и Polarimetric Interferometry

На рис. 6 приведены смещения, рассчитанные по данным дифференциальной интерферометрической обработки серии снимков TerraSAR-X [4], а на рис. 7 – сползание в Северный Ледовитый океан ледников за период всего в 30 минут (тандемная интерферометрия ERS-2 – ENVISAT) [5]. На рис. 8 показаны оседания земной поверхности над Уренгойским нефтегазовым месторождением (север Тюменской области) [6-8].

На рис. 9 показаны результаты поляриметрической классификации полностью поляриметрических данных ALOS/PALSAR.

#### Список литературы

1. R. Scharroo, P.N.A.M. Visser. *Precise orbit determination and gravity field improvement for the ERS satellites*, *J. Geophys. Res.*, 103, C4, 8113-8127, 1998.
2. E. Doornbos, R. Scharroo, H. Klinkrad, R. Zandbergen, B. Fritsche. *Improved modelling of surface forces in the orbit determination of ERS and Envisat* *Canadian Journal of Remote Sensing*, Volume 28, No. 4, August 2002.
3. C. Poidomani. *National-Scale DEM generation using ERS Tandem data in alpine regions*, *ERS-ENVISAT Symposium*, 2000.
4. Материалы Интернет-сайта [www.sarmap.ch](http://www.sarmap.ch);
5. P. Pasquali, A. Cantone, M. Barbieri, M. Engdahl. *Monitoring of sea ice dynamic by means of ERS-ENVISAT Tandem Cross-Interferometry*, *ESA FRINGE Workshop*, Frascati, 2009.
6. Ю.Б. Баранов, Ю.И. Кантемиров, Е.В. Киселевский, С.Э. Никифоров и др. *Мониторинг смещений земной поверхности на разрабатываемых месторождениях углеводородов с помощью комплекса космических и геодезических методов / Недрапользование – XXI век. – 2009, №1, с. 60-64.*
7. Ю.Б. Баранов, Ю.И. Кантемиров, Е.В. Киселевский, С.Э. Никифоров и др. *Опыт комплексного мониторинга смещений земной поверхности на разрабатываемых месторождениях углеводородов с помощью геодезических и космических методов / Геоматика. – 2009, №1, с. 71-74.*
8. Р.О. Самсонов, Н.А. Гафаров, Ю.Б. Баранов, Ю.И. Кантемиров и др. *Космический мониторинг смещений земной поверхности на разрабатываемых месторождениях углеводородов ОАО «Газпром» / Газовая промышленность. – 2009, спецвыпуск «Освоение и разработка месторождений углеводородов», с. 29-33.*

**И.В. Оньков** (ООО «Тримм», Пермь)

В 1970 г. окончил МИИГАиК по специальности «астроном-геодезист». В настоящее время — научный консультант ООО «Тримм». Кандидат технических наук.

## Исследование точности измерения координат точек на ортоснимках RapidEye в зависимости от их геометрического типа

### ВВЕДЕНИЕ

При решении задач картографирования по материалам космической съемки определяющим фактором является геометрическая точность ортоснимков. Некоторые результаты экспериментальных исследований геометрической точности ортоснимков космического аппарата (КА) RapidEye, выполненных в ООО «Тримм» и предприятии «Уралгеоинформ», отражены в работах [1-3].

Основной задачей данных исследований является оценка точности измерений координат точек на ортоснимках и ортомозаике RapidEye в зависимости от их геометрического типа.

Решение этой задачи необходимо для обоснованного выбора типа опорных точек при ортотрансформировании и геометрической коррекции снимков RapidEye, а также при оценке реальной точности оцифровки точечных, линейных и площадных объектов местности при создании (обновлении) топографических и специальных карт и планов.

### СОЗДАНИЕ И ИЗМЕРЕНИЯ ОРТОСНИМКОВ

Для выполнения исследований были использованы два мультиспектральных снимка RapidEye на территорию г. Перми и прилегающих районов, предоставленные компанией «Совзонд» для выполнения тестовых исследований (табл. 1).

Ортотрансформирование исходных снимков было выполнено в программе ENVI 4.6 с использованием коэффициентов рациональных полиномов RPC, включенных в файлы снимков формата NITF, и цифровой модели рельефа Земли SRTM. Выходная проекция ортоснимков — Гаусса-Крюгера, система координат — СК-42. Средняя высота геоида над эллипсоидом принималась равной нулю, размер пикселя выходного ортоизображения — 6,5 м. Наземные опорные точки при ортотрансформировании не использовались. Ортомозаика была создана в графическом редакторе по координатам угловых точек растра, полученных в результате ортотрансформирования снимков RE4 и RE5.

Таблица 1

Основные характеристики снимков и условий съемки

Номер продукта	Номер (имя) спутника	Уровень обработки	Дата съемки	Надирный угол (град.)	Высота Солнца (град.)
ID1331830	RE4 (Choros)	1B	13.07.09	6,5	54,0
ID1331952	RE5 (Trochia)	1B	14.07.09	3,0	53,7



Рис. 1.  
Определение геодезических координат измеряемых точек на ортоснимке RapidEye по ортофотоплану IKONOS

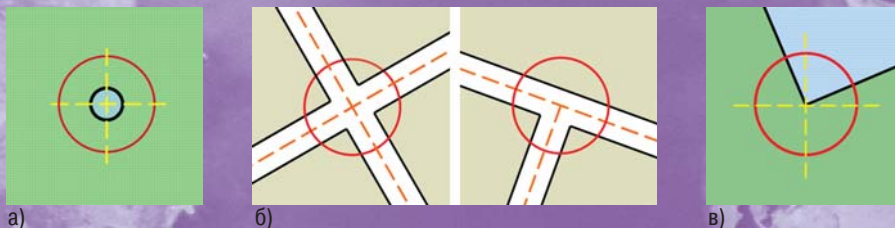


Рис. 2.  
Геометрические типы измеряемых точек

Выбор измеряемых точек был ограничен территорией г. Перми в его административных границах, на которую были созданы в ООО «Тримм» ортофотопланы города по снимкам КА IKONOS с разрешением 1 м в рамках муниципальной программы по мониторингу городской территории.

Измерения координат опорных и контрольных точек на ортоснимках выполнялись в растровом редакторе с дискретностью 0,2 пикселя (1,3 м на местности). Геодезические координаты этих же точек измерялись на ортофотопланах города с ошибкой не более 2 м (средняя радиальная ошибка измерения координат составила 0,8–1,0 м). Это позволило рассматривать их как «истинные координаты» и использовать для оценки и анализа точности ортоснимков RapidEye (рис. 1).

В общей сложности на ортоснимках и ортомозаике было измерено и принято в обработку 900 точек. Все измеряемые точки были разделены на три основных геометрических типа:

1. Центры объектов круглой формы (в основном резервуары для хранения нефтепродуктов); далее в таблицах обозначены символом «О» (рис. 2а).
2. Примыкания и пересечения осевых линий линейных объектов (в основном автодороги и улицы в населенных пунктах); далее в таблицах обозначены символом «Т» (рис. 2б).
3. Угловые точки объектов прямоугольной формы (в основном углы зданий и сооружения, площадки); далее в таблицах обозначены символом «Г» (рис. 2в).  
Примеры выбора основных типов измеряемых точек на ортоснимках приведены на рис. 3а-е.



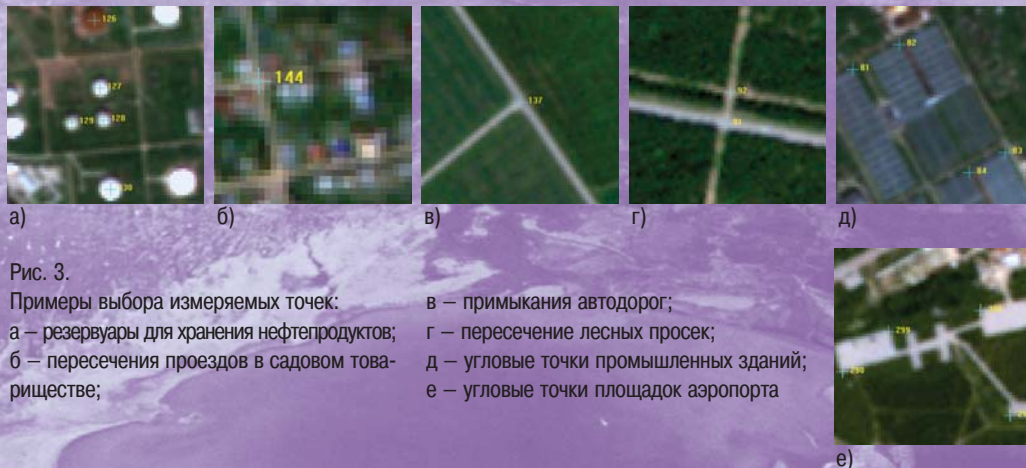


Рис. 3.

Примеры выбора измеряемых точек:

а – резервуары для хранения нефтепродуктов;  
б – пересечения проездов в садовом товариществе;

в – примыкания автодорог;

г – пересечение лесных просек;

д – угловые точки промышленных зданий;

е – угловые точки площадок аэропорта

### ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ КОРРЕКЦИЯ ОРТОСНИМКОВ

Геометрическая коррекция ортоснимков выполнялась для устранения остаточных систематических ошибок ортоснимков, возникающих в основном вследствие ошибок коэффициентов рациональных полиномов (RPC), ошибок параметров преобразования систем координат (WGS-84 СК-42) и ошибок в высоте геоида над эллипсоидом относимости.

В совокупности эти ошибки (в линейном приближении) приводят к сдвигу, изменению масштаба и развороту осей растровой системы координат ортоснимков относительно геодезической системы координат.

Оценка указанных параметров сдвига, масштаба и разворота выполнялась с использованием конформного преобразования Гельмерта

$$X = a_0 + a_1x - b_1y$$

$$Y = b_0 + b_1x + a_1y,$$

которое в эквивалентной геометрической форме имеет вид

$$X = X_0 + s \cdot (\cos \varphi \cdot x - \sin \varphi \cdot y)$$

$$Y = Y_0 + s \cdot (\sin \varphi \cdot x + \cos \varphi \cdot y),$$

где:  $X_0, Y_0$  – координаты начала системы координат  $oxy$  в системе координат  $OXY$ ,

$s$  – масштабный коэффициент;

$\varphi$  – угол поворота системы координат  $oxy$

относительно системы  $OXY$ .

Соотношения между двумя системами параметров выражаются формулами

$$a_0 = X_0, b_0 = Y_0; a_1 = s \cdot \cos \varphi,$$

$$b_1 = s \cdot \sin \varphi; \varphi = \arctg \frac{b_1}{a_1},$$

$$s = \sqrt{a_1^2 + b_1^2}. \quad (1)$$

В табл. 2 приведены значения геометрических параметров преобразования Гельмерта  $X_0, Y_0, \varphi, s$ , вычисленные по МНК-оценкам коэффициентов  $a_0, a_1, b_0, b_1$  с использованием соотношений (1).

### ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ОРТОСНИМКОВ ПО ОСТАТОЧНЫМ ОТКЛОНЕНИЯМ

Полученные в результате обработки по методу наименьших квадратов (МНК) остаточные отклонения измеренных координат опорных точек от уравненных

Таблица 2

Оценки параметров преобразования Гельмерта

Ортоснимок	Тип объекта	Объем выборки n	X <sub>0</sub> , м	Y <sub>0</sub> , м	φ''	s
RE4	О	82	6415192,14	433178,63	7,3	0,999886
	Т	67	6415190,32	433178,51	4,4	0,999947
	Г	112	6415092,89	433174,32	37,5	0,999850
RE5	О	92	6408789,10	428384,47	-1,5	0,999939
	Т	58	6408790,20	428383,46	10,9	0,999960
	Г	127	6408793,28	428381,91	21,1	0,999927
Mosaic	О	128	6417045,56	438437,67	9,8	0,999838
	Т	98	6417045,90	438437,46	22,6	0,999874
	Г	130	6417049,17	438434,70	50,6	0,999810

рассматривались как случайные ошибки, обусловленные в основном ошибками измерений координат точек на растре (опознавания и наведения), ошибками дискретизации раstra и методическими ошибками принятой математической модели преобразования.

Оценка точности измерений выполнялась по остаточным отклонениям координат  $V_x, V_y$  для каждого типа измеряемых точек и каждого снимка отдельно. Вычислялись следующие основные показатели точности:

- стандартная среднеквадратическая ошибка  $\sigma_{xy}$ ;

$$\sigma_{xy} = \sqrt{(\sigma_x^2 + \sigma_y^2) / 2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (v_x^2 + v_y^2) / 2(n - k)}$$

где n – объем выборки (число точек), k – минимально необходимое число точек (k = 2 – для преобразования Гельмерта);

- средняя радиальная ошибка MRE:

$$MRE = \frac{1}{(n - k)} \sum_{i=1}^n \sqrt{v_x^2 + v_y^2};$$

- максимальная радиальная ошибка  $R_{max}$  в выборке.

Результаты оценки точности измерения координат точек на ортоснимках и ортомозаике приведены в табл. 3.

На рис. 4 в качестве примера приведен график зависимости стандартной среднеквадратической

Таблица 3

Показатели точности измерения координат точек на ортоснимках

Ортоснимок	Тип объекта	Объем выборки n	$\sigma_{xy}$ , м	MRE, м	$R_{max}$ , м
RE4	О	82	1,63	2,08	4,84
	Т	67	1,85	2,41	4,71
	Г	112	2,79	3,57	7,93
RE5	О	92	1,53	1,95	4,36
	Т	58	1,70	2,16	4,59
	Г	127	2,59	3,26	7,78
Mosaic	О	128	1,60	2,04	4,22
	Т	98	1,74	2,31	4,44
	Г	130	2,83	3,61	7,81

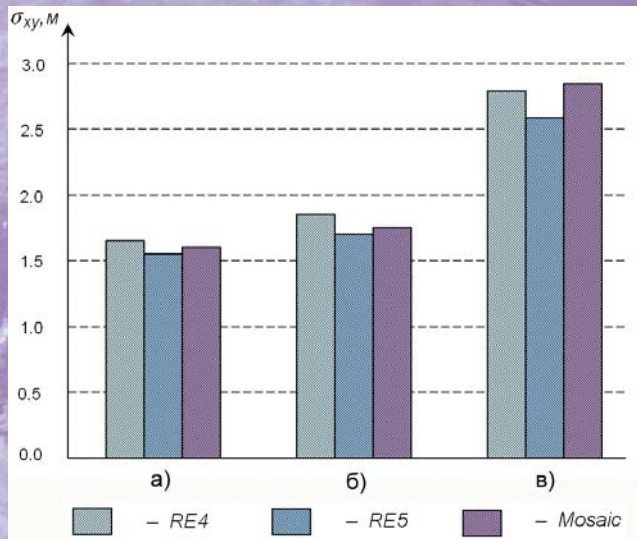


Рис. 4.

Зависимость стандартной среднеквадратической ошибки  $\sigma_{xy}$  от геометрического типа измеряемой точки:

- а – центры объектов круглой формы;
- б – пересечения и примыкания осевых линий линейных объектов;
- в – угловые точки объектов прямоугольной формы.

ошибки  $\sigma_{xy}$  от типа измеряемой точки для ортоснимков RE4, RE5 и ортомозаики по данным табл. 3.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основе достаточно большого статистического материала экспериментально выявлена зависимость точности измерения координат точек на ортоснимках RapidEye от их геометрического типа. Показано, что точность измерения координат точек объектов, обладающих определенной геометрической симметрией, в 1,5 – 1,7 раза выше, чем угловых точек прямоугольных объектов.

2. Точность измерения координат точек вне зависимости от их геометрического типа удовлетворяет требованиям, предъявляемым к точности фотопланов масштаба 1:10 000: средняя радиальная ошибка (MRE) во всех сериях измерений не превосходит 4 м, максимальная ошибка – не более 8 м.

Результаты исследований могут быть использованы при выборе типа опорных точек при геометрической коррекции ортоснимков RapidEye, а также для оценки реальной точности оцифровки точечных, линейных и площадных объектов местности при создании (обновлении) топографических и специальных карт и планов.

## Список литературы

1. Оньков И.В. Исследование геометрической точности ортотрансформированных снимков RapidEye // Геоматика. – 2009. – № 4(5). – С.21-27.
2. Оньков И.В. Исследование геометрической точности ортоснимков RapidEye, ALOS и ALOS+RapidEye // Геопроби. – 2009. – № 6. – С.48-51.
3. Кобзева Е.А. Обновление цифровых топографических карт по снимкам RapidEye: результаты исследования // Пространственные данные. – 2009. – №4. – С.47-50.

**Н.М. Ковалевская** (Институт водных и экологических проблем СО РАН)

В 1986 г. окончила математический факультет Новосибирского государственного университета по специальности «прикладная математика». В настоящее время работает старшим научным сотрудником Института водных и экологических проблем СО РАН.

**Н.Н. Добрецов** (Институт геологии и минералогии СО РАН)

Окончил геолого-геофизический факультет Новосибирского государственного университета по специальности «геохимия». В настоящее время работает заведующим лабораторией геоинформационных технологий и дистанционного зондирования Института геологии и минералогии СО РАН.

**К.А. Боенко** (Институт водных и экологических проблем СО РАН)

В 2004 г. окончил Алтайский политехнический государственный университет. До 2010 г. работал инженером в Институте водных и экологических проблем СО РАН.

**А.Ю. Королюк** (Центральный сибирский ботанический сад СО РАН)

В 1986 г. окончил факультет естественных наук Новосибирского государственного университета по специальности «биология». В настоящее время работает заведующим лабораторией геосистемных исследований Центрального сибирского ботанического сада СО РАН.

## Запросы по содержанию — новый шаг в геоинтеллектуальной обработке космической информации\*

Современные базы данных и каталоги космических изображений насчитывают терабайты информации. На орбиту выводятся новые и новые спутники с высоким и сверхвысоким разрешением. В этих условиях пространственный анализ каждого снимка занимает огромные временные ресурсы и особенно актуальным становится решение задачи содержательного поиска.

В то же самое время мировое космическое сообщество начинает накапливать геоинтеллектуальный потенциал совершенно нового качества, предоставляя космические данные, связанные:

- а) с природными и техногенными катастрофами (International Charter, <http://www.disasterscharter.org/home>);
- б) с чрезвычайными ситуациями (Crisis Event Service, [http://www.digitalglobe.com/index.php/48/Products?product\\_id=26](http://www.digitalglobe.com/index.php/48/Products?product_id=26));
- в) со специальными событиями каждой недели (ESA. Earth from Space: image of the week, [http://www.esa.int/esaEO/SEM9UELY17E\\_index\\_0.html](http://www.esa.int/esaEO/SEM9UELY17E_index_0.html)) (рис. 1).

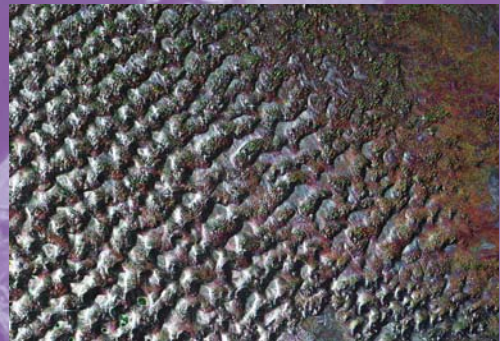


Рис. 1.  
Радарный снимок пустыни Гоби. Спутник Envisat, 23 июля 2010 г.

Вследствие этого возникает вопрос: как научиться эффективно формализовать, хранить и использоваться

\* статья подготовлена по результатам выполненного проекта - победителя конкурса «Лучшие проекты в области ГИС-технологий и ДЗЗ» в рамках IV Международной конференции «Космическая съемка - на пике высоких технологий»

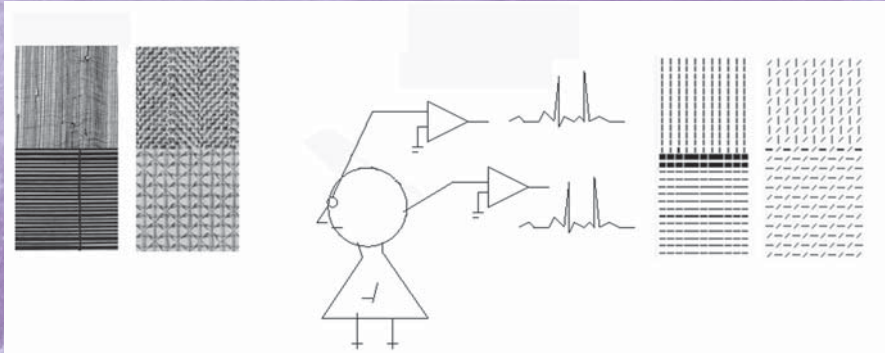


Рис. 2.  
Ранние этапы зрительного восприятия текстур

такую информацию, уникальную по представлению и содержанию?

Важное отличие содержательного поиска в базах данных (БДИ) и в каталогах космических изображений (ККИ) от поиска в традиционных базах данных состоит в том, что процесс визуального поиска природных объектов и объектов антропогенного происхождения не может игнорировать законы зрительного восприятия. Это значит, что при оценке визуального сходства/несходства объектов должны использоваться принципы функционирования зрительной системы.

С одной стороны, на ранних стадиях восприятия визуальных объектов мозг преобразует нейронные сигналы, идущие из сетчатки, в простые элементы восприятия: линии, точки, контрастные элементы и т. д. Существуют неоспоримые факты в нейробиологии, которые подтверждают, что мгновенное (первоначальное) выделение образа осуществляется благодаря контекстным влияниям в первичной зрительной коре головного мозга таким образом, что самые важные или самые «заметные» места на изображении вызывают более высокие нейронные отклики в восприятии [1]. Мгновенное восприятие определяется и сходством, и контрастом локальных признаков. При этом нейронные импульсы усиливаются, если окружающие элементы имеют контрастную ориентацию (рис. 2).

С другой стороны, при визуальном выделении образов с множеством мельчайших деталей реализуется

совершенно иной уровень зрительного мышления – образное, или гештальт-восприятие. Так, художник подсознательно использовал принцип группировки элементов: бусы, ожерелье, драгоценные камни расположены так, что воспринимаются общие признаки портрета (рис. 3).

Очевидно, что существуют такие зрительные процессы, благодаря которым устанавливаются пространственные соотношения объектов и создается общее восприятие визуального образа. При этом некоторый эскиз элементов образа вносит свой вклад в восприятие так, что выделяются наиболее заметные элементы.

Дальнейшее использование эскизов вместо самих объектов позволяет игнорировать несущественные детали, тем самым процесс содержательного поиска и выделения найденных объектов становится гораздо более эффективным.

### SKETCH-МОДЕЛЬ

Рассматривая систему зрительного восприятия на предварительном этапе обработки и распознавания изображений, Марр определил первоначальный уровень восприятия визуальной информации как некий эскиз, представляющий структуру и изменение яркостей визуального образца (рис. 4).

Для создания модели эскиза будем рассматривать визуальные образцы объектов на снимках высокого и сверхвысокого разрешения как обладающие свойством



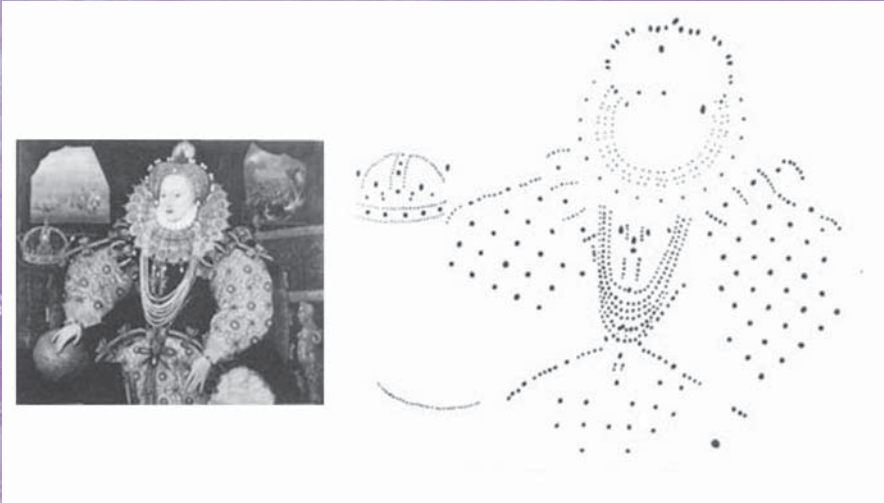


Рис. 3.  
Визуальное выделение образов с множеством мельчайших деталей

пространственного самоподобия (во многих случаях это верно и для космических снимков среднего разрешения) в смысле некой повторяемости парных элементов, поддерживаемых одной и той же комбинацией положений на растре.

Вероятностное самоподобие однородного образца означает, что все возможные парные комбинации сигналов рассматриваются с различными вероятностями появления на этом образце, т. е. если некоторая пара входит в состав пар сигналов, представляющих эскиз визуального образца, то соответствующая ей вероятность имеет значение, отличающееся от нулевого.

Тогда каждый более или менее визуально однородный образец может получить несколько численных характеристик по заданным направлениям и на заданных расстояниях в соответствии с некоторой мерой сходства с независимым случайным полем (НСП) [2]. Очевидно, что чем больше линейность, регулярность, направленность, шероховатость и т. д. образца, тем больше его визуальное отличие от НСП (рис. 5).

В этом случае два визуальных образца представляют одно и то же содержание или относятся к представлению одного и того же класса естественных или антропо-

погенных объектов, если они имеют близкие распределения матриц пар значений сигналов в парах одного и того же типа (рис. 6, 7).

При этом размер матриц пар значений сигналов зависит от так называемого окна поиска эскиза: с одной стороны чем больше размер окна, тем более точной является оценка эскиза образца. С другой стороны, чем больше окно, тем медленнее осуществляется содержательный поиск. Поэтому выбор размеров окна является эмпирическим результатом разумного компромис-

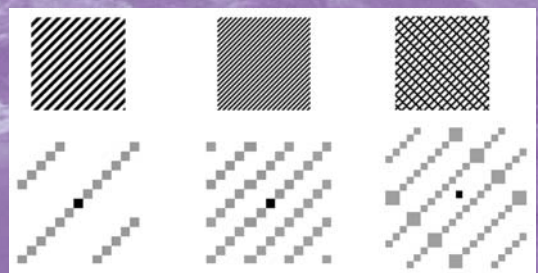


Рис. 4.  
Визуальные образцы и соответствующие эскизы

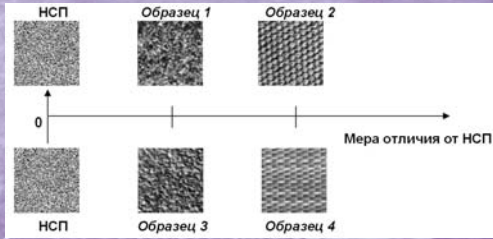


Рис. 5.  
Визуальное сравнение образцов с НСП

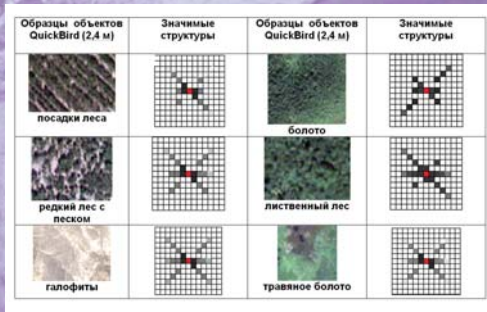


Рис. 7.  
Визуальные образцы объектов на мультиспектральных снимках со спутника QuickBird

са между вычислительной стоимостью и детальностью эскиза (рис. 8).

Таким образом, при сравнении двух визуальных образцов нет необходимости сравнивать всю информацию, содержащуюся в них. Сравнению подлежит лишь та существенная часть (Sketch), которая кодируется в зрительной памяти и мгновенно воспринимается зрительной системой человека.

### SKETCH-ЗАПРОСЫ ПО СОДЕРЖАНИЮ

Результаты содержательных Sketch-запросов полностью соответствуют психофизиологическому разделению визуальных данных на группы неявных признаков. Кроме того, система оказывается способной к дообучению [2].

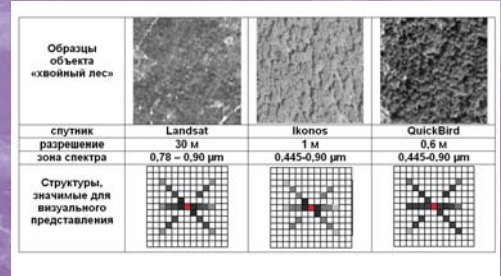


Рис. 6.  
Визуальные образцы изображения хвойного леса на снимках с разным разрешением

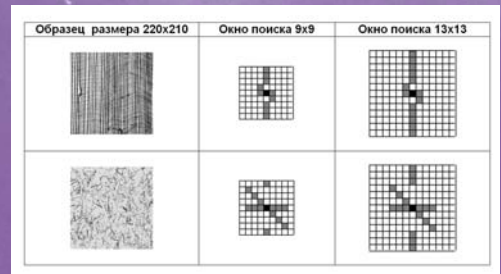


Рис. 8.  
Зависимость детальности эскиза от окна поиска

В качестве примера на рис. 9 приведены результаты первых пяти запросов в выбранной БДИ. Хотя сама БДИ представляет достаточно сложный вариант для визуального поиска в силу неоднозначности деления объектов на классы, результаты оказались весьма обнадеживающими. 90% запросов показывают правильный результат в качестве первого выбора поисковой системы. Первые два результата оказываются верными для более 65% запросов. И более 40% запросов показали верными первый, второй и третий результаты поиска.

Описанная поисковая система оказалась способной к нахождению новых признаков визуального сходства, согласующихся со зрительным восприятием. Так, отдельные результаты поиска (помечены символом (!))

Образец для Sketch-поиска	Результаты Sketch-запросов:				
	(!) – классы не совпадают, (?) – классы не совпадают, но требуется экспертное дообучение				
	Первый запрос	Второй запрос	Третий запрос	Четвертый запрос	Пятый запрос
	(*)	(*)	(*)	(-)	(-)
	(*)	(*)	(*)	(-)	(-)
	(*)	(*)	(?)	(-)	(-)
	(?)	(?)	(*)	(-)	(-)
	(*)	(*)	(-)	(-)	(-)
	(*)	(?)	(-)	(-)	(-)
	(*)	(?)	(-)	(-)	(-)
	(*)	(?)	(-)	(-)	(-)
	(*)	(?)	(-)	(-)	(-)
	(*)	(-)	(-)	(-)	(-)

Рис. 9. Пример результатов содержательного Sketch-поиска

на рис. 9) хотя формально и показали несовпадения с классами запросных образцов но фактически являются визуально сходными с запросным образцом по тому или иному визуальному признаку, т. е. поисковая система способна к экспертному дообучению: каждый результат Sketch-запроса, помеченный символом (!), может быть объединен с соответствующим образцом для Sketch-поиска в один класс по некоторым визуальным признакам, не учтенным экспертами в исходной классификации.

Эксперименты с образцами, взятыми со снимков сверхвысокого разрешения (QuickBird, 0,7 м) оказались еще более оптимистичными. Поисковая Sketch-система «выбирала» результаты поиска следующим образом (рис. 10):

- в 100% случаев первый результат относился к тому же классу, что и запросный образец;
- в 60% случаев второй и последующий результаты относились к тому же классу, что и запросный образец (кустарники, кустарники с редколесьем, дачи, поселки, покос и т.д.).

## SKETCH-ВЫДЕЛЕНИЕ УЧАСТКОВ НА СНИМКАХ СВЕРХВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

Важным этапом содержательного поиска в соответствии с заданными визуальными характеристиками является выделение соответствующих участков на изображениях.

В частности, эксперименты со Sketch-выделением объектов на снимках спутников Quickbird (0,7 м) и IKONOS (1 м) показали, что учет:

- а) визуального восприятия структурно-яркостных характеристик объектов и
- б) оценки уровня самоподобия образцов

Класс запросного Sketch-образца	Первый Sketch-запрос	Последующие Sketch-запросы (число запросов зависит от количества имеющихся образцов класса)	Найдены все образцы класса в качестве первых результатов запросов
	(*)	2й – 7й – (*)	(*)
	(*)	2й – 9й – (*)	(*)
	(*)	2й – 5й – (*), 6й – 8й – (-), 9й – (*)	(-)
	(*)	2й – 6й – (*)	(*)
	(*)	2й – 6й – (*)	(*)
	(*)	2й – (-), 3й – 5й – (*), 6й – (-), 7й – 13й – (**)	(-)
	(-)	2й – (-), 3й – (-), 4й – (*)	(-)

Рис. 10. Результаты поиска в БДИ сверхвысокого разрешения

приводит к результатам «почти ручного» выделения; отличие не превышает 2% (рис. 11, 12).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С появлением снимков высокого и сверхвысокого разрешения процесс поиска и выделения искомых объектов встал на принципиально новый уровень: вместо поэлементного анализа система должна научиться «мыслить» целыми объектами или частями объектов [3]. Это становится особенно актуальным, поскольку стандартные процедуры анализа и классификации спектральных свойств пространственных объектов



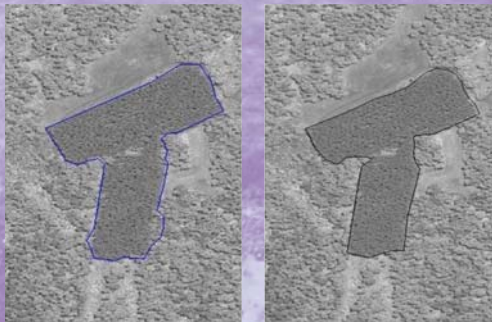


Рис. 11.  
Результаты выделения на фрагменте снимка IKONOS (1 м):  
слева – ручное выделение, справа – Sketch-  
выделение

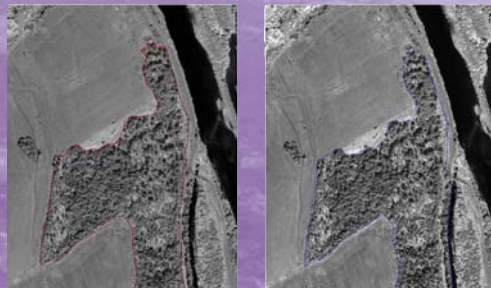


Рис. 12.  
Результаты выделения фрагмента снимка QuickBird (0,7 м):  
слева – ручное выделение, справа – Sketch-  
выделение

оказываются неэффективными. В частности, лес, который может выглядеть спектрально однородным при среднем и низком разрешении, на снимке сверхвысокого разрешения оказывается состоящим из отдельных деревьев и их теней.

Современные технологии позволяют увидеть объекты территорий настолько близко из космоса, что становится возможным говорить о формальном описании таких визуальных характеристик, как шероховатость, контрастность, направленность, линейность, регулярность, зернистость и т. д.

С одной стороны, сложившаяся ситуация вынуждает разрабатывать новые подходы к обработке и анализу космических изображений, а с другой – открываются новые перспективы геоинтеллектуализации визуальной обработки в существующих каталогах космических снимков.

С этой целью разработана специальная Sketch-модель, которая позволяет выделять наиболее представительные структурные сочетания элементов образца для содержательного поиска. На основе этой модели реализуются эффективные запросы по содержанию в базах данных и каталогах космических изображений с возможностями последующего экспертного дообучения.

Теоретические основы подхода разрабатывались совместно с институтом Санта-Фе (США, штат Нью-Мексико) и лабораторией биоинженерии Пенсильван-

ского университета (США, штат Пенсильвания). Практические исследования проходили при использовании данных лаборатории геосистемных исследований Центрального сибирского ботанического сада СО РАН. Разработка программного обеспечения осуществляется в лаборатории геоинформационных технологий и дистанционного зондирования Института геологии и минералогии СО РАН им. В.С. Соболева.

### Список литературы

1. Julész B., Gilbert E., Shepp L. *Inability of humans to discriminate between visual textures that agree in their second-order statistic—Revisited// Perception. 1973. Vol.2 . P.391–405.*
2. Н.Ковалевская, К.Боенко. *Оценка характеристик запросов для содержательного поиска в базах данных космических изображений.// Вычислительные технологии. Нов-ск, издательство ИВТ СО РАН, 2008, т.13, №2. с.53-69.*
3. Н.М.Ковалевская, К.А.Боенко, О.В.Ловцкая, Н.Н.Добрецов, А.Ю.Королюк. *Контекстное моделирование объектов земной поверхности с целью получения метаданных о содержании изображений.// Вычислительные технологии. Нов-ск, издательство ИВТ СО РАН, 2010, 16с.(в печати).*

**Н.П. Антимонов** (ФГУП ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс»)

В 1977 г. окончил Куйбышевский инженерно-строительный институт им. А.И. Микояна по специальности «теплогазоснабжение и вентиляция». В настоящее время работает в ФГУП ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» заместителем начальника ЦПОИ «Самара» по тематической обработке информации ДЗЗ.

## Обнаружение археологических погребенных объектов на мультиспектральных космических снимках с помощью специализированной программы Image Media Center 5.0

Тысячелетия истории человечества скрыты под вулканической лавой, песками, илом и другими рыхлыми отложениями земной коры. Единственный способ узнать больше об ушедших цивилизациях – раскопать и изучить объекты прошлого. Вместе с тем найти их не так-то просто именно из-за подземного положения.

Погребенные археологические объекты обычно не имеют заметных наземных проявлений. Однако, становясь частью земной экосистемы, они вносят свой вклад в формирование ландшафтного облика. Вот только выделять этот вклад специалисты научились сравнительно недавно, с развитием аэрокосмической съемки и способов обработки изображений.

### Мнение специалиста

**Д.В. Степанов**, заместитель директора Научно-производственного комплекса «Глобалзонд» по производству, кандидат технических наук.

Наша компания занимается прогнозированием залегания полезных ископаемых по материалам космической съемки. Основным объектом дешифрирования являются малые кольцевые структуры, сформированные на поверхности Земли глубинными структурами. Распознавание их производится автоматизированно с помощью программ собственной разработки. Однако значительное влияние на достоверность результатов оказывает качество предварительной подготовки изображений, повышающее соотношение «сигнал/шум».

И здесь большим подспорьем послужило внедрение в технологический процесс программы Image Media Center (IMC), которое позволило отказаться от лишних операций конвертации при использовании внешних графических редакторов. К тому же и сами редакторы с трудом справлялись с обработкой площадных космических изображений.

Значительно упростился и процесс подготовки отчетных карт для заказчика за счет возможностей программы комбинировать спектрозональные изображения в цветные, накладывать и совмещать векторные и растровые слои.

По нашей оценке, сокращение времени полного цикла технологического процесса составило до 20%. Сейчас мы активно изучаем возможности программы для модернизации самих методик подготовки изображений, что позволит повысить достоверность наших результатов. Приятно, что разработчики готовы учесть наши потребности и внедрить в программу дополнительные модули в соответствии с техническими условиями.

При этом IMC, пожалуй, единственная программа на рынке, стоимость которой воспринимается скромной при более чем нескромных возможностях.



Еще в 1964 г. П.Я. Райзер в своей статье «Опыт при- ложения теории познания и логики к дешифрованию аэроснимков» [1] так обосновывал возможность нахо- ждения на снимках погребенных объектов:

«Если рассматривать метод как способ исследова- ния и познания окружающего нас мира, то аэрометод является способом выявления с высоты в полете веще- ственных, структурных и энергетических свойств всей земной поверхности в целом и отдельных ее элемен- тов, природных ресурсов и природных явлений, зако- номерностей их развития и их взаимосвязей в про- странстве и во времени».

Главной проблемой оказалось отсутствие и даже невозможность построения полной системы дешиф- ровочных признаков, которая позволяла бы однознач- но идентифицировать археологические объекты: сами объекты разной, порой непредсказуемой формы, залегают на разной глубине, в различных природных средах и т. д. Поэтому систематизация признаков про- должается до сих пор, наряду с поиском новых, ранее неизвестных.

Дополнительные возможности для вскрытия погре- бенных объектов предоставляют расширяющиеся пространственно-частотные диапазоны космической съемки. Вместе с тем появляются и новые средства обработки изображений, позволяющие получить из них латентную, ранее недоступную информацию.

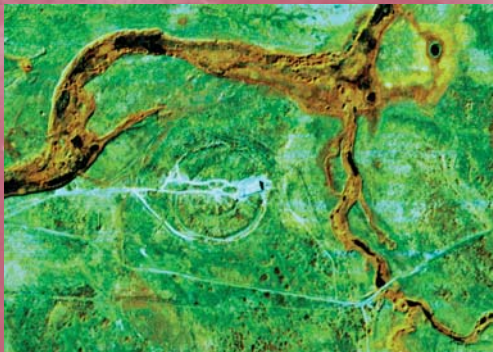


Рис. 1.  
Древнее поселение Аркаим — снимок с КА «Ресурс-ДК1»

Одним из таких средств, взятых на вооружение нашей организацией сравнительно недавно, является программный комплекс Image Media Center 5.0, разра- ботанный российской компанией «Центр инновацион- ных технологий».

Его основным преимуществом является совмещение полноценного функционала геопространственной среды, удобной для работы с космическими изображе- ниями, с широкими возможностями профессионально- го графического редактора.

Использование этих возможностей в рамках одной программной оболочки позволило существенно повы- сить эффективность решения задачи поиска погребен- ных археологических объектов, снизив стоимостную, трудозатратную и временную составляющие.

Положительный опыт по обнаружению погребенных археологических объектов в средней климатической зоне был получен при выявлении по материалам аэро- фотосъемки «Страны городов», района расположения древнего поселения Аркаим в Челябинской области [2] (рис. 1).

Поселение фиксируется в виде двух вписанных друг в друга колец земляных валов с четырьмя проходами внешнего рва, двух кругов жилищных впадин и цен- тральной площадью. Сооружение геодезически строго ориентировано по странам света. С точностью до минуты дуги на горизонте выставлены знаки, отмечаю- щие широтную (Запад — Восток) и меридиональную (Север — Юг) линии, проходящие через геометриче- ские центры конструкции.

По точности ориентировки конкуренцию Аркаиму во всем Древнем мире могут составить только некоторые пирамиды Египта, но они моложе лет на двести.

Расстояние между центрами кругов составляет 5,25 аркаимской меры, что близко к значению угла наклона лунной орбиты.

В рамках апробации программного комплекса был также проведен комплекс поисковых работ на территории Болгарского государственного историко-архитектурного музея-заповедника (БГИАМЗ) Республики Татарстан.

Территория БГИАМЗ до 2010 г. характеризовалась минимальными изменениями, которые в основном

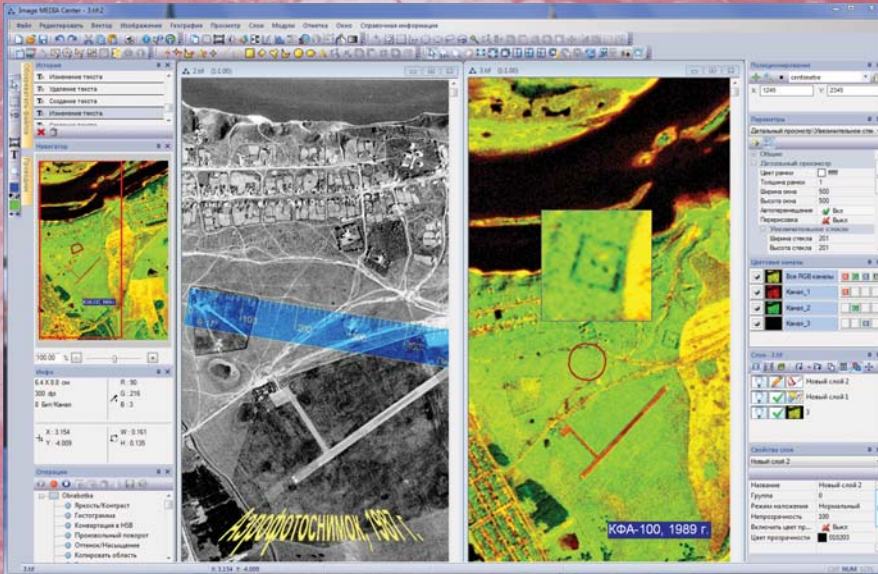


Рис. 2. Аэрофотоснимок 1987 г. (слева) и космический снимок КФА-1000 1989 г. (справа)

касались инфраструктуры поселка на территории заповедника. Территория заповедника-городища богата погребенными археологическими объектами, датируемыми 12–14 вв. Помимо этого, о данной территории имела подробная база данных, позволяющая проводить качественное дешифрирование указанной местности.

В качестве исходных данных использовались аэрофотоснимки 1987 г., космические снимки (рис. 2): КФА-1000 (1989 г.) и «Ресурс-ДК1» (мультиспектральный снимок 2008 г. и панхроматический 2009 г.).

Все поисковые работы проводились по оригинальной методике. Возможность объединить их в рамках одной программы Image Media Center 5.0 (а не двух-трех, как ранее), позволила переработать и несколько упростить методику. Результат при этом оказался существенно выше ожиданий.

Прежде всего, сказались расширенные возможности Image Media Center 5.0 по работе со спектральноными изображениями и вообще с цветовыми пространствами. Следует отметить, что программа выполняет

преобразования между следующими цветовыми моделями: RGB, CMYK, HLS, HSB, Lab, Grayscale.

Легкость преобразований позволила сформировать наборы операций в различных пространствах в нужной последовательности, обеспечив возможность обработки цветочных каналов без потери видимой информации, но с проявлением новой ранее скрытой и не воспринимавшейся зрением (рис. 3).

Выделение латентной информации проводилось также с использованием обширного функционала программы по работе со слоями в различных режимах наложения. При этом использовалась возможность работы с альфа-каналами, т. е. создания маски, различных режимов прозрачности, что позволило точно дозировать результаты преобразований.

В программе реализованы и различные режимы выделения, включая автоматические, по близким цветам (тонам), в т. ч. выделение цветового диапазона. Данные возможности обеспечили автоматизацию и ускорение процесса интерпретации.

Хотелось бы отметить также присутствие встроенных фильтров, применение которых в процессе обработки позволило добиться специальных визуальных эффектов, повысив тем самым качество распознавания (рис. 4).

Обширные возможности по работе с векторными данными способствовали упрощению и автоматизации процесса изготовления отчетных информационных документов: карт, схем и других материалов.

Для добавления векторной информации на космические снимки применялись такие функции по работе с векторными данными, как: нанесение объектов; автоматическая векторизация; выполнение пространственных запросов; работа с атрибутивными данными; редактирование и создание собственных стилей; масштабирование векторных элементов; формирование рабочих наборов; подготовка форм для печати и др.

При этом необходимо отметить, что работа с разными типами информации: растровыми изображениями, метками, векторными данными, текстом и др.— про-

изводилась в едином информационном пространстве одновременно. Независимо от типа все слои обладают режимами наложения, прозрачностью, возможностью трансформирования и выделения.

По результатам обработки на исследуемой площади БГИАМЗ были обнаружены погребенные объекты, имеющие ярко выраженное антропогенное происхождение. Это значит, что после их раскопок удастся приоткрыть еще одну страничку нашей истории.

В заключение хотелось бы отметить, что впервые мы приобрели инструмент, который практически в полной мере отвечал бы нашим потребностям.

Программный комплекс Image Media Center 5.0 в полном объеме выполняет возложенные на него функции геоинформационной системы и графического редактора. Кроме того, за счет совмещения этих функций в единой оболочке открылись дополнительные возможности по обработке изображений, преобразованию и систематизации информации, а главное — извлечению новой, ранее недоступной.

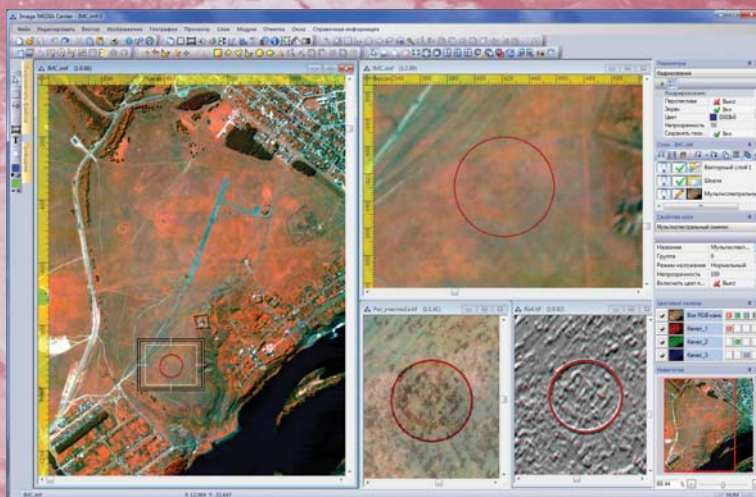


Рис. 3.

- Поиск археологических объектов на мультиспектральном снимке территории БГИАМЗ с КА «Ресурс-ДК1»:
- исходный космический снимок территории БГИАМЗ с выделенной областью поиска;
  - область поиска погребенного археологического объекта;
  - результат преобразования цветовых каналов с проявлением скрытой информации;
  - создание визуального эффекта объема для повышения достоверности интерпретации.



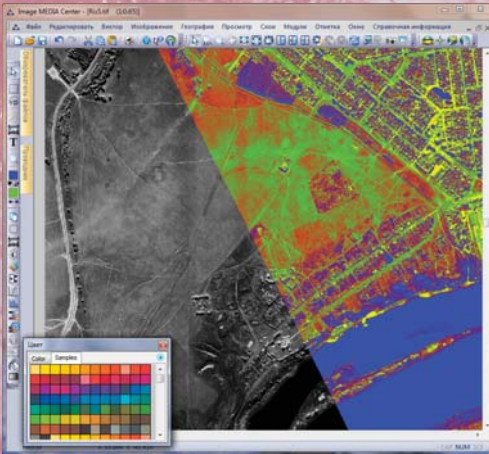


Рис. 4.  
Пример тематической обработки панхроматического снимка с КА «Ресурс-ДК1»

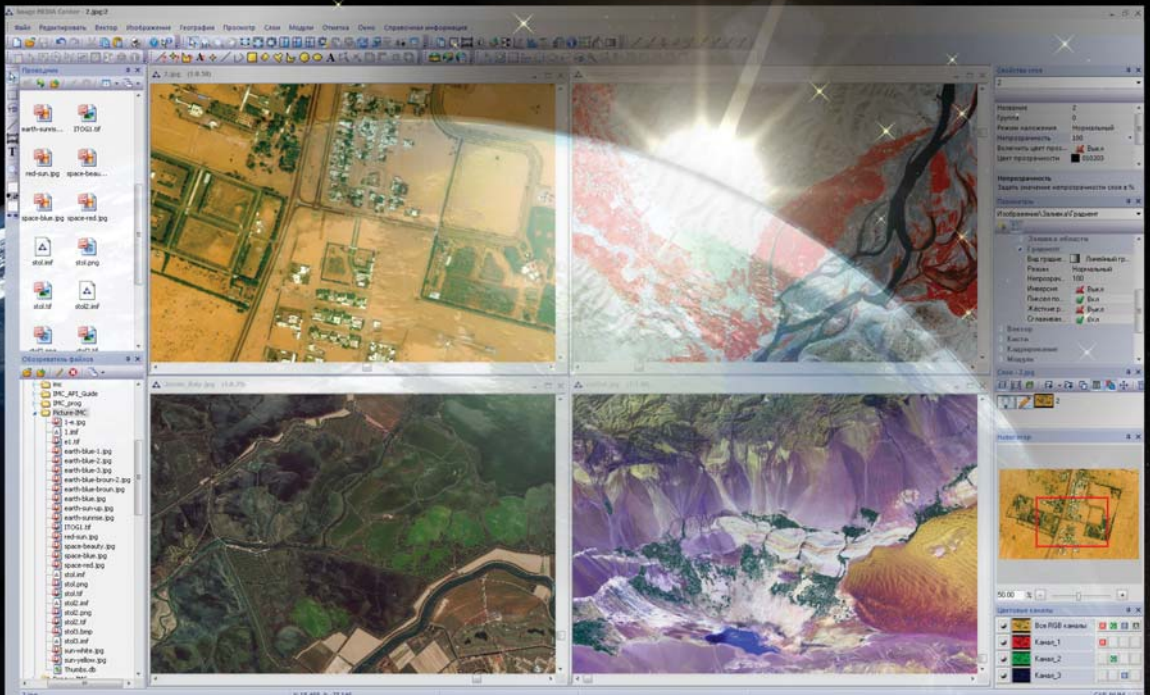
Именно эти возможности обосновывают преимущество использования программы Image Media Center 5.0

в технологическом процессе поиска погребенных археологических объектов по материалам аэрокосмической съемки.

Повышению эффективности процесса также способствуют сокращение времени обработки и получения результатов, снижение трудозатрат, а также сравнительно низкие расходы на приобретение и обслуживание программы.

#### Список литературы

1. «Комплексное дешифрирование аэроснимков», Сборник статей, Издательство «Наука», Москва – Ленинград, 1964 г.
2. Г.Б. Зданович, И.М. Батанина, Н.В. Левит, С.А. Батанин «Археологический атлас Челябинской области», Выпуск 1 «Степь – лесостепь. Кизильский район», Труды музея-заповедника «Аркаим», Челябинск, 2003.
3. ООО «Центр инновационных технологий» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.novacenter.ru>.



## IMAGE MEDIA CENTER 5.0

ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС,  
СОЧЕТАЮЩИЙ В СЕБЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ  
ГРАФИЧЕСКОГО РЕДАКТОРА И ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

ООО «ЦЕНТР ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»  
129329, Россия, Москва, ул. Вересковая, д. 10,  
+7 (499) 189 61 66  
CONTACT@NOVACENTER.RU, WWW.NOVACENTER.RU

**Р.С. Басков** (ЗАО НПК «БАРЛ»)

В 2002 г. окончил Военный инженерно-космический университет им. А.Ф. Можайского. Основной вид деятельности – обработка данных космической съемки, работа в ГИС-средах. В настоящее время – коммерческий директор ЗАО НПК «БАРЛ».

## Использование мобильного ситуационного центра планирования, приема и обработки данных космической съемки в борьбе с лесными пожарами

Мобильный ситуационный центр предназначен для непосредственного приема, обработки и передачи пользователям данных космической съемки земной поверхности различного качества и объема со спутников дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) российского и иностранного производства.



Рис. 1.  
Мобильный ситуационный центр

Особенностью комплекса является возможность его перевозки на автомобиле и развертывания системы приема в полевых условиях, что позволяет проводить работы в любом регионе России и оперативно получать информацию об обстановке на местности (рис. 1, 2).

Разрабатываемые ЗАО НПК «БАРЛ» мобильные ситуационные центры позволяют в настоящее время принимать как оптические данные с разрешением от 1 км до 0,7 м, так и всепогодные и независимые от времени суток радиолокационные изображения с разрешением от 100 до 1 м. Это дает возможность решения широкого спектра прикладных задач.

Одним из важных направлений, где можно использовать мобильный ситуационный центр, является прогноз возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) и оперативное реагирование на них. Приведем лишь малую часть ЧС, где можно использовать данный комплекс для оперативного реагирования и минимизации последствий после возникновения ЧС:

- раннее обнаружение лесных и торфяных пожаров и наблюдение за их развитием;
- оперативное обнаружение и мониторинг нефтяных загрязнений на суше и на шельфе в районах добычи и транспортировки нефти и нефтепродуктов;
- мониторинг состояния сельскохозяйственных угодий;





Рис. 2.

Двухсекционный кузов-контейнер мобильного ситуационного центра.

- а) обитаемый отсек предназначен для размещения целевого оборудования, автоматизированных рабочих мест и обслуживающего персонала МЧС;  
 б) агрегатный отсек предназначен для размещения оборудования системы автономного электропитания, поддержания температуры, вентиляции и фильтрации воздуха

- объективная и оперативная оценка ущерба от стихийных бедствий;
  - мониторинг состояния гидротехнических сооружений;
  - постоянный мониторинг состояния ледников в горных районах;
  - оценка экологических последствий освоения территорий
- и многие другие задачи...

Аномальные погодные условия лета 2010 г. привели к возникновению пожаров лесных массивов и торфяников в ряде регионов Европейской части России. Проблема лесных пожаров вышла за рамки узкой проблемы лесного хозяйства и стала общегосударственной.

Возможность ликвидации пожара, особенно в условиях высокой пожарной опасности, определяется оперативностью обнаружения на ранней стадии возгорания и проведения мероприятий по его устранению.

Мобильный ситуационный центр может оказать значительную помощь по обнаружению возгораний на ранней стадии и оперативному реагированию для предотвращения крупных возгораний и тем самым значительно снизить последствия ЧС.

Для мониторинга ситуации с пожарами использовались данные со спутников Terra и Aqua, которые передаются на мобильный ситуационный центр непрерывно и бесплатно (рис. 3). Ширина полосы обзора у спутников — 2300 км. Возможность передвигаться как по шоссе, так и по грунтовым дорогам дает дополнительное преимущество мобильному ситуационному центру, он может работать в любой точке страны.



Рис. 3.  
 Мониторинг лесных пожаров в видимом диапазоне.  
 Спектрорадиометр MODIS



Рис. 4.  
Выявление очагов подземных торфяных пожаров с помощью мультиспектральной съемки

Спутники Terra и Aqua имеют в составе бортового оборудования спектрорадиометр MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer). Тридцать шесть спектральных каналов охватывают диапазон с длинами волн от 0,4 до 14,4 мкм.

Очаги возгорания можно дешифровать как визуально, так и, что более важно, автоматизированно, используя яркостные температуры тепловых каналов. Алгоритмы детектирования пожаров в автоматическом режиме основаны на значительной разнице температур земной поверхности (обычно не выше 10–25°C) и очага пожара (300–900°C). Почти 100-кратное различие в тепловом излучении объектов фиксируется на снимке (рис. 4).

Съемка тепловой аппаратурой спектрорадиометра MODIS с пространственным разрешением 1 км дает возможность выявить очаг пожара площадью от 1 га или подземный пожар площадью от 9 га.



При поддержке Российского отделения  
Международного дисплейного общества

# DISPLAY

26-28 октября

2010

МОСКВА

## V СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА СРЕДСТВ И СИСТЕМ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Москва, Экспоцентр, 26–28 октября 2010 г.

В ДЕЛОВОЙ ПРОГРАММЕ СЕМИНАРЫ И КОНФЕРЕНЦИИ:

- Средства отображения информации для ВПК, промышленности, транспорта, связи, систем безопасности, городской и деловой инфраструктуры, науки и образования.
- Производство дисплейных модулей и систем, материалы и комплектующие, новые дисплейные технологии

Проводится в рамках:



РОССИЙСКОЙ  
НЕДЕЛИ  
ЭЛЕКТРОНИКИ



[www.RussianElectronicsWeek.ru](http://www.RussianElectronicsWeek.ru)

[www.display-expo.ru](http://www.display-expo.ru)





8-й Международный промышленный форум

# GEOFORM+

15 – 18 марта 2011

Россия, Москва, ЭЦ «Сокольники»

- > Геодезия
- > Картография
- > Навигация
- > Землеустройство

## ОБЪЕДИНЯЕТ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ



Геодезия  
Картография  
Геоинформационные системы



Интеллектуальные  
транспортные системы  
и навигация



Технологии и оборудование  
для инженерной геологии  
и геофизики



Технологии  
и оборудование  
для строительства тоннелей



Современное управление  
Situational Awareness  
Геопортал и геоинтерфейс

на правах рекламы


Последние новости и информация для специалистов на сайте:  
[www.geoexpo.ru](http://www.geoexpo.ru)



Проверено



**Организатор:**

ЗАО «МВК» 

**Соорганизаторы:**

Ассоциация транспортной телематики

Ассоциация «Глонасс»

**Генеральный  
информационный спонсор:**



**Генеральный интернет-партнёр:**



**Дирекция:**

А 107113, Россия, г. Москва,  
Сокольнический Вал, 1,  
павильон 2

Т F (495) 925-34-86

@ dnj@mvk.ru

**Е.А.Кобзева** (ФГУП «Уралгеоинформ»)

В 1995 г. окончила Московский институт геодезии, аэрофотосъемки и картографии по специальности «аэрофотогеодезия». Работала на фотограмметрическом производстве. В настоящее время – ведущий специалист отдела картографического мониторинга по ДДЗ ФГУП «Уралгеоинформ». Кандидат технических наук.

## Создание топографических планов масштаба 1:2000 для разработки градостроительной документации средних и малых населенных пунктов

Топографические планы масштаба 1:2000 востребованы для решения многочисленных и разнообразных задач, среди которых выделим разработку генеральных планов населенных пунктов, составление проектов детальной планировки и эскизов застройки [1]. Согласно Градостроительному кодексу РФ [2], эти документы территориального планирования должны быть созданы до 1 января 2011 г. Однако обеспеченность топографической основой малых и средних городов, поселков городского типа и сельских населенных пунктов явно недостаточна; топографические планы часто устарели, а то и вовсе отсутствуют.

Подмена топографических планов (представляют информацию о размещении и характеристиках наземных и подземных социально-экономических, природных объектов, а также о рельефе местности) фотопланами (фотографическое изображение местности) и даже фотокартами (фотоплан, дополненный некоторыми графическими данными: надписями географических названий, границами землепользований, характеристиками автодорог и пр.) не является выходом из сложившейся ситуации. Во-первых, фотопланы недостаточно информативны для решения градостроительных задач. А во-вторых, для правильного дешифрирования фотопланов необходимы специализированные знания и опыт, которыми сотрудники

муниципальных администраций, как правило, не обладают.

В основном топографические планы масштаба 1:2000 получают путем стереотопографической съемки по аэрофотоснимкам. В то же время на орбите функционирует уже три аппарата дистанционного зондирования Земли, ведущих съемку с пространственным разрешением 0,4 м, – GeoEye-1, WorldView-1 и WorldView-2 (в Россию снимки поставляются с размером пикселя 0,5 м). Анализ публикаций [3, 4, 5, 6] говорит о высокой метрической точности космических снимков. Поэтому в ФГУП «Уралгеоинформ» при содействии компаний «Совзонд» и GeoEye (США) была проведена экспериментальная работа по оценке возможности использования космических снимков для создания и обновления топографических планов масштаба 1:2000.

Тестовый участок площадью 100 кв. км располагался в Республике Башкортостан (рис. 1). Местность обжита. Населенные пункты представлены районным центром с числом жителей 10,4 тыс. и поселками сельского типа. Дорожная сеть состоит из усовершенствованных шоссе, грунтовых, полевых автодорог. В северной части тестового участка проходит железная дорога. Межселенная территория пересекается реками шириной до 5 м и занята преимущественно пашнями. Встречаются небольшие участки леса, луга. Рельеф



Рис. 1.  
Экспериментальный участок на снимке GeoEye-1  
(■ – наземные контрольные точки).

всхолмленный с абсолютными отметками высот от 140 до 260 м.

На тестовом участке была выполнена стереоскопическая съемка с космического аппарата GeoEye-1. Поставка снимков включала панхроматические и мультиспектральные изображения с размером пикселя 0,5 и 2,0 м соответственно. Подробная информация о снимках GeoEye-1 дана в [7].

На первом этапе экспериментальной работы была выполнена фотограмметрическая обработка снимков: ориентирование стереопары снимков, построение по ним цифровой модели рельефа, создание фотоплана как возможной основы для составления контурной части топографического плана.

Для проведения и оценки точности фотограмметрической обработки использовались опорные и контрольные точки, которые были определены в поле методами спутниковой геодезии. Рабочей системой координат служила СК42.

Ориентирование снимков выполнялось различными способами (RPC-, DLT- и параллельно-перспективная

Таблица 1

**Средние квадратические ошибки ориентирования на контрольных точках**

Метод ориентирования	Количество опорных точек	Количество контрольных точек	Средние квадратические ошибки, м		
			dX	dY	dZ
RPC-модель + сдвиг	0	25	2,83	0,63	16,10
	1	24	0,46	0,29	0,58
	3	22	0,70	0,31	0,49
	5	20	0,51	0,30	0,45
	7	18	0,41	0,33	0,47
	9	16	0,42	0,28	0,48
RPC-модель + аффинное преобразование	3	22	0,70	0,31	0,49
	5	20	0,48	0,29	0,46
	7	18	0,41	0,30	0,44
	9	16	0,45	0,26	0,45
DLT-модель	7	18	0,93	1,08	0,80
	9	16	0,37	0,36	0,84
Параллельно-перспективная модель	7	18	0,66	0,30	1,04
	9	16	0,73	0,32	1,13



модели) с различным количеством опорных точек. Результаты представлены в табл. 1 и говорят о следующем:

- при ориентировании стереопары снимков GeoEye-1 RPC-методом без опорных точек средняя квадратическая ошибка (СКО) положения контрольных точек составила в плане 2,90 м (что соответствует масштабу карт 1:10 000), по высоте 16,10 м;
- уже при одной опорной точке точность ориентирования снимков RPC-методом повышается до 0,54 м в плане и до 0,58 м по высоте (СКО положения контрольных точек), что соответствует требованиям к картам масштаба 1:2000 с высотой сечения рельефа 2 м [8]. Увеличение количества опорных точек не приводит к улучшению точности ориентирования;
- непараметрические методы (DLT, параллельно-перспективная модели) показывают сравнимую с RPC-методом точность ориентирования при хорошем распределении и большом количестве опорных точек.

Цифровая модель рельефа (ЦМР) строилась по стереопаре космических снимков фотограмметрическим методом путем создания TIN и затем GRID с шагом 3 м. Точность ЦМР оценивалась по контрольным точкам (31 шт.) и показала СКО 0,43 м. При сравнении с ЦМР, построенной по аэрофотоснимкам (камера RC30, фокусное расстояние 150 мм, масштаб 1:12 000), существенных расхождений не выявлено.

Для создания фотоплана использовался проект с одной опорной точкой и полученная ЦМР. Точность фотоплана оценивалась также по контрольным точкам (29 шт.). Результаты представлены на рис. 2. Как видно из графика, полученный фотоплан соответствует нормативным требованиям к фотопланам масштаба 1:2000 (погрешность положения контрольных точек не более 0,5 мм в масштабе карты) [8].

Вторым этапом экспериментальной работы являлось определение дешифровочных свойств космических снимков GeoEye-1. Для этого анализировалась возможность распознавания по снимкам объектов местности, которые должны быть отображены на топографических планах масштаба 1:2000. Оказалось, что более 80% объектов местности дешифрируются по

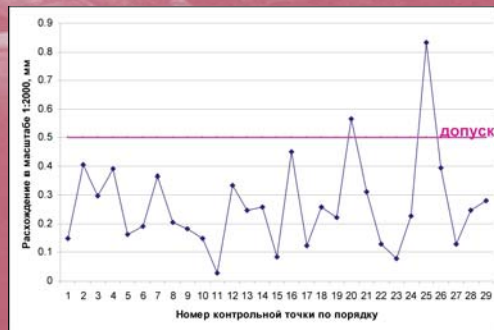


Рис. 2. Ошибки положения контрольных точек на фотоплане

космическим снимкам, причем надежность распознавания по стереоснимкам выше, чем по фотопланам (рис. 3, 4). Подробные результаты сведены в «Альбом образцов топографического дешифрирования космических снимков GeoEye-1».

Была рассчитана и точность, с которой объекты местности могут быть нанесены на топографический план (табл. 2). Для этого по космическим стереоснимкам и по фотопланам измерялись координаты углов зданий, ограждений, опор ЛЭП. Измеренные координаты были сравнены с координатами, определенными

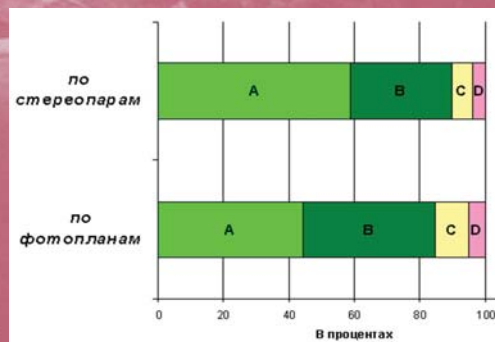


Рис. 3. Дешифрирование элементов местности по космическим снимкам GeoEye-1 (A – легкое дешифрирование, B – дешифрирование возможно, C – требуется полевое обследование, D – дешифрирование невозможно)



Рис. 4.  
Фрагмент фотоплана, полученного по космическим снимкам GeoEye-1

из фотограмметрического сгущения опорной планово-высотной сети, выполненного по аэрофотоснимкам. Результаты представлены в таблице 2. СКО определения координат составляет 0,57-0,79 м по стереопарам и 0,62-1,00 м по фотопланам. Это означает, что создание контурной части топографического плана необходимо проводить в стереорежиме, а фотопланы использовать с осторожностью.

Таким образом, по результатам экспериментальной работы можно сделать следующие выводы:

- по космическим снимкам GeoEye-1 возможно создание цифровых топографических планов масштаба 1:2000 средних и малых населенных пунктов с высотой сечения рельефа 2 м;
- для создания топографических планов масштаба 1:2000 должна использоваться стереоскопическая космическая съемка;
- цифровая модель рельефа для открытых всхолм-

ленных территорий может быть получена по стереоснимкам GeoEye-1 с точностью 0,4 м.

### Список литературы

1. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. ГКИНП-02-033-82. М., Недра, 1983.
2. Градостроительный кодекс РФ от 29.12.2004 № 190-ФЗ.
3. Cheng P., Chaapel Ch.. Automatic DEM Generation Using WorldView-1 Stereo Data with or without Ground Control Points. – *GeoInformation*. – Oct./Nov. 2008. – P.34-39.
4. Fraser C.S., Ravanbakhsh M. Georeferencing from Geoeeye-1 imagery: early indications of metric performance // - [http://www.isprs.org/proceedings/XXXVIII-1-4-7\\_W5/paper/Fraser-207.pdf](http://www.isprs.org/proceedings/XXXVIII-1-4-7_W5/paper/Fraser-207.pdf) (электронный ресурс).
5. Лютивинская М.В., Нейфельд И.Г. Использование данных LPP сверхвысокого разрешения для целей кадастрового учета. – *Геоматика*. – 2009. – № 2. – с.76-82.
6. Зубарев А.Э. Обработка стереопары космических изображений сенсора GeoEye-1. – 2009. – [www.racurs.ru/www\\_download/articles/Test\\_GE-1.pdf](http://www.racurs.ru/www_download/articles/Test_GE-1.pdf) (электронный ресурс).
7. *GeoEye Product Guide v1.0.1 // GeoEye, 2009. – 57 с.*
8. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов. ГКИНП(ГНТА)-02-036-02. – М.: ЦНИИГАиК, 2002.

Таблица 2

**Точность координирования объектов местности**

Объекты местности	Количество контрольных точек	Средние квадратические ошибки (м), полученные из измерений	
		по космическим стереоснимкам	по космическим фотопланам
Углы многоэтажных зданий	59	0,70	0,87
Углы 1-2-этажных зданий	54	0,79	1,00
Углы заборов	62	0,69	0,84
Опоры ЛЭП	56	0,57	0,62

**С.А. Шумейко** (ООО «Аэрокосмические технологии», г. Краснодар)

Окончил географический факультет Кубанского государственного университета по специальности «прикладная информатика в географии». В настоящее время работает главным технологом в ООО «Аэрокосмические технологии» (г. Краснодар).

## Опыт создания карт открытого пользования масштаба 1:25 000 на территорию Благовещенского района Амурской области с использованием продукта ОРТОРЕГИОН™

В течение 2009 г. специалисты ООО «Аэрокосмические технологии» (или ООО «АэроТех») реализовали ряд проектов по созданию цифровой картографической продукции — карт, планов, ортофотопланов на основе данных воздушного лазерного сканирования собственного производства. Картографируемые территории располагались во многих регионах Российской Федерации: Краснодарский и Хабаровский края, Амурская, Самарская, Курская области и др. Созданная продукция была представлена в масштабах от 1:500 до 1:25 000 (рис.1, 2).

В арсенале компании имеется парк оборудования, позволяющего решать задачи аэрофотосъемки и воздушного лазерного сканирования и получать высококачественные данные для создания топографической продукции, ортофотопланов и другой картографической продукции, требующей высокой точности. ООО «АэроТех» имеет в своем распоряжении широкоформатную цифровую аэрофотосъемочную камеру UltraCam X компании Microsoft Vexcel, авиационный лазерный сканер Riegel LMS-Q560, тепловизионную камеру FLIR Systems ThermoVision A40, а также парк геодезического оборудования, GPS-приемников и тахеометров для осуществления геодезической поддержки лазерного сканирования.

Одним из объектов, выполненных нами в 2009 г., стало «Создание открытых цифровых топографических карт в масштабе 1:25 000 территории Благовещенского

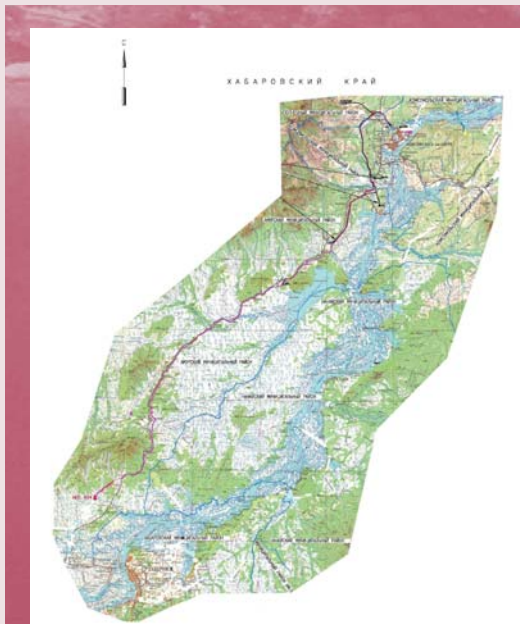


Рис. 1.  
Обзорная схема объекта в Хабаровском крае



Рис. 2.  
Фрагмент готового топографического плана

района Амурской области» на основе муниципального контракта (рис. 3, 4). В рамках технического задания требовалось получить открытые карты всего Благовещенского района общей площадью 2986,64 кв. км, по расположению границ необходимо было оцифровать, а затем обновить 65 планшетов масштаба 1:25 000, выходной формат карт – ПО MapInfo.

Изначально для выполнения данных работ имелись только бумажные карты на территорию района. После сканирования картматериала возник вопрос выбора программного обеспечения для производства работ. Ввиду относительно большого объема работ по векторизации архивных топографических карт и сжатых сроков было решено использовать векторизатор Easy Trace 8.6 Pro. Опыт работы с данным программным обеспечением у специалистов нашей компании уже имелся и был положительным, поэтому выбор остановился на нем.

Оставался открытым вопрос обновления. То, что обновление будет производиться по данным космической съемки, само собой разумеется, благо в настоящее время на рынке присутствует большое количество данных с космических аппаратов (КА), точности съемки которых с лихвой хватит для обновления карт такого масштаба. Проблема заключалась в выборе спутника,

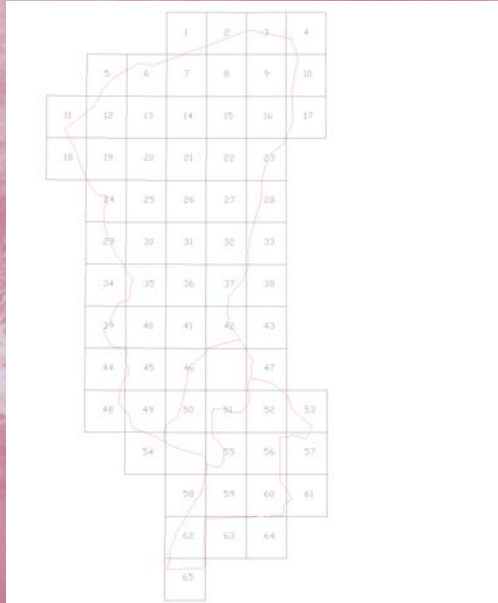


Рис. 3.  
Схема расположения планшетов на территорию Благовещенского р-на



Рис. 4.  
Границы картографируемого района на обзорной схеме



данные с которого будут использованы в работе. Изучив характеристики снимков с разных КА, мы решили использовать снимки с KAALOS/PRISM. Обратившись в компанию «Совзонд» с запросом о покупке снимков ALOS, мы получили предложение – купить продукт ОРТОРЕГИОН™, который представляет собой региональную панхроматическую ортомозаику снимков с KAALOS/PRISM с пространственным разрешением 2,5 м. и абсолютной точностью 10 м. При использовании продукта ОРТОРЕГИОН™ из рабочего процесса исключались проблемы, связанные с обработкой и подготовкой данных космосъемки для работы, что экономило дополнительное время, а в нашем случае это было актуально, т. к. времени на выполнение работ было мало. Продукт также отличался адекватной стоимостью, и заявленная точность соответствовала требуемой. Мы решили использовать ОРТОРЕГИОН™.

После обновления векторных карт их необходимо было оформить, а выходным форматом согласно техническому заданию должен был быть формат MapInfo. При этом карты должны были быть составлены в условных знаках, принятых для карт масштаба 1:25 000, иметь зарамочное оформление, находиться в планшетной разграфке и при этом быть картами открытого пользования. Все работы по символизации, нарезке, оформлению и трансформации карт в конечную систему координат проводились в MapInfo.

Первым технологическим этапом была векторизация растров. Векторизатор Easy Trace – это инструмент, позволяющий быстро и качественно создавать электронные карты на основе их оригиналов, поддерживающий привязку и геометрическую коррекцию растров, обладающий мощным инструментарием для векторизации объектов, добавления и редактирования семантической информации. Эффективные механизмы контроля, сшивки, топологической коррекции полученных цифровых карт дают возможность систематизировать и ускорить работы по векторизации.

Программа позволяет проводить векторизацию как в полностью автоматическом режиме, так и в полуавтоматическом. Исходя из того, что растровые карты были не очень хорошего качества и к тому же требовалось

создать карты открытого пользования, т. е. нанесению подлежали не все объекты, изображенные на растрах, был избран полуавтоматический режим. Для хранения семантической информации был использован шаблон из набора готовых прототипов программы.

Векторизация проводилась планшетно с отбором наносимых объектов, те из них, которые не подлежали отображению на картах открытого пользования, просто не векторизовались. В процессе векторизации в базу данных вносилась семантическая информация по объектам. После проведения векторизации производилась проверка топологии объектов векторных карт а также сводка со смежными листами. После чего лист был готов к обновлению.

С основными характеристиками продукта ОРТОРЕГИОН™ можно ознакомиться в статье А.В. Беленова и Б.А. Дворкина «ОРТОРЕГИОН – новый продукт для создания топографических карт», журнал ГЕОМАТИКА №2(3), 2009 г., с. 47–54.

Заказанная нами ортомозаика состояла из 10 сцен снятых в 2008 и 2009 гг., облачность на снимках не превышала 5%.

После получения готового продукта мы произвели входной контроль. Оценка ортомозаики проводилась по ее геометрической точности и изобразительным возможностям в соответствии с нормативными требованиями к фотопланам масштаба 1:25 000 инструкции ГКИНП(ГНТА)-02-036-02. Геометрическая точность оценивалась путем вычисления разности координат надежно дешифрируемых контрольных точек между ортомозаикой ОРТОРЕГИОН™ и ортофотопланами масштаба 1:2000 на территорию населенных пунктов Благовещенского района. Ортофотопланы были созданы по данным аэрофотосъемки и лазерного сканирования, выполненными в 2008 г. камерой Rollei AIC Modular LS 39 MPix ProLens и лазерным сканером ALTM 3100. Созданные ортофотопланы имели плановую точность 1–1,5 м, разрешение пикселя – 0,15 м, т. е. данные ортофотопланы в свое время использовались для создания топографических планов масштаба 1:2000, и, следовательно, по ним возможно провести контроль точности продукта



Рис. 5. Контроль точности продукта ОРТОРЕГИОН™: получение контуров объектов по ортофотоплану



Рис. 6. Контроль точности продукта ОРТОРЕГИОН™: наложение контуров

ОРТОРЕГИОН™ (рис. 5, 6). В качестве контрольных точек были выбраны надежно дешифрируемые элементы застройки – углы домов, отдельно стоящие деревья и другие объекты. В результате оценки среднее отклонение планового положения контрольных точек составило 6,1 м, а максимальное – 8,9 м. При этом был замечен систематический сдвиг ортомозаики ОРТОРЕГИОН™ на северо-запад.

Полученные значения отклонений контрольных точек удовлетворяют требованиям установленным в инструкции ГКИНП(ГНТА)-02-036-02.

Оценка изобразительных качеств осуществлялась визуально, путем сравнения ортомозаики ОРТОРЕГИОН™ и ортофотопланов на территории поселений района. После сравнения установлено, что по продукту ОРТОРЕГИОН™ уверенно дешифрируются объекты, подлежащие отображению на картах масшта-

ба 1:25 000. По цветовому тону мозаика однообразна, стыки изображений незаметны.

Таким образом, можно сделать вывод, что с технической стороны данный продукт полностью соответствует предъявленным требованиям и подходит для обновления карт масштаба 1:25 000 как по точности, так и по изобразительным качествам.

Обновление производилось путем подгрузки ортомозаики в проект с уже векторизованными картами.

Следующим этапом был экспорт обновленных цифровых карт в MapInfo и последующая их символизация соответственно условным знакам для топографических карт масштаба 1:25 000. Экспорт производился в формат Mif/Mid попланшетно. В MapInfo был создан набор файлов формата Tab, содержащий все объекты, которые могут присут-



Рис. 7.  
Пример готового планшета масштаба 1:25 000,  
визуализированного средствами MapInfo

ствовать на картографируемой территории, все файлы подгружались в MapInfo одновременно. Затем для всех объектов были созданы тематические карты и задано отображение объектов соответственно их коду. Каждый тип объектов соответствовал определенному коду классификатора, используемого при векторизации. После этого был сохранен файл wor – рабочий набор, содержащий все настройки символикации объектов. Для этих операций использовались специальные файлы шрифтов и типа линий для MapInfo. В дальнейшем, после вышеописанных манипуляций, мы имели шаблон для выполнения символикации всех планшетов. Для этого нужно было просто скопировать экспортированные в формат Mif/Mid файлы символизируемого планшета в папку с файлом wor. А поскольку все планшеты создавались по единому шаблону, то сразу исключался конфликт имен файлов. Добиться этого было бы невозможно в случае, если бы мы не использовали единый шаблон Easy Trace для всех работ.

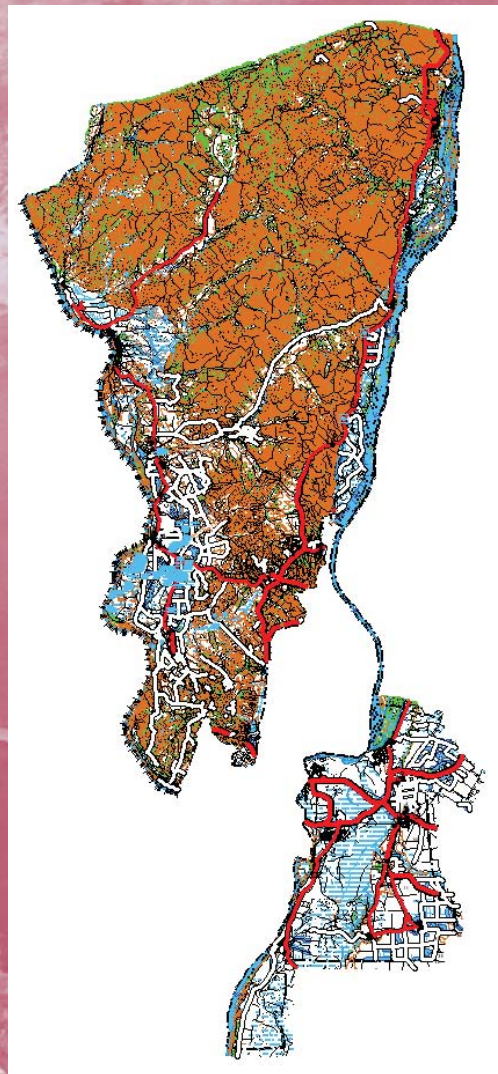


Рис. 8.  
Сшитая электронная карта Благовещенского района  
Амурской области

Последним этапом было создание рамок трапеций и зарамочного оформления. Рамки создавались в MapInfo, а зарамочное оформление редактировалось для каждого планшета отдельно, после чего они сохранялись в папку с рабочими файлами mif/mid каждого планшета.



В результате компаний «АэроТех» были произведены следующие виды работ:

- векторизация 65 планшетов масштаба 1:25 000 общей площадью 2986,64 кв. км (рис. 7);
- обновление полученных цифровых топографических карт по космическим снимкам со спутника ALOS/PRISM (продукта ОРТОРЕГИОН™);
- метрическая и семантическая сводка смежных листов карт для согласования цифровой картографической информации;
- сшивка 65 планшетов цифровых топографических карт для получения единой цифровой модели местности;
- печать итоговых карт (рис. 8) и выпуск технического отчета.

В результате все работы по объекту были выполнены в течение сокращенного срока – за 1,5 месяца. В работе были задействованы 8 специалистов компании, из них всего трое на векторизации.

## ВЫВОДЫ

1. Программный продукт компании Easy Trace group – векторизатор Easy Trace – является мощным программным средством и обладает удобным интерфейсом, содержит интерактивные инструменты для векторизации растрового картматериала, отличается простотой редактирования и контроля полученных векторных данных. При этом векторизатор работает с большими, до 2 Гб, растрами и любыми форматами растровых данных, содержит в себе инструменты для привязки и геометрической коррекции растров, хорошо взаимодействует с конечными ГИС, т. к. поддерживает экспорт данных в основные векторные форматы (SHP, DXF, MIF, GEN, DGN, CSV, TOP).

2. Векторизатор позволяет производить векторизацию крупных проектов без использования средств целевой ГИС, при этом инструментарий и алгоритмы работы программы позволяют сократить требуемое время в несколько раз.

3. Применение векторизатора значительно сокращает сроки выполнения работ. Если рассматривать данный объект, то в процессе векторизации 65 карт тер-

ритории Благовещенского района было создано почти 400 000 векторных объектов, при этом все работы производились тремя специалистами с использованием трех взятых в аренду пакетов ПО Easy Trace. Вся векторизация заняла меньше месяца. При выполнении работ в конечной ГИС MapInfo временные затраты увеличились бы в несколько раз.

4. Продукт компании «Совзонд» ОРТОРЕГИОН™ обладает высокой геометрической точностью и может являться основой для обновления топографических карт масштабного ряда от 1:25 000 до 1:100 000.

5. По ортомозаике хорошо дешифрируются объекты, подлежащие показу на картах масштаба 1:25 000.

6. Кроме того, если в процессе картографических работ необходимо выполнять обновление картматериала по данным космической съемки, то при использовании продукта ОРТОРЕГИОН™ сокращается время, необходимое на подготовку космических данных для использования их при обновлении. Это обстоятельство особенно значимо при отсутствии на предприятии специалистов, способных выполнить данные работы.

7. При сравнении цен на космические снимки выясняется, что данные с КА SPOT-5 дороже данных с КА ALOS примерно в 3 раза, что очень существенно для работ районного масштаба. Ценовая разница же между «сырыми» данными ALOS и созданной на их основе мозаикой ОРТОРЕГИОН™ незначительна.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что при создании и обновлении карт масштаба 1:25 000 в рамках данного объекта оптимально подошла технологическая связка Easy Trace – ОРТОРЕГИОН™ – MapInfo. Данная технологическая цепочка дает возможность выполнить работы с высоким качеством и в сжатые сроки.

Указанное обстоятельство позволяет рекомендовать потребителям комплексное использование этих продуктов для повышения эффективности работы с подобными заказами.



**Р. Качиньски** (Проект Европейской комиссии в Таджикистане)

В 1967 г. окончил Военный технический университет в Варшаве (Польша). Профессор, доктор технических наук, эксперт по фотограмметрии и обработке спутниковых данных. Руководитель Проекта Европейской комиссии в Таджикистане.

**С. Марахина** (Проектно-исследовательский институт «ФАЗО», Таджикистан)

В 2008 г. окончила Российско-таджикский славянский университет, затем окончила курсы по цифровой фотограмметрии и картографии. В настоящее время – руководитель отдела фотограмметрии Проектно-исследовательского института «ФАЗО» (Таджикистан).

## Технология цифрового кадастрового картографирования в Таджикистане с использованием спутниковых данных высокого разрешения\*

Общей целью проекта «Содействие в усилении потенциала Агентства по землеустройству, геодезии и картографии (АЗГК) в сфере картографии и сертификации» в Республике Таджикистан, финансируемого Европейской комиссией, является поддержка более открытой и эффективной реализации **процесса земельной реформы** в Таджикистане. Конкретной целью проекта является укрепление потенциала института «ФАЗО» (находящего в подчинении АЗГК) в сфере спутниковой геодезии, цифровой фотограмметрии, цифровой обработки спутниковых изображений и цифровой картографии.

Основными целями проекта являются:

- проведение лекций и тренингов для штата «ФАЗО» по спутниковой геодезии, цифровой фотограмметрии и использованию спутниковых данных высокого разрешения для кадастрового картографирования сельскохозяйственных земель;
- создание и измерение новых геодезических GPS сетей 1-го и 2-го классов (рис. 1);
- идентификация наземных опорных и контрольных точек, измерение их методом GPS для орторектификации спутниковых снимков (рис. 2);

- ориентирование и орторектификация спутниковых изображений: IKONOS, QuickBird, WorldView-1,2 и GeoEye-1 на фотограмметрических цифровых рабочих станциях Leica Photogrammetric Suite ERDAS Inc;



Рис. 1.  
Измерение координат точек 1-го класса методом GPS

\* статья подготовлена по результатам выполненного проекта - победителя конкурса «Лучшие проекты в области ГИС-технологий и ДЗЗ» в рамках IV Международной конференции «Космическая съемка - на пике высоких технологий»



Рис. 2.  
Определение координат наземных опорных точек с помощью GPS

- создание технических пособий, стандартных операционных процедур и системы контроля качества для всех этапов картографической продукции;
- разработка и внедрение методов цифровой картографии для кадастрового картографирования с использованием ArcGIS;
- предоставление технической помощи проекту Всемирного банка и проведение тренингов для штата региональных земельно-кадастровых центров;
- изготовление технологий для цифрового кадастрового картографирования с использованием спутниковых данных высокого разрешения.

Развитие современной кадастровой системы невозможно без создания цифровых кадастровых карт в открытой системе координат. С этой целью при финансировании проекта Всемирного банка была создана новая геодезическая система координат и геодезическая GPS-сеть. На основе цифровых ортофотокарт в институте «ФАЗО» создается картографический слой сельскохозяйственных границ

с использованием программного обеспечения ArcGIS. Технические пособия по спутниковой геодезии, цифровой фотограмметрии, спутниковым данным высокого разрешения и цифровой картографии были разработаны на английском и русском языках и используются в практических работах в институте «ФАЗО».

Более двух тысяч цифровых ортофотокарт в масштабе 1:5000 были созданы с панхроматических данных IKONOS и QuickBird с установленной точностью СКО < 1,5 м.

#### Данные:

1) IKONOS Pan GeoOrthoKit и QuickBird Ortho Ready Pan с углом отклонения снимка от надира не больше чем  $17^\circ$ .

2) Опорные и контрольные точки с координатами X, Y, Z.

IKONOS PAN и RPC: минимум 5 опорных и 3 контрольных.

QuickBird PAN и ISD: минимум 9 опорных и 3 контрольных.

3) Цифровая модель рельефа (DEM) из данных SRTM.

4) Система координат для создания кадастровых карт.

#### Необходимые дополнения:

5) Цифровая фотограмметрическая станция с программами для обработки IKONOS, QuickBird, GeoEye, WorldView.

6) Специалисты по цифровой фотограмметрии

7) Специалисты по GPS.

8) Специалисты по цифровой картографии.

9) Ноу-хау, технологии и методика оценки точности.

Среднеквадратическая ошибка СКО идентификации и измерения опорных точек методом GPS:

горизонтальная –  $СКО_x = СКО_y < 0,6 \text{ м}$ ;

вертикальная –  $СКО_z < 1,0 \text{ м}$

СКО спутниковой триангуляции на опорных и контрольных точках представлены в табл. 1.

Таблица 1

### Результаты спутниковой триангуляции

№	Район	Спутник	Кол-во опорных точек	Кол-во контрольных точек	СКО (м)			
					на опорных точках		на контр. точках	
					X	Y	X	Y
1	Колхозабад (17 x 19 км)	QuickBird	21	6	0,4	0,5	0,6	0,7
2	Шахринав (18 x 11 км)	QuickBird	14	11	0,5	0,3	0,4	0,4
3	Гиссар (17 x 20 км)	QuickBird	12	5	0,4	0,5	0,5	0,7
4	Яван_2 (18 x 75 км)	QuickBird	75	6	0,5	0,5	0,5	0,6
5	Турсунзода (17 x 21 км)	QuickBird	12	4	0,3	0,5	0,6	0,3
6	Ашт (17 x 19 км)	QuickBird	11	3	0,4	0,5	0,5	0,4
7	Шахристан (18 x 36 км)	QuickBird	18	7	0,5	0,4	0,5	0,4
8	Истаравшан (15 x 35 км)	QuickBird	17	5	0,5	0,4	0,6	0,3
9	Канибадам (17 x 14 км)	QuickBird	13	5	0,4	0,4	0,4	0,5
10	Колхозабад_2 (17 x 95 км)	QuickBird	88	6	0,5	0,5	0,5	0,4
$\sum_{cp}$					<b>0,44</b>	<b>0,45</b>	<b>0,51</b>	<b>0,47</b>
11	Таджикабад (13 x 7 км)	IKONOS	10	3	0,4	0,3	0,4	0,5
12	Яван (11 x 28 км)	IKONOS	26	5	0,4	0,5	0,5	0,6
13	Файзабад (11 x 10 км)	IKONOS	12	6	0,4	0,4	0,6	0,6
$\sum_{cp}$					0,40	0,40	0,50	0,57

Таблица 2

### СКО ЦМР для высот (RMS\_Z) из данных SRTM, опорных и контрольных точек, измеренных GPS

№	Район	Спутник	Угол наклона детектора от N	СКО <sub>Δ</sub> Z (м)
1	Колхозабад	QuickBird	12,8°	2,7
2	Шахринав	QuickBird	14,3°	3,6
3	Гиссар	QuickBird	13,6°	4,2
4	Яван_2	QuickBird	15,0°	2,9
5	Турсунзода	QuickBird	14,1°	4,0
6	Ашт	QuickBird	15,0°	2,6
7	Шахристан	QuickBird	12,5°	3,7
8	Истаравшан	QuickBird	17,1°	2,6
9	Канибадам	QuickBird	11,3°	2,5
10	Колхозабад_2	QuickBird	1,8°	3,3
$\sum_{cp}$				<b>3,2</b>
11	Таджикабад	IKONOS	13,0°	2,9
12	Яван	IKONOS	9,5°	2,2
13	Файзабад	IKONOS	14,0°	5,0
$\sum_{cp}$				3,4

Таблица 3

## Точность цифрового ортоизображения

№	Район	Спутник	Угол наклона детектора от N	СКОх (м)	СКОу (м)	СКОху (м)	СЕ90% (м)
1	Колхозабад	QuickBird	12,8°	0,7	0,8	1,1	2,4
2	Шахринав	QuickBird	14,3°	0,8	0,9	1,2	2,6
3	Гиссар	QuickBird	13,6°	0,8	0,7	1,1	2,4
4	Яван_2	QuickBird	15,0°	0,8	0,9	1,2	2,6
5	Турсунзода	QuickBird	14,1°	0,8	0,9	1,2	2,6
6	Ашт	QuickBird	15,0°	0,5	0,6	0,8	1,7
7	Шахристан	QuickBird	12,5°	0,8	0,9	1,2	2,6
8	Истаравшан	QuickBird	17,1°	0,4	0,8	0,9	1,9
9	Канибадам	QuickBird	11,3°	0,8	0,7	1,1	2,4
10	Колхозабад_2	QuickBird	1,8°	0,5	0,6	0,8	1,7
$\sum_{ср}$						1,1	2,3
11	Таджикабад	IKONOS	13,0°	0,6	0,4	0,7	1,5
12	Яван	IKONOS	9,5°	0,7	0,6	0,9	2,0
13	Файзабад	IKONOS	14,0°	0,8	0,9	1,2	2,6
$\sum_{ср}$						0,9	2,0

**Цифровая модель рельефа (DEM)**

Чем больше угол отклонения луча от надира, тем смещение точки на снимке будет больше. Поэтому угол отклонения луча от надира не должен быть больше, чем 17°.

Среднеквадратическая ошибка цифровой модели рельефа (ЦМР) для высот (СКО приблизительно 4 м для открытых, равнинных районов (табл. 2). Доступны ЦМР 3" (грид 90 м) в формате DTED.

**Орторектификация**

Ортофото с IKONOS Pan генерируется пикселем 1x1 м, используя биленарный метод ресемплинга. Ортофото с QuickBird Pan генерируется пикселем 0,5x0,5 м для 1:5000 и пикселем 1x1 м для 1:10 000, используя биленарный метод ресемплинга; точность ортофото СКОх,у ≤ 2 пикселя (табл. 3).

Ниже представлена схема создания цифровой ортофотокарты в масштабе 1:10 000 и 1:5000 по одиночным космическим снимкам IKONOS или QuickBird (рис. 3).

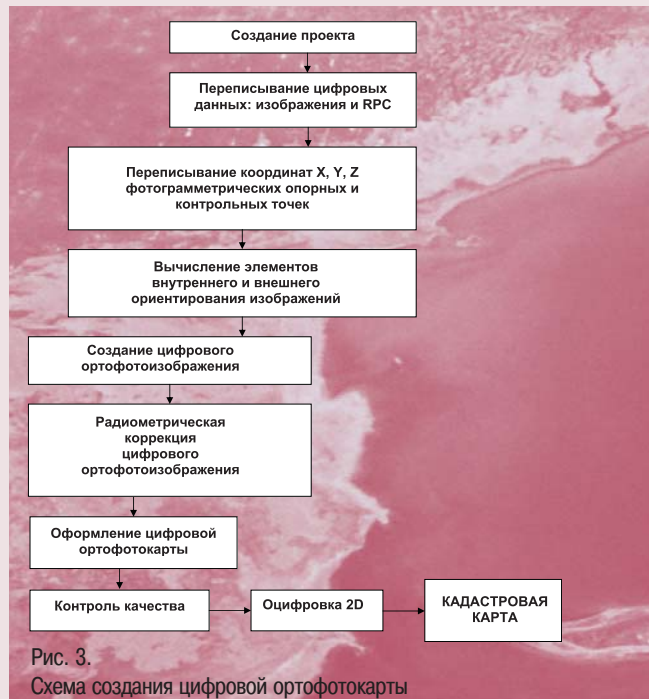


Рис. 3.

Схема создания цифровой ортофотокарты



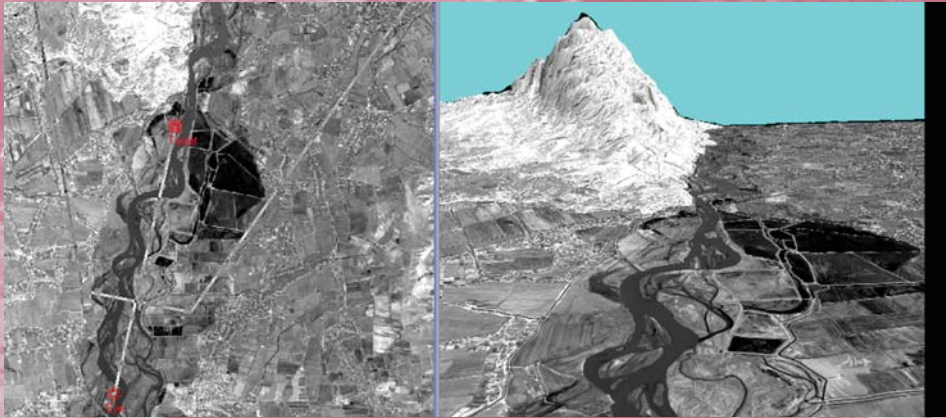


Рис. 4.  
Трехмерный вид сельскохозяйственных угодий

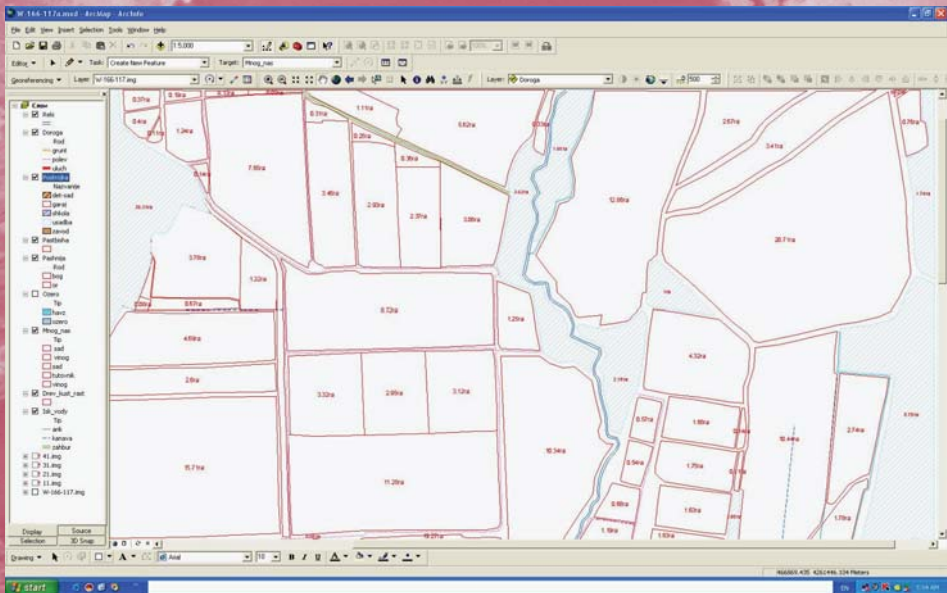


Рис. 5.  
Пример кадастровой карты в ПО ArcGIS

Контроль качества цифрового ортофотоизображения производился визуальным методом и проверкой картографической точности на основе координат опорных и контрольных точек. На основе цифровых

ортофотокарт создается картографический слой сельскохозяйственных границ с использованием программного обеспечения ArcGIS (рис. 4, 5).

**А.Г. Демиденко (ЗАО КБ «Панорама»)**

В 1989 г. окончил факультет прикладной математики Харьковского ВВКИУРВ им. Н.И. Крылова. В настоящее время – заместитель генерального директора ЗАО КБ «Панорама» по научной работе. Кандидат технических наук.

## Тенденции развития ГИС на примере продуктов КБ «Панорама»

На сегодняшний день в мире разработаны и используются сотни разнообразных ГИС-пакетов, а на их базе созданы десятки тысяч геоинформационных систем. ГИС используется в огромном числе управленческих структур, в различных фирмах, на предприятиях, в военных ведомствах, научных и образовательных учреждениях. Давно признано, что человечество вступило в информационный этап своего развития, который оказывает огромное влияние на изменение современного человеческого бытия и человеческого развития. Геоинформатика – не исключение, появление сервиса Google Earth, портативных навигационных устройств и различных «гаджетов» ввело в состав пользователей пространственной информации массового потребителя. ГИС-пакеты становятся все более мощными и одновременно более удобными и простыми с точки зрения интерфейса.

Важно отметить, что ГИС интегрируются с другой мощной системой получения и представления географической информации – данными дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса. Космическая информация в современном мире становится все более разнообразной и точной, возможность ее получения и обновления – все более легкой и доступной. Десятки орбитальных систем передают высокоточные космические снимки любой территории нашей планеты. За рубежом и в России сформированы архивы и банки данных цифровых снимков очень вы-

сокого разрешения на огромные территории земного шара. Их относительная доступность для потребителя (оперативный поиск, заказ и получение через сеть Интернет), проведение съемок любой территории по желанию потребителя, возможность последующей обработки и анализа космических снимков с помощью различных программных средств, интегрированность с ГИС-пакетами и геоинформационными системами превращают тандем ГИС – ДЗЗ в новое мощное средство географического анализа.

Первое направление развития ГИС-пакетов обусловлено интеграцией с данными ДЗЗ, и прежде всего с оперативной загрузкой уже обработанных растровых данных в готовый ГИС-проект. Программные продукты КБ «Панорама» не являются исключением и обеспечивают пользователя широким спектром инструментов для использования данных ДЗЗ:

- загрузка географически привязанных изображений (GeoTiff, Tiff, JPEG и пр. с файлами привязки), полученных средствами фотограмметрических пакетов;
- интеграция с Google Earth на уровне обмена векторными данными (загрузка-выгрузка данных в формате KML);
- интерактивная загрузка ДЗЗ с сервера DigitalGlobe (рис. 1);
- получение данных от сервиса КОСМОСНИМКИ.ru;
- оперативная загрузка ДЗЗ с ресурса Google (просмотр снимков на фоне карты);

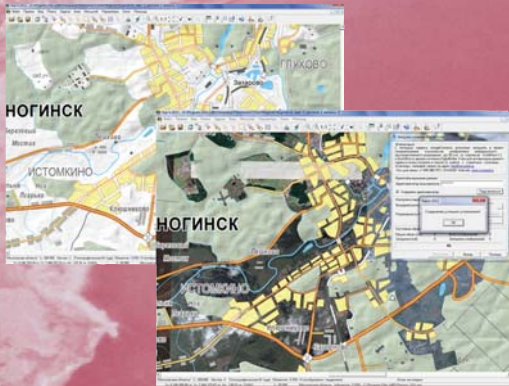


Рис. 1.  
Загрузка данных из архива DigitalGlobe в ГИС «Карта 2011»

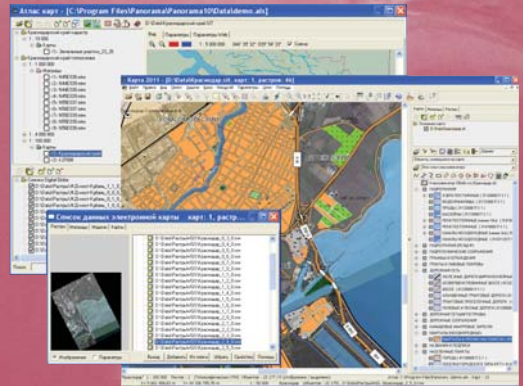


Рис. 2.  
Встроенные средства управления слоев электронной карты в ГИС «Карта 2011»

- загрузка информации о рельефе, полученной в результате радарной съемки SRTM (форматы файлов HGT и TIFF).

Широкое внедрение ГИС в практику государственно-го, регионального, муниципального и корпоративного управления ставит все более новые задачи по обработке данных ДЗЗ. Теперь уже недостаточно простого просмотра сведений о местности, необходимо выполнять мониторинг изменений, автоматически фиксировать эти изменения и вести информационные базы данных со сведениями об объектах учета с привязкой их к конкретному моменту времени. Отсюда вытекает второе направление совместного использования ГИС и ДЗЗ — использование временных измерений в ГИС-проектах.

Наиболее простым способом применения универсальной ГИС для решения задач анализа разновременных данных является визуальное выявление изменений местности по данным ДЗЗ, их векторизация и накопление в виде временных рядов данных. ГИС «Карта 2011» обеспечивает векторизацию объектов учета по разновременным снимкам и их фиксацию в виде отдельных векторных, растровых или матричных слоев. В результате формируется временной ряд данных на основе пользовательских карт, растров или матриц качества. Имена файлов временного ряда именуются по

определенным правилам, что обеспечивает их идентификацию на шкале времени.

Временные ряды могут формироваться с различной периодичностью, это может быть фиксация изменений за год или каждые 5 минут. В итоге количество файлов во временном ряде может быть довольно существенным. Значительные объемы данных сложно обрабатывать без развитых средств каталогизации пространственной информации и управления составом электронной карты. В составе продуктов КБ «Панорама» имеются встроенные средства управления большим количеством слоев электронной карты (рис. 2):

- легенда электронной карты;
- состав электронной карты;
- атлас карт.

Легенда карты включает в себя информацию о классификаторе карты, матрицах высот, матрицах слоев, матрицах качеств и растрах. Данные об объектах представлены в виде дерева с глубиной вложенности объектов согласно их кодам в классификаторе, таблицы с изображениями объектов и списка объектов. Дерево классификатора позволяет просматривать и редактировать цифровой классификатор, динамически управлять составом отображаемых на карте объектов, выбирать тип объекта для нанесения его на карту, произво-

дить поиск объектов на карте указанного типа, выделить на карте указанный тип объектов.

Диалог «Состав электронной карты» предназначен для работы с отдельными моделями (слоями) электронной карты: пользовательскими векторными картами, растрами, матрицами и пр. Диалог обеспечивает добавление и удаление слоев пространственных данных в электронную карту, позволяет просмотреть и изменить параметры пространственных данных, а также управлять отображением слоя данных в составе карты.

Атлас карт предназначен для упорядоченного накопления пространственных данных на значительные территории, систематизации их по масштабу и функциональному назначению. Атлас карт содержит метаданные о слоях пространственной информации и обеспечивает автоматизированный переход между перекрывающимися картами разного масштаба. Диалог атласа карт обеспечивает просмотр информации в виде дерева группы проектов пространственных данных, позволяет добавлять и удалять данные как в виде отдельных слоев, так и в виде настроенного проекта данных.

Хранение значительных объемов информации сопряжено с еще одним направлением развития ГИС — применением мощных СУБД для хранения пространственной информации. Построение таких баз данных не является технически сложной задачей. Более сложной задачей является визуализация пространственных объектов, сохраненных в базе. Программа «Мониторинг баз данных» обеспечивает в автоматическом режиме чтение сведений о координатном описании объектов, по настройкам пользователя и отображение этой информации в виде объектов карты. Формат СУБД (хранилища данных) не важен. Это могут быть как простые форматы — Paradox и Dbase, так и промышленные — Oracle и Microsoft SQL Server. В принципе программа может отобразить любую карту и отслеживать все изменения, происходящие с ней.

С появлением ГИС тематическое картирование получило мощнейший инструмент анализа, ранее, при бумажном картировании, практически не используемый. ГИС позволяет отображать на карте перемещения объектов, изменение каких-либо условий с течением вре-

мени. Знание того, что изменилось, поможет понять, как ведут себя объекты с течением времени, предвидеть будущую ситуацию, оценить результаты деятельности или проводимых мероприятий. Визуализация карты в динамике — направление развития ГИС, которое выводит карту на совершенно новый уровень виртуальной реальности.

Существует несколько методов электронного картирования изменений: использование временного ряда карт, создание карт слежения (несколько положений объекта на одной карте), либо показ разности значений между двумя или несколькими датами или моментами времени (карта градиентов), либо мультипликация временных рядов данных.

Использование ГИС «Карта 2011» позволяет рассматривать временной ряд карт как по отдельности, в разных диалоговых окнах, так и в динамике, путем мультипликации в одном диалоговом окне. В специализированных продуктах реализованы функции слежения за подвижными объектами («Панорама-АВТО»), отслеживание изменений в окружающей среде в виде временного ряда матриц различных показателей загрязнения почвы («Мониторинг и аналитика»), прогнозирование изменений состояния недр (Информационно-аналитическая система гидрогеодеформационного мониторинга) на основе построения временных рядов. Средства ретроспективного анализа данных обеспечивают синхронизированное отображение изменяющихся во времени картографических слоев (векторных, растровых и матричных) и графиков изменения показателей мониторинга в конкретных точках местности.

Визуализация электронной карты в трехмерном виде (рис. 3) давно уже стала неотъемлемой частью любой ГИС. Перспективным направлением становится визуализация трехмерной карты в динамике, включающей следующие элементы:

- рельеф местности (используются матрицы высот рельефа);
- динамически создаваемые модели типовых объектов карты (лес, река, дорога, типовые сооружения и т. п.);



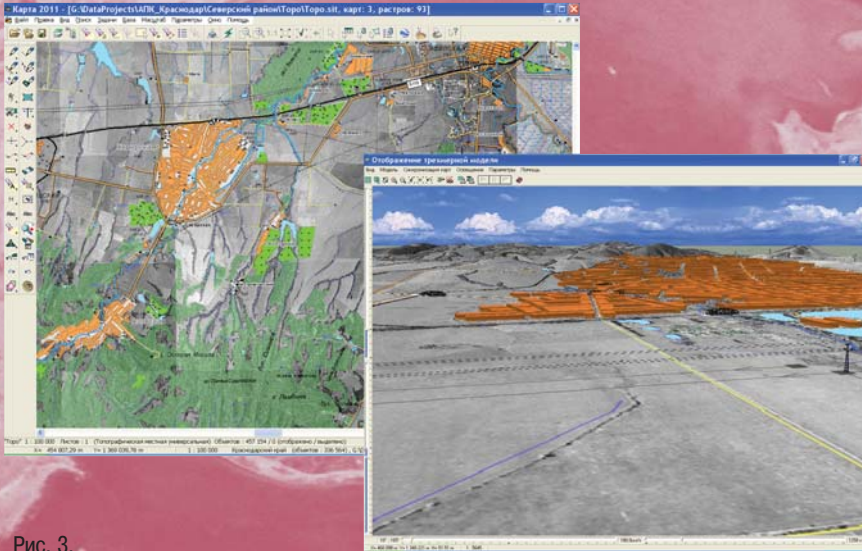


Рис. 3.  
Отображение трехмерной модели в ГИС «Карта 2011»

- готовые модели исторических памятников и сложных архитектурных сооружений (специально подготовленные трехмерные модели объектов);
- местоположения объектов (ХУНТ), за которыми производится слежение;
- временные ряды пространственно распределенных объектов (уровень подъема воды в реке) и характеристик (перемещение облака химического загрязнения).

При создании временного ряда карт, матриц или растров необходимо придерживаться некоторых правил классификации картографируемых данных, т. е. выполнять такую группировку значений в классы, чтобы число классов данных и значения минимума и максимума для каждого класса были одинаковы на каждой карте из создаваемого временного ряда. В этом случае графическое представление данных на картах, различных по моменту измерения, будет одинаковым.

Классификация данных наиболее ярко проявляется при обработке ДЗЗ, и прежде всего многоканальных снимков, обеспечивающих проведение съемки в любых погодных условиях. Автоматизированная обработка и дешифрирование данных ДЗЗ тесно связаны

с типом аппарата и прикладной областью применения данных. Автоматизированная обработка и дешифрирование данных ДЗЗ заключаются в решении следующих задач:

- фильтрация изображений;
- контрастирование получаемых снимков;
- инверсия изображения;
- пороговое преобразование;
- построение спектральных профилей для задаваемых участков;
- расчет вегетационного и водного индексов для изучаемых территорий;
- повышение пространственного разрешения снимков;
- слияние каналов;
- сегментация изображений по цветовым значениям пикселей;
- классификация изображений.

Эти операции довольно наукоемкие и требуют от пользователей специальной подготовки. Чаще всего они выполняются специализированными организациями с применением специального программного обеспечения. Результатом работы являются векторные слои, составленные по установленным требованиям.

Векторные слои и обработанные данные ДЗЗ загружаются в ГИС-проекты для дальнейшего анализа. Однако активное сотрудничество производителей ГИС и поставщиков данных ДЗЗ приводит к созданию все более удобных, с точки зрения конечного пользователя, программных решений, обеспечивающих автоматизацию тематического дешифрирования ДЗЗ средствами ГИС.

Еще одним перспективным направлением развития ГИС-пакетов является прикладная обработка навигационной информации. На базе спутниковых измерений строится большинство систем мониторинга: перемещений транспорта, состояния почв, водных акваторий, рыболовства, геологических процессов, состояния окружающей среды и многое другое. В составе продуктов КБ «Панорама» имеются универсальные и специализированные пакеты, обеспечивающие автоматизированную обработку навигационной информации на основе встроенных в базовый комплект инструментальных средств, включая:

- загрузку навигационных данных в базу системы;
- отображение перемещений подвижных объектов;
- обработку дополнительных показателей, измеряемых в процессе мониторинга, и фиксацию событий, происходящих с объектами мониторинга;
- отображение событий на фоне карты (снимка) в наглядном графическом виде;
- расчет характеристик мониторинга (пробег, обработанная площадь, расход ГСМ, объемы перевозимых грузов, состояние окружающей среды и т. п.).

Навигационная информация используется как в режиме реального времени, так и в режиме прокрутки истории перемещений для отображения в двумерном виде и на трехмерном изображении карты. Системы GPS или ГЛОНАСС уже сейчас широко используются в морской навигации, воздухоплавании, геодезии, военном деле и других отраслях человеческой деятельности. Применение же их в сочетании с ГИС и ДЗЗ образует мощную триаду высокоточной, актуальной, постоянно обновляемой, объективной и плотно насыщенной территориальной информации, которую можно будет использовать практически везде.

Следующее направление развития ГИС связано с развитием системы телекоммуникаций, в первую очередь с использованием технологии Интернет и массовым использованием глобальных международных информационных ресурсов. В этом направлении просматривается несколько перспективных путей.

Первый путь будет определяться развитием корпоративных сетей крупнейших предприятий и управленческих структур, имеющих удаленный доступ, с использованием технологии Интранет. Этот путь подкреплен серьезными финансовыми ресурсами этих структур и теми проблемами и задачами, которые приходится решать им в своей деятельности с использованием пространственного анализа. Данный путь, скорее всего, будет определять развитие технологических проблем ГИС при работе в корпоративных сетях. Распространение отработанных технологий для решения вопросов мелких и средних предприятий и фирм даст мощный толчок к их массовому использованию.

Второй путь зависит от развития самой сети Интернет, которая распространяется по миру огромными темпами, вовлекая каждый день в свою аудиторию десятки тысяч новых пользователей. Этот путь выводит на новую и пока неизведанную дорогу, по которой традиционные ГИС из обычно закрытых и дорогих систем, существующих для отдельных коллективов и решения отдельных задач, приобретают новые качества, объединяются и превращаются в мощные интегрированные и интерактивные системы совместного глобального использования. При этом такие ГИС сами станут:

- территориально распределенными;
- модульно наращиваемыми;
- совместно используемыми;
- легко и постоянно доступными.

На основе существующих сетевых решений в КБ «Панорама» разработаны серверные решения, обеспечивающие организацию доступа к пространственным данным.

ГИС «Сервер 2008» – программа, предназначенная для обеспечения удаленного доступа к картографическим данным пользователей программ ГИС «Карта 2011», «Панорама-Редактор», ГИС «Навигатор 2011»,

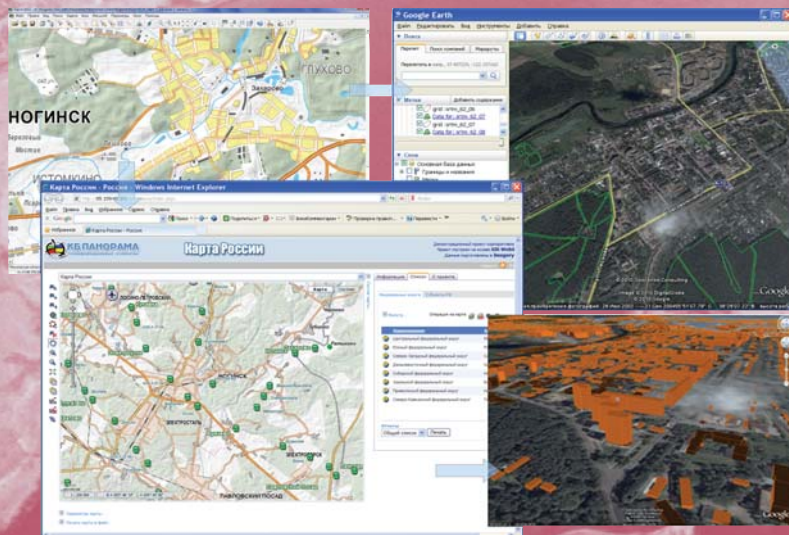


Рис. 4.  
Суммирование возможностей ГИС, ДЗЗ, навигации и Интернет

ГИС-вьюер и других программ, разработанных в среде GIS ToolKit версии 10 и новее. Сервер предоставляет удаленный доступ к векторным картам, растрам и матрицам по протоколу TSP/IP.

ГИС WebServer предназначен для публикации в сетях Интернет/Инtranет всего спектра геопространственных данных — электронных карт, данных ДЗЗ и информации из баз данных (БД). Обеспечивается работа с атласом карт, позволяющим интегрировать различные пространственные данные. Приложение использует технологию комплексной обработки статических (фоновые карты, растры, матрицы, космические снимки) и динамических данных (навигация и мониторинг в режиме реального времени, банк пространственных данных, оперативная обстановка). Статическая информация выводится в браузер при первом обращении к ней и кэшируется. При дальнейшей работе клиент получает только динамические данные.

Для обеспечения интеграции различных ГИС-пакетов создан международный консорциум Open Geospatial Consortium, Inc (OGC), представляющий объединение

промышленных компаний, правительственных учреждений и университетов. Его цель — достижение консенсуса в деле формирования общепринятых стандартов интерфейса доступа к пространственным данным. На базе этих стандартов развивается технология OpenGIS — разработка открытых программных кодов с целью построения «Гео-Интернета», обеспечивающего доступ к большим массивам сложной, логически организованной пространственной информации широкому кругу пользователей и различным видам приложений.

Суммирование возможностей ГИС — ДЗЗ — GPS/ГЛОНАСС — Интернет/Инtranет (рис. 4) составит мощнейший квартет пространственной информации, новых технологий, каналов связи и предоставляемых услуг, которые будут реализовываться в универсальных и специализированных ГИС различного типа и класса.

Широкое распространение технологии OpenGIS приведет в конечном итоге к построению глобальной ГИС, состоящей из множества самостоятельных приложений, взаимодействующих друг с другом, и обладающей различными уникальными возможностями.

**И.В. Степанов** (НЦ ОМЗ ОАО  
«Российские космические системы»)

В 2003 г. окончил географический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова по специальности «географ-картограф, специалист ГИС». В настоящее время – научный сотрудник отдела тематической обработки НЦ ОМЗ.

# Подсистема ГИС для решения задач сейсмического мониторинга и прогнозирования

## ВВЕДЕНИЕ

Проблема прогноза землетрясений по-прежнему остается тайной за семью печатями, т. е. однозначно ответа на триаду вопросов «Когда? Где? Какой силы?» нет. Природа очень неохотно открывает человечеству свои тайны, даже если они связаны с огромными жертвами. Поэтому выявление любой закономерности или признака, позволяющих приоткрыть завесу тайны с механизма подготовки и запуска землетрясений (ЗМТ), можно считать серьезным шагом в решении проблемы прогноза землетрясений. Широкие возможности открываются благодаря использованию космических средств мониторинга Земли и околоземного пространства и геоинформационных технологий обработки и анализа получаемых геофизических данных. Но эффективность любого мониторинга и анализа получаемых данных во многом зависит от целенаправленного применения средств, выбора признакововой базы, параметров и критериев оценивания наблюдаемого явления, в нашем случае механизма подготовки и запуска ЗМТ.

В Научном центре оперативного мониторинга Земли (НЦ ОМЗ) подобные задачи решены благодаря разработанной концепции сейсмогенеза. Данная концепция положена в основу решения задач сейсмического мониторинга и прогнозирования.

Концепция представляет собой совокупность закономерностей, отражающих последовательность и взаимодействие процессов в механизмах подготовки и запуска ЗМТ. Перечислим эти закономерности с кратким описанием их физической сущности [1].

1. Перемещение масс в теле Земли (геооболочках) обусловлено внешними космическими и внутриземными причинами и отражается в информационных составляющих – комплексах частот – градиента гравиполя [2].

2. Миграция водорода в геооболочках и его взаимодействие с геосредой изменяет физико-химические и механические свойства последней, составляя основу протонного тектогенеза [3, 4].

3. Глобальный электроротационный контур миграции протонов и электронов обеспечивает сохранение их баланса в геооболочках по принципу «сколько пришло – столько ушло» и механизм подготовки и запуска ЗМТ.

4. Причинно-следственная связь гравияномалий, нестабильностей вращения и обращения Земли, протонной диффузии в геооболочках, аномалий электротеллурического поля и сейсмотектонических процессов обуславливает наличие признаков подготовки ЗМТ. Факт совпадения указанных аномалий по месту или (и) времени может указывать на приближение мощных ЗМТ с магнитудой больше М6.0+.



5. Сейсмотектонические отклики в геоблоках при подготовке и запуске ЗМТ являются локальными проявлениями глобальных геофизических аномалий. Облачные сейсмоиндикаторы (ОС) как одно из проявлений таких аномалий позволяют локализовать зону потенциального ЗМТ и определить возможную магнитуду [5, 6].

6. Магнитно-меридиональная направленность запуска сейсмотектонического процесса определяется цепочками ЗМТ вдоль проекций геомагнитных силовых трубок запуска на геод.

7. Триггерный механизм запуска ЗМТ на 14-е или 22-е сутки после геоэффективных явлений на Солнце, вызывающих геомагнитные возмущения определенного класса, позволяет вычислить дату возможного ЗМТ (Дода, 2003).

Закономерности (пп. 1–6) определяют необходимые и часто достаточные (п. 7) условия механизма запуска ЗМТ.

На основе данной концепции решена задача среднесрочного прогноза ЗМТ с 2–3-недельным упреждением как обратная задача их подготовки и запуска в классах сейсмоиндуктивных признаков в геоблоках. Второй важной задачей, решаемой в рамках концепции, является создание системы мониторинга и сбора геофизических данных с признаками подготовки ЗМТ.

### **СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ПРИЗНАКОВ ПОДГОТОВКИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ**

Несмотря на то что сегодня известно более 200 предвестников ЗМТ различной природы, определить с приемлемой точностью дату, место и силу ЗМТ не удастся. Более того, предвестники в классическом представлении на самом деле таковыми не являются. С позиций приведенной концепции они представляют собой локальные проявления глобальных геофизических аномалий (см. п. 5). Но в таком случае на каких принципах необходимо строить системы мониторинга и каковы критерии отбора аномальных признаков? Специалистам НЦ ОМЗ с коллегами удалось сформировать систему, включающую следующие основные структурные элементы:

- станции гравиметрических измерений Центра «Прогноз» Тульского государственного университета (разработчик и генеральный директор д.т.н.

О.В. Мартынов);

- станции подземных протонных измерений дистантной школы «Космометеотектоника» в г. Петропавловске-Камчатском (разработчик и научный руководитель к.ф.-м.н. Д.А. Кузнецов, директор к.т.н. В.С. Бобровский);
- станции электротеллурических измерений Какиока, Мемабецу, Каноя в Японии и Пиргос, Хиргос, Афины в Греции. Данные в открытом доступе на сайтах <http://www.kakiokajma.go.jp>; [www.earthquakeprediction.gr](http://www.earthquakeprediction.gr);
- спутниковые системы дистанционного зондирования METEOSAT, MT SAT, GOES на геостационарной орбите и низкой орбите TERRA, AQUA, «Ресурс-ДК», «Метеор-М» с наклоном и тематической обработкой данных в НЦ ОМЗ;
- базы данных Парижского центра вращения Земли <http://www.hphiers.obspm.fr/eop-pc>;
- базы данных гелиогеофизических параметров различных стран: NOAA/NWS (<http://www.swpc.noaa.gov>), Solar Terrestrial Activity Report (<http://www.solen.info/solar/index.html>), ATC Technologies Solar (<http://www/lmsal.com>).

Перечисленные три группы станций, а также базы гелиогеофизических данных позволяют регистрировать отклики глобальных геофизических аномалий, предвещающих наступление сейсмических событий. Обработанные и проанализированные по соответствующим методикам данные измерений позволяют выявить причинно-следственную связь между процессами в соответствии с закономерностью сейсмогенеза. По факту пространственно-временного совпадения аномалий в регистрируемых процессах можно судить о приближении мощных ЗМТ и рассчитать их параметры – дату, место, силу. В этом заключается основное содержание работы экспертной системы ГИС, о которой будет сказано далее.

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОГНОЗИРУЕМОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ**

Вычисление даты сейсмического события основано на связи солнечной, геомагнитной и сейсмической

активности. Запуск ЗМТ происходит по 7-суточной гармонике в среднем на 14-е или 22-е сутки после геоэффективных явлений на Солнце, т. е. явлений, вызывающих геомагнитные возмущения. Возможные зоны ЗМТ определяются в местах пересечения совокупности возмущенных геомагнитных силовых трубок с границами тектонических плит, блоков или разломов, накопивших достаточный для сброса упругой энергии потенциал механических напряжений и деформаций. Совокупность отмеченных силовых трубок образует сейсмомагнитный меридиан запуска, который рассчитывается по определенным формулам и методикам. Магнитуда ЗМТ рассчитывается на основе облачных сейсмотектонических индикаторов (ОС). Установлена логарифмическая связь между максимальной протяженностью облачной структуры, трассирующей активизированный сейсмотектонический участок, и потенциальной магнитудой:

$$M = \ln D/D_0 \quad (1)$$

где  $M$  — магнитуда возможного ЗМТ;  
 $D$  — максимальная протяженность ОС [км] над активной сейсмотектонической областью;  
 $D_0$  — эталонное облако протяженностью 1 км, полученное теоретически и подтвержденное модельными экспериментами.

ОС используются также для локализации в сторону увеличения или уменьшения выявленной по сейсмомагнитным меридианам 7-градусной зоны возможного ЗМТ.

В базе данных НЦ ОМЗ накоплены тематически обработанные спутниковые данные облачных структур с сейсмопризнаками по наиболее мощным и катастрофическим ЗМТ 2002–2010 гг.

Приведенные формулы, логические схемы, методики выявления признаков используются в экспертной системе ГИС.

### **ПОДСИСТЕМА ГИС КАК ИНСТРУМЕНТ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗМТ**

Методика выявления сейсмопризнаков, расчет параметров возможного ЗМТ, планирование применения средств мониторинга и получения данных осуществляются в НЦ ОМЗ в среде разработанной автором подси-

стемы ГИС. В ней анализируется гелиогеофизическая обстановка, направленность сейсмического процесса, положение сейсмомагнитных меридианов относительно сейсмотектонических зон. Особую роль играет анализ ОС на основе снимков со спутников Meteosat, MTSAT, NOAA, Terra, Aqua и др.

В качестве средства реализации ГИС используется ГИС-приложение ArcGIS 9.3.1, в котором проводится сбор данных, а также анализ и оценка сейсмической ситуации, мониторинг и прогнозирование ЗМТ. На рис. 1 показана структурная схема ГИС для решения задач мониторинга и прогноза ЗМТ, используемая в НЦ ОМЗ.

В рамках решения задач мониторинга землетрясений, анализа и оценки сейсмической обстановки и прогнозирования ЗМТ используются следующие пространственные данные (слои ГИС):

- Цифровые карты: а) картографическая основа в проекции Меркатора, в качестве которой используется карта мира, поставляемая с пакетом ArcGIS, на которую наносят все данные, применяемые для создания подсистемы ГИС как составной части методики прогнозирования ЗМТ; б) карты границ литосферных плит различного ранга, а также карты разломов. Источником данных служит векторная карта-модель литосферных плит (Plate Boundary Model PB2002) П. Берда, векторизованная схема глубинных разломов территории бывшего СССР (карта 1977 г.), векторизованные карты других зон Земли.
- Регулярно пополняемая и поддерживаемая база данных (БД) ЗМТ. В ней содержатся сведения о произошедших ЗМТ; источник: сайт Геологической службы США (USGS) и Европейского сейсмологического центра (EMSC).
- Цифровые космические снимки облачного покрова с различных спутников (Terra, Aqua, Meteosat, MTSAT-1R и др.), по которым исследуются методом визуального компьютерного дешифрирования облачные сейсмотектонические индикаторы.
- База данных сейсмомагнитных меридианов, которая используется для расчета потенциаль-



Рис.1.

Структурная схема ГИС для решения задач мониторинга и прогноза землетрясений

ных зон риска ЗМТ. В НЦ ОМЗ регулярно создаются карты магнитных меридианов для всей Земли на конкретные даты. По этим данным выявляются предварительные зоны возможных ЗМТ.

- База данных наземных измерений, содержащая гравиметрические, теллурические, протонные данные.

К продуктам ГИС для решения задач мониторинга и прогнозирования ЗМТ относятся карты-схемы краткосрочного прогноза на расчетные даты. Эти карты-схемы, помимо основной карты зон потенциальной сейсмической опасности, включают врезки в виде графиков геофизических данных с выделенными аномалиями, космические снимки с ОС, сейсмомагнитные меридианы, карты границ плит и разломов.

### ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА

Интеграция ГИС и экспертных систем (ЭС) открывает широкие возможности для оперативного анализа различных процессов и явлений [7], в частности при

прогнозе ЗМТ. По существу формализация закономерностей (пп. 1–7) концепции сейсмогенеза, выявление облачных и других сейсмоиндикаторов составляют алгоритмическую, логико-функциональную суть разрабатываемой экспертной системы. При этом автоматизация поиска и выделения на космоснимках облачных структур с сейсмопризнаками является наиболее сложной и трудноформализуемой задачей. И это несмотря на то, что математические методы распознавания образов достаточно хорошо разработаны. Вся проблема заключается в выборе и математическом описании классов признаков ОС и организации соответствующих решающих правил, позволяющих идентифицировать ОС и отнести их к определенному классу. Экспертами НЦ ОМЗ таких классов признаков сформировано более 7. На данном этапе разработки ЭС удается небезуспешно определять места возможных ЗМТ, рассчитывать потенциальные магнитуды по любому сейсмоопасному региону мира. На рис. 2 приведена сюжетная линия анализа экспертной системы.

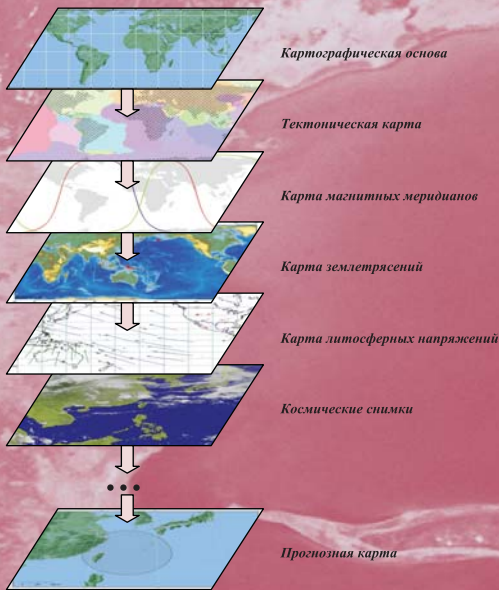


Рис. 2. Сюжетная линия анализа ЭСмониторинга и прогноза землетрясений.

### РЕАЛИЗАЦИЯ ГИС В РОССИЙСКО-ТАЙВАНЬСКОМ СЕЙСМОПРОГНОЗНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

В качестве примера применения ГИС, проверки основных закономерностей концепции сейсмогенеза приведем результаты прогнозного эксперимента по сейсотектонической зоне Юго-Восточной Азии. Эксперимент проводился группой российских исследователей, в состав которой входил и автор статьи, с октября 2009 г. по май 2010 г. Результаты эксперимента удивили даже его участников: пять последовательных успешных реализаций заявленных в прогнозах сейсмических событий с магнитудой  $M6.0+$ , попавших в прогнозную зону радиусом, равным  $7^\circ$ , при одном пропуске события – 19.12.2009 г. с магнитудой  $M6.4$ .

На рис. 3 представлена оперативная прогнозная карта перед ЗМТ 03.10.2009 г. на о. Тайвань с магнитудой  $M6.0$ , полученная с помощью разработанной подсистемы ГИС. Расшифровка основных условных

обозначений приведена в легенде карты. Прогнозные параметры были следующими: дата до 5-го октября, зона радиусом  $7^\circ$ , возможная магнитуда  $M6.5$ . Прогноз передан тайваньским коллегам за неделю до события, после чего начался совместный эксперимент.

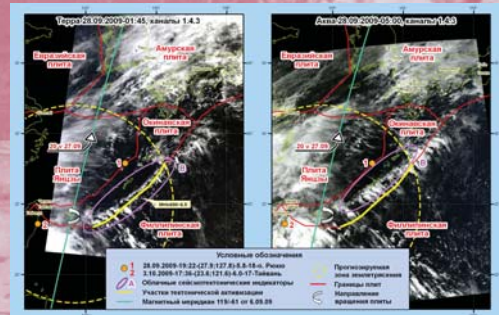


Рис. 3. Прогнозная карта по Тайваньско-Окинавской зоне, созданная в подсистеме ГИС

### ПЕРВАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГНОЗА

О напряженной геофизической обстановке на Филиппинской плите сигнализировала серия из 4 тайфунов в сентябре-октябре и ЗМТ на о. Рюкю 30.10.2009 г. с  $M6.8$ . Совокупность аномальных признаков на Тульской гравиметрической станции, электротел-лурики в Греции, георотационных параметров и протонов на Камчатской станции, выявленных одновременно 27.10.2009 г., указала на подготовку мощного ЗМТ. Облачные сейсмоиндикаторы, динамика и параметры которых представлены на рис. 4 по космоснимкам MTSAT за 31.10.2009 г. над Филиппинской плитой, также указывали на подготовку сильного ЗМТ.

Первая группа ОС появилась 31.10.2009 г. над северной оконечностью главного филиппинского сдвига в 02:00-05:00 UT (снимки 1–4). ОС продолжали появляться над Филиппинами 02-03.11.2009 г. в интервале 22:30-02:00 UT. Протяженность ОС вдоль северного участка Манильского желоба, равная 400 км, давала потенциальную магнитуду  $M = \ln 400 - 5.9$ .



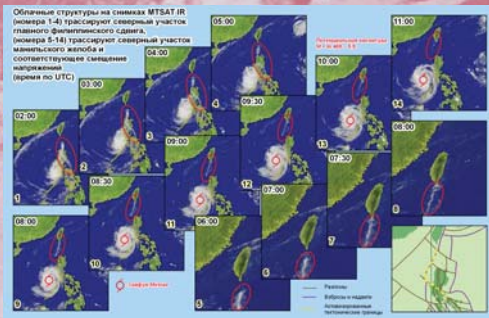


Рис.4.  
Динамика облачных сейсмоиндикаторов в Тайваньско-Филиппинской зоне

Реальная магнитуда по разным источникам (USGS, EMSC, CWB) была 5.8-6.0, что оказалось в пределах точности метода  $\pm 0,2$  для прогнозируемых магнитуд.

Возможными датами событий в расчетах по сейсмомагнитным меридианам (проекции геомагнитных силовых трубок на моменты начала 23.10.2009 г. и 30.10.2009 г. геомагнитных возмущений) в соответствии с закономерностью 7 концепции могли быть числа 6, 13 или 20 ноября  $\pm 2$  суток. Реальное событие произошло 5 ноября, совпав в пределах точности метода по дате. Таким образом, прогноз оправдался по дате, месту и магнитуде.

Данный прогноз был выставлен на сайте НЦ ОМЗ 3 ноября 2009 г. (<http://www.ntsomz.ru/projects/earthquake>) и представлен в виде упреждающего доклада-презентации в Тайваньском университете 4 ноября 2009 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Созданная подсистема ГИС позволяет разрабатывать тематические продукты сеймопрогнозного профиля по заявкам потребителей практически для любого сейсмоопасного региона Земли. В дальнейшем предполагается создать web-оболочку ГИС на сайте НЦ ОМЗ, которая предоставит возможность удаленному пользователю не только получать собственно готовые

тематические продукты, но и самому создавать в интерактивном режиме прогнозные либо ретроспективные карты на любую заявленную сейсмоопасную зону. При появлении новых геофизических данных или объектов анализа в подсистеме ГИС имеется возможность наращивания информационных слоев с целью получения новых признаков или других элементов для анализа и прогноза сейсмической обстановки.

## Список литературы

1. Дода Л., Новикова Н., Пахомов Л., Степанов И. Космический мониторинг предвестников землетрясений//Наука в России, 2009, № 6, с. 30-37.
2. Мартынов О.В. Концепция прогноза природных катастроф и практические результаты, полученные на основе аппарата нелинейной физики, математики и данных системы//Нелинейный мир, 2008, № 10, т. 6, с. 579-615.
3. Ларин В.Н. Гипотеза изначально гидридной Земли.—М.: Недра, 1980, 216 с.
4. Кузнецов Д.А. Протонно-электрическая подготовка и запуск полиморфного вскипания протонов в очаге землетрясения. Дел. в ВИНТИ, 28.03.91, № 1371-В91, 40 с.
5. Морозова Л.И. Спутниковый мониторинг землетрясений. — Владивосток: Дальнаука, 2005, 137 с.
6. Дода Л.Н. Геосейсмическое эхо солнечных бурь, или землетрясения рождаются на Солнце.//Новости космонавтики, 2003, № 6, с. 56-59.
7. Лурье И.К. Основы геоинформатики и создание ГИС. М.: Изд-во ООО ИНЭКС-92, 2002, 140 с.

**Info 2010**  
**trans**

XV Международная конференция

# ИНФОТРАНС2010

«Информационные технологии  
на железнодорожном транспорте»

Генеральный партнер



Стратегический партнер

**DIGITAL  
DESIGN**  
the digital way forward

**26-29 октября 2010**

**Санкт-Петербург**

«Холмдей Инн Санкт-Петербург  
Московские ворота»

Организатор



БИЗНЕС  
ДИАЛОГ

При поддержке

**news**

Генеральные  
информационные партнеры

**РЖД ПАРТНЕР ГИЛОК**

По вопросам участия и спонсорства: тел.: +7 (495) 988-18-00, факс: +7 (495) 624-59-32

# Итоги IV Международной конференции «Космическая съемка — на пике высоких технологий»

С 14 по 16 апреля 2010 г. в Подмоскowie состоялась IV Международная конференция «Космическая съемка — на пике высоких технологий», организованная компанией «Совзонд» (рис. 1).



Рис. 1. «Атлас Парк-Отель». Регистрация участников IV Международной конференции «Космическая съемка — на пике высоких технологий»

Платиновым спонсором конференции выступила компания DigitalGlobe, золотыми — компании GeoEye и ПТ VIS (все — США), серебряным — компания RapidEye (Германия), партнером конференции — ГИС-Ассоциация (Россия). Информационную поддержку конференции оказали журналы «Аэрокосмический курьер», «Геоинформатика», «Геология нефти и газа», «ГЕОМАТИКА», «Геопрофи», «Информация и Космос», «Нефтегазовая вертикаль», «Новости космонавтики», ВУТЕ/Россия, GEOconnexion, GiM International, газета новостей «ГИСинфо», интернет-портал GISafe, электронный каталог GeoTop.

IV Международная конференция «Космическая съемка — на пике высоких технологий» собрала руководителей и ведущих специалистов российских и зарубежных компаний, работающих в области дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), ГИС и картографии, кадастра, экологии, градостроительства, территориального планирования, регионального и муниципального управления. Возможность обменяться опытом получили поставщики данных ДЗЗ, программных и аппаратных средств и пользователи, представляющие различные сферы экономики, в том числе нефтегазовую отрасль, лесное и сельское хозяйство и многие др.

Распределение участников по сферам деятельности представлено на диаграмме (рис. 2).

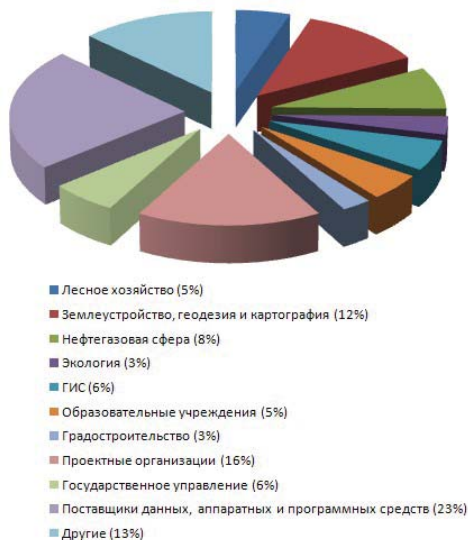


Рис. 2. Распределение участников по сферам деятельности



Участие в конференции 2010 г. приняли более 350 делегатов из 13 стран: Россия, Белоруссия, Украина, Казахстан, Латвия, Таджикистан, Австрия, Бразилия, Германия, Канада, США, Франция, Япония.

Открыл IV Международную конференцию «Космическая съемка – на пике высоких технологий» генеральный директор компании «Совзонд» В.И. Михайлов. В своем выступлении он отметил, что геоинформационные технологии находят все большее применение в научных исследованиях и производственной деятельности. Этому способствует активное развитие и совершенствование программных и технических средств. Одним из основных источников пространственных данных является дистанционное зондирование Земли из космоса, которое переживает в последние годы поистине революционные изменения: увеличивается пространственное разрешение съемочных систем, их производительность, улучшаются спектральные характеристики, повышаются возможности мониторинга огромных территорий в оперативном режиме. Не отстают в развитии и программные продукты для обработки данных, создания геоинформационных систем. Необходимым условием при внедрении геоинформационных технологий на современном этапе является совместное использование космических снимков, других видов пространственной информации, программного обеспечения для обработки и анализа данных ДЗЗ, ГИС-приложений, комплексов визуализации пространственных данных. В.И. Михайлов поздравил всех участников с началом работы конференции и выразил надежду на полезную и плодотворную работу.

В рамках конференции прошли пленарные заседания (рис. 3), семинары, выставка, круглый стол, подведение итогов конкурса на лучший геоинформационный проект, а также другие мероприятия.

В первый день работы конференции (14 апреля) пленарное заседание было посвящено современному состоянию и тенденциям развития российских и зарубежных программ ДЗЗ и интегрированным решениям в области ДЗЗ и ГИС. Концепцию современного подхода к организации оперативного космического мони-



Рис. 3.  
Пленарное заседание

торинга представил заместитель генерального директора компании «Совзонд» М.А. Болсуновский. Он проанализировал существующие традиционные подходы к получению космических данных ДЗЗ: больше преимуществ имеет система заказа и получения данных у операторов спутников ДЗЗ через дистрибьютора; ограниченные возможности использования и малую экономическую эффективность дает система приема данных ДЗЗ непосредственно на собственные станции приема. Технологический прогресс тем не менее потребовал нового подхода, который состоит в том, что заказчик получает непосредственный доступ к базам геоданных операторов космических систем по принципу «виртуального приема». В этом случае возрастает роль системных интеграторов, предлагающих комплексные решения на основе геосерверных технологий. Именно разработка таких технологий, а также выполнение и реализация готовых геоинформационных проектов и оказание услуг в области информационного обеспечения данными ДЗЗ являются основным направлением деятельности компании «Совзонд» в последние годы.

В ходе пленарного заседания с докладами выступили представители ведущих мировых поставщиков космических данных ДЗЗ и программных средств для их обработки (DigitalGlobe, GeoEye, RapidEye, ITT VIS, INPHO, RESTEC и т. д.).



Большой интерес вызвал доклад первого вице-президента компании DigitalGlobe (США) Р. Хана (R. Khan), посвященный самой производительной на сегодняшний день системе спутников сверхвысокого разрешения. С вводом в коммерческую эксплуатацию новейшего космического аппарата WorldView-2 производительность группировки спутников компании DigitalGlobe достигла 2,7 млн кв. км в сутки. Докладчик отметил, что к настоящему моменту архив космических снимков компании достиг 1 млрд кв. км покрытия земной поверхности.

Вице-президент компании GeoEye (США) П. Колумби (P. Colombi) рассказал о новых разработках, в частности, о сервисах доступа к архивным данным GeoFUSE, GeoQ и др., а также о работах по подготовке нового спутника GeoEye-2 и его характеристиках.

С большим вниманием участники конференции выслушали сообщение Дж. Алрихса (J. Ahlrichs), вице-президента германской компании RapidEye AG. Он рассказал об уникальных мониторинговых возможностях группировки спутников RapidEye и перспективах дальнейшего развития компании в направлении разработок геоинформационных проектов и решений на базе получаемых данных.

Применению данных ДЗЗ со спутника ALOS посвятил свой доклад К. Кувабара (K. Kuwabara), заместитель генерального директора RESTEC (Япония). Он также рассказал о планах запуска в 2013 г. радарного спутника ALOS-2 (разрешение – 1 м) и в 2014 г. оптико-электронного спутника ALOS-3 с тремя сенсорами для съемки в панхроматическом (разрешение – 0,8 м), мультиспектральном (5 м) и гиперспектральном (30 м) режимах.

Об интеграции программного продукта для обработки данных ДЗЗ ENVI и геоинформационных приложений линейки ArcGIS рассказал президент американской компании ITT VIS P. Кук (R. Cooke). Активное сотрудничество с компанией ESRI позволяет создать алгоритм простого перехода от этапа получения изображения до анализа или вывода данных ГИС. Новый программный продукт ENVI EX предназначен для ГИС-специалистов, не имеющих большого опыта работы с космическими снимками.

С планами развития отечественной группировки спутников ДЗЗ ознакомил собравшихся В.А. Заичко, начальник отдела Роскосмоса. Он отметил первоочередные задачи, на решении которых сосредоточены усилия Роскосмоса: создание к 2013 г. системы радиолокационного наблюдения; развертывание космической системы мониторинга чрезвычайных ситуаций (2010–2013 гг.) и земель сельскохозяйственного назначения (2015 г.); создание к 2015–2017 гг. специализированной отечественной системы для решения картографических задач и др. К 2020 г. российская орбитальная группировка средств ДЗЗ будет включать 15–20 космических аппаратов.

Перспективы развития систем ДЗЗ в России и их использования для решения важных государственных задач обрисовали в своих выступлениях генеральный директор Госцентра «Природа» В.П. Седелников и руководитель департамента ОАО «НПК «РЕКОД» А.М. Абросимов.

С интересом были выслушаны доклады представителей Института космических исследований РАН, ФКЦ «Земля», НАЦРН им. В.И. Шпильмана, ФГУП «Уралгеоинформ», Конструкторского бюро «Южное» им. М.К. Янгеля (Украина) и др. С особенностями канадской радарной системы ДЗЗ RADARSAT-2 ознакомил участников конференции менеджер компании MDA г-жа Г. Вуджанич (G. Vudjanic). Президент ГИС-Ассоциации С.А. Миллер рассказал о динамике развития и об основных проблемах рынка получения и использования данных ДЗЗ России.

Во второй день конференции (15 апреля) прошло два пленарных заседания – «Программные комплексы, системы и решения для обработки данных ДЗЗ от ведущих российских и зарубежных разработчиков» и «Опыт решения практических задач с использованием данных ДЗЗ».

Внимание делегатов привлекли выступления представителей ведущих мировых разработчиков программных комплексов и аппаратных средств. О новых возможностях программного комплекса по фотограмметрической обработке космических снимков INPHO рассказал директор по международным продажам компании

Trimble Germany GmbH (Германия) Р. Бизио (R. Bisio). Интеграции программных комплексов обработки данных ДДЗ ИТТ VIS и ГИС-приложений компании ESRI посвятила свой доклад технический специалист по маркетингу компании ИТТ VIS (США) г-жа Ш. Дарнел (Ch. Darnel). С критериями выбора профессионального стереомонитора ознакомил собравшихся директор по международным продажам компании Planar Systems (США) Т. Тровер (T. Trover).

Необходимо отметить доклады представителей российских компаний – генерального директора ООО «Фирма «Ракурс» В.Н. Адрова о системе PHOTOMOD 5.0, заместителя генерального директора ЗАО КБ «ПАНОРАМА» А.Г. Демиденко о реализации мультимасштабной модели пространственных данных, руководителя отдела ООО «ДАТА+» Н.А. Глебовой об ArcGIS 10. ГИС-разработчики компании «Совзонд» посвятили свои выступления серверным и геопортальным решениям.

На втором пленарном заседании докладчики наглядно продемонстрировали широкие возможности данных ДЗЗ и геоинформационных технологий при решении различных задач в сельском хозяйстве (RapidEye AG, «Терра» (Казахстан), лесном хозяйстве («Записиблеспроект») и др.

Пленарное заседание заключительного дня конференции (16 апреля) было посвящено опыту решения практических задач с использованием данных ДЗЗ, уникальным и перспективным технологиям ДЗЗ. С докладами выступили руководители и специалисты многих российских организаций и компаний, в т. ч. ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс», НЦ ОМЗ, ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, НПК «БАРЛ», ООО «Газпром ВНИИГАЗ» и др.

Практически все доклады на пленарных заседаниях вызвали большой интерес. Докладчикам задавалось много вопросов, дискуссии продолжались в кулуарах и на кофе-брейках.

В рамках конференции были проведены специализированные семинары, в которых приняло участие большое количество делегатов (рис. 4):

- О сервисах для доступа к архивам высокодетальной съемки компании DigitalGlobe: за секунды в любую точку Земли.
- Новые возможности ПК ENVI 4.7. Мультиспек-

ральные возможности ENVI на примере обработки данных RapidEye.

- Опыт работы GeoEye в России. Сегодня и завтра: от заказа к съемке и поставке потребителям.
- Интеграция программных продуктов ENVI EX и ArcGIS Desktop.
- Уникальные возможности мультиспектрального спутника WorldView-2.
- Создание геопорталов с использованием серверных решений ESRI.
- Использование INPHO для высокопроизводительного создания ЦМР.
- Создание информационной системы обеспечения градостроительной деятельности (ИСОГД) для муниципального и регионального управления с использованием распределенных ГИС-технологий.
- Программные продукты компании Schlumberger Water Services.
- Технологические решения в области крупномасштабного картографирования с использованием современных данных ДЗЗ.
- Использование радиолокационных данных (COSMO-SkyMed-1,2,3, TerraSAR-X и RADARSAT-2) для решения практических задач.

Семинары проводили представители компаний-спонсоров конференции и ведущие специалисты компании «Совзонд». Особо отметим интересную презен-



Рис. 4. Проведение специализированных семинаров



Рис. 5.  
Награждение победителей конкурса на лучший геоинформационный проект

тацию, которую представил старший научный сотрудник компании DigitalGlobe Дж. Марчизио (G. Marchisio). В рамках семинара он продемонстрировал на многочисленных примерах уникальные возможности новейшего мультиспектрального спутника WorldView-2.

Впервые на конференции проводился конкурс «Лучшие проекты в области геоинформационных технологий и дистанционного зондирования Земли». Победители, которым в торжественной обстановке были вручены оригинальные призы (рис. 5), определялись в четырех номинациях:

- «Лучший отраслевой инновационный проект с использованием космических данных ДЗЗ». Победитель — ПИИ «ФАЗО», Агентство по землеустройству, геодезии и картографии при Правительстве Республики Таджикистан.
- «Лучший региональный инновационный проект с использованием космических данных ДЗЗ».

Победитель — Управление архитектуры и градостроительства Администрации города Дзержинска, Россия.

- «Значимый вклад в развитие сферы геоинформационных технологий и ДЗЗ». Победитель — ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Россия.
- «Уникальная разработка технологий в области ДЗЗ и ГИС». Победитель — Институт водных и экологических проблем СО РАН, Россия.

В рамках конференции работала выставка (рис. 6). На стендах компании демонстрировали свои новейшие разработки. Участие в выставке приняли российские и зарубежные компании: DigitalGlobe, GeoEye, ИТТ VIS (все — США), RapidEye, Trimble/INPHO (обе — Германия), RESTEC (Япония), TTS, НЦ ОМЗ, НИИ ТП, «Уралгеоинформ», «Совзонд» (все — Россия). Отметим повышенный интерес, который вызвала демонстрация работы программно-аппаратного комплекса визуализации пространственной информации TTS и стереомонитора для работы с космическими снимками Planet.

Стандартизации обменных форматов данных космического зондирования был посвящен круглый стол-дискуссия, проведенный совместно с ГИС-Ассоциацией.

В течение всех дней конференции работал демонстрационный вариант прототипа ситуационного центра космического мониторинга (рис. 7). Участники конференции могли ближе ознакомиться с принципами его работы и наглядно убедиться в высокой эффективности использования данных ДЗЗ в качестве информации



Рис. 6.  
Выставка





Рис. 7.  
Демонстрационный ситуационный центр космического мониторинга

онной базы такого центра. Демонстрация проходила на примере тематических геопорталов, разработанных специалистами компании «Совзонд». В качестве средства визуализации пространственных данных использовался программно-аппаратный комплекс TTS.

Помимо официальной части, конференция включала разнообразную и насыщенную развлекательную программу (рис. 8). 15 апреля состоялся вечерний прием

с банкетом для участников конференции. Интересная шоу-программа в исполнении музыкальной группы «Самоцветы» и ее руководителя Юрия Маликова доставила немало приятных минут гостям. Праздник продлился до поздней ночи.

Все участники конференции получили новый буклет компании «Совзонд», свежие номера журнала «ГЕОМАТИКА», сувениры на память о конференции.



Рис. 8.  
Развлекательная программа с участием ВИА «Самоцветы» и гостей конференции



8-11 октября  
**2010**



Москва,  
Всероссийский  
выставочный центр

ХII РОССИЙСКАЯ АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ ВЫСТАВКА

# **ЗОЛОТАЯ ОСЕНЬ**

Совершенствование и эффективность технологий -  
основа дальнейшего развития агропромышленного комплекса России



## Организаторы:

Министерство сельского хозяйства  
Российской Федерации



Правительство  
Москвы



Российская академия  
сельскохозяйственных наук



ОАО «ГАО «Всероссийский  
выставочный центр»



## Дирекция выставки:

ООО "Агропромышленный комплекс ВВЦ",  
тел./факс: +7 (495) 748-3770, e-mail: info@apkvvc.ru

[www.goldenautumn.ru](http://www.goldenautumn.ru)

## Выставка

# «ЗОЛОТАЯ ОСЕНЬ-2010»: модернизация — решающий фактор развития АПК России

8–11 октября 2010 г. в рамках Российской агропромышленной недели на ВВЦ пройдет 12-я **Российская агропромышленная выставка «Золотая осень»**.

Экспозиция «Золотой осени», под которую отведено 4 павильона и Центральная аллея ВВЦ, представит все лучшее, что есть в российском и мировом сельском хозяйстве, — новые разработки в сельхозмашиностроении, технологии растениеводства, инновации в альтернативной энергетике, продукцию для животноводства и достижения современной селекции, продукты питания из российских регионов и зарубежных стран.

**Основные разделы агропромышленного форума «Золотая осень-2010»:**

**Вводный раздел Министерства сельского хозяйства Российской Федерации.**

Второй год подряд Минсельхоз России выступит в «Золотой осени» Вводным разделом, при организации которого особое внимание будет уделено реализации целевых и отраслевых программ, вопросам импортозамещения сельхозпродукции, развитию отечественного сельхозмашиностроения, разработке альтернативных и ресурсосберегающих источников энергии, развитию сельских территорий, кредитованию и страхованию сельхозпроизводителей, повышению инвестиционной привлекательности российского АПК.

**Международная специализированная выставка сельскохозяйственной техники и оборудования «АгроТек Россия».**

В рамках выставки состоится показ современной техники для почвообработки и растениеводства российских и зарубежных компаний, а также инновационных агротехнологий, оборудования для первичной пе-

реработки, хранения и транспортировки сельскохозяйственной продукции.

**«Оборудование для пищевой и перерабатывающей промышленности».**

Экспозиция представит технологии для создания замкнутых циклов собственной переработки сырья и производства готовой продукции как на крупных предприятиях, так и в малых хозяйствах. Участники раздела продемонстрируют разработки и оборудование практически для всех отраслей пищевой промышленности.

**«Технологии энергоэффективности и ресурсосбережения. Альтернативная энергетика».**

В экспозиции будет представлено оборудование и разработки для альтернативной энергетике, отечественных и зарубежных технологий энерго- и ресурсосбережения. Также будут продемонстрированы государственные, региональные программы по развитию возобновляемой энергетике и энергоэффективности.

**«Регионы России».**

Субъекты Российской Федерации продемонстрируют результаты реализации государственной программы развития сельского хозяйства, лучшую продовольственную продукцию и уникальные продукты питания. В рамках презентационных программ регионы комплексно представят инвестиционные возможности и инновационные разработки своих предприятий.

**«Зарубежные страны».**

В «Золотой осени» ряд иностранных государств участвуют коллективными национальными экспозициями, в которых представлены национальные продукты питания, инвестиционные предложения и бизнес-проекты. Участие в выставке глав аграрных министерств и ведомств стран

Европы, Азии и Америки подтверждает серьезность намерений иностранных инвесторов развивать долгосрочное сотрудничество с российскими партнерами.

#### **«Животноводство и племенное дело».**

Выставочная экспозиция раздела будет представлена двумя направлениями: «Оборудование для животноводства. Ветеринария. Корма» и «Племенные животные».

#### **Торговая ярмарка сельскохозяйственной продукции.**

Российские предприятия и хозяйства предложат гостям выставки экологически чистые отечественные продукты питания, свежие овощи и фрукты, мед, орехи, саженцы плодовых и ягодных культур, семенной картофель, луковицы многолетних цветов, садово-огородный инвентарь и многое другое по ценам значительно ниже рыночных.

#### **Деловая и конкурсная программы выставки.**

Деловая программа выставки «Золотая осень-2010» будет формироваться в соответствии с актуальными проблемами АПК и с учетом последних мировых экономических тенденций. Ключевой для обсуждения выбрана тема «Модернизация агропромышленного комплекса России». Центральными мероприятиями станут

агрофорумы: «Инновационные технологии – гарантия успеха модернизации АПК страны» и «Молодежный агробизнес в инновационном развитии АПК России».

Конкурсная программа является неотъемлемой частью выставки, вызывающей стабильный интерес у экспонентов. Предлагается провести 10 основных отраслевых конкурсов, в 2010 году включить в конкурс «За производство высококачественной биологически безопасной продовольственной продукции» номинацию «Продукты, приготовленные по старинным рецептам».

#### **Организаторы выставки:**

Министерство сельского хозяйства РФ; Правительство Москвы; Правительство Московской области; Российская академия сельскохозяйственных наук; Агропромышленный союз России; Ассоциация крестьянских (фермерских) хозяйств и сельскохозяйственных кооперативов России; ОАО «ГАО «Всероссийский выставочный центр».

Более подробная информация доступна на сайте [www.apkvvc.ru](http://www.apkvvc.ru).





При поддержке Российской академии наук, Правительства Москвы и  
Федерального агентства по информационным технологиям

Двадцать первая ежегодная выставка  
информационных и коммуникационных технологий

26 - 29  
ОКТАБРЯ  
2010

# SoftTool



www.softtool.ru  
регистрация специалистов



Третья ежегодная выставка

**ТЕХНОЛОГИИ  
ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЩЕСТВА**

Национальный форум  
ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЩЕСТВО, ЭЛЕКТРОННОЕ  
ГОСУДАРСТВО, ЭЛЕКТРОННОЕ ПРАВИТЕЛЬСТВО



ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**«ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РОССИИ»**

Технологии управления • Технологии безопасности • Свободное ПО • Документооборот • Технологии образования



Организатор  
(495)624-7072  
www.softtool.ru



ОТКРЫТЫЕ  
СИСТЕМЫ

news

softline®

МОСКВА • ВВЦ • ПАВИЛЬОН 69



# 21-я ежегодная выставка информационных и коммуникационных технологий Softool' 2010

Выставка пройдет 26–29 октября 2010 г. в Москве на ВВЦ. По оценкам специалистов, **Softool** – самая большая в Европе национальная выставка информационных технологий. Она играет важную роль в обеспечении реальной технологической независимости и информационной безопасности страны, помогая сохранить в России высокий научный потенциал в области перспективных информационных технологий и решить задачу интеграции российской информационной инфраструктуры и рынка информационных продуктов и услуг в мировые.

Тематика выставки включает все направления развития ИТ: корпоративные системы; муниципальные системы; стратегические компьютерные технологии; информационная безопасность; Cloud Computing; Linux и системы с открытыми исходными текстами; управление проектами; АСУ ТП; САПР; ГИС и навигационные системы; встраиваемые системы; технологии Интернет; СЕТИ; технологии образования; ИТ-услуги; логистика и SCM; электронный документооборот; прикладное ПО; аутсорсинг; электронные развлечения; компьютеры и мн. др.

Придя на Softool, посетители смогут ознакомиться с расширенными экспозициями: **«Технологии информационного общества»**, **«САПР'экспо»**, **«WEB-технологии»**, **«Свободное ПО»**, **«Системы автоматической идентификации»**, **«Технологии управления»**.

В выставке примут участие более 200 российских и зарубежных компаний, представители федеральных и региональных органов государственного управления, высших учебных заведений, научного и экспертного сообщества, СМИ. Softool предоставляет своим участникам и посетителям максимальный комфорт и все необходимые условия для бизнеса.

Постоянные участники выставки – лидеры российского рынка информационных технологий, серьезно заявившие о себе и в стране, и за ее рубежами как ква-

лифицированные разработчики сложнейших систем в области управления, автоматизации технологических процессов, телекоммуникации, информационного обеспечения, научных исследований и многого другого.

Для посетителей выставки открыта онлайн-регистрация на сайте выставки, после которой каждый получит БЕСПЛАТНЫЙ электронный билет на выставку.

**11-я Всероссийская научно-практическая конференция «Информационные технологии в России XXI века»**, проходящая в рамках выставки, включает в себя секции и мероприятия:

- Первый Московский Суперкомпьютерный форум.
- Всероссийская конференция по проведению научных исследований в области информационно-телекоммуникационных технологий.
- Технологии автоматической идентификации – новая реальность современного информационного общества.
- Системы автоматического проектирования (САПР) как инструмент выживания предприятий машиностроения и других отраслей.
- Свободное ПО. Разработка и использование. Мастер-классы.
- Электронные услуги населению и юридическим лицам
- Потребности регионов и отраслей в системах ИКТ.
- Конкурс программистов «Софтулийские Игры».
- Конкурс программных продуктов «Продукт года».
- Конкурс инженерных проектов в области автоматизации проектирования «Творец».

Наиболее интересные конференции будут транслироваться в сети Интернет с помощью Вебинар.ру.

Выставка пройдет при поддержке Российской академии наук, Министерства связи и массовых коммуникаций РФ, Федерального агентства по информационным технологиям, Российского фонда фундаментальных исследований, Правительства Москвы. Более подробная информация доступна на сайте [www.softool.ru](http://www.softool.ru).

4<sup>я</sup> Международная выставка - форум  
**Integrated Systems Russia**  
 7-9 декабря 2010  
 Москва, Гостиный Двор

...Ваш путь к успеху!



Государственные учреждения



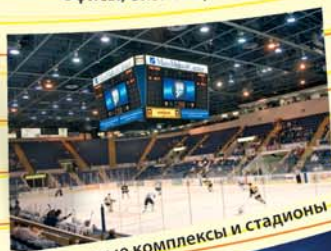
Офисы, бизнес-центры, банки



Транспортные объекты



Образовательные учреждения



Спортивные комплексы и стадионы



Медицинские учреждения



Коттеджи, павильоны



Концертные залы, театры, ночные клубы



Торгово-развлекательные комплексы

[www.isrussia.ru](http://www.isrussia.ru)

Профессиональное аудио-видео оборудование  
 и системная интеграция для корпоративного и домашнего сектора



РЕКЛАМА

При поддержке профессиональных ассоциаций:



Организаторы:

Платиновые спонсоры:



Золотые спонсоры:



Генеральный информационный партнер:



Официальный медиа-партнер:



# Радарные космические аппараты

По состоянию на 08.09.2010 г. на орбите находится ряд радарных космических аппаратов ДЗЗ, способных проводить съемку с наилучшим разрешением до 1 м (табл. 1).

Съемочная аппаратура этих спутников – радары с синтезированной апертурой (SAR) – способна посылать и получать сигналы сквозь облака, дым и туман в любое время суток. Таким образом, съемка практически не зависит ни от погоды, ни от наличия солнечного света. Кроме того, радарные съемки позволяют с высокой точностью выявлять вертикальные и горизонтальные подвижки земной поверхности. Эти и другие особенности радарных космических аппаратов позволяют успешно использовать получаемые данные для решения многих задач.

Среди задач, решаемых с помощью радарных данных, можно выделить:

- мониторинг смещений земной поверхности, зданий и сооружений по данным радарной интерферометрии;
- построение ЦММ и ЦМР по данным радарной интерферометрии и радарграмметрии;
- классификацию земной поверхности по данным единичных и повторных мониторинговых съемок;
- классификацию объектов на земной поверхности по физическому типу отражения с использованием полностью поляризационных радарных данных;
- всепогодный космический мониторинг природных и техногенных процессов с гарантированной периодичностью и датами съемки (независимо от облачности и от освещенности);
- мониторинг ледовой обстановки;
- мониторинг судоходства;
- мониторинг паводков и наводнений (вплоть до гарантированно ежедневного);

Таблица 1

### Радарные космические аппараты высокого и среднего разрешения

Спутник	Дата запуска	Наилучшее разрешение, м	Спектральный диапазон
COSMO-SkyMed-1 (Италия)	08.06.2007	1	X
COSMO-SkyMed-2 (Италия)	08.12.2007	1	X
COSMO-SkyMed-3 (Италия)	24.10.2008	1	X
TerraSAR-X (Германия)	15.07.2007	1	X
TanDEM-X (Германия)	21.06.2010	1	X
RADARSAT-2 (Канада)	14.09.2007	3	X
RISAT-2 (Индия)	20.04.2009	3	C
ALOS/PALSAR (Япония)	24.01.2006	7	L
RADARSAT-1 (Канада)	04.11.1995	8	C
ENVISAT (ЕКА)	01.03.2002	20	C
ERS-2 (ЕКА)	21.04.1995	20	C

- изучение морских и океанских течений (в комплексе с другими данными);
  - мониторинг землетрясений и их последствий, оценку ущерба;
  - мониторинг вырубок для задач лесного хозяйства;
  - **мониторинг торфяников для задач оценки их пожароопасности и изучения их гидрологических характеристик;**
  - мониторинг урожайности для задач сельского хозяйства (определение процента всхожести от общей посевной площади и мониторинг дальнейшего роста сельхозкультур);
- и др.

По соотношению цена – качество наиболее востребованными являются радарные данные с низким

разрешением (10–30 м – ENVISAT, ERS-2 и др.), очень хорошие перспективы у данных со средним разрешением (4–8 м). Такие радарные съемки используются для создания цифровых моделей рельефа, картографирования, мониторинга экологического состояния территорий, оценки сейсмических угроз, мониторинга в зонах наводнений и других районах с постоянным присутствием туманов и решения многих других задач в различных сферах деятельности.

Уникальные задачи можно решать с помощью радарных данных высокого разрешения (1–3 м). Однако ввиду их сравнительно большой стоимости они пока востребованы в основном для решения локальных задач. Например, за счет возможности по ра-

Таблица 2

### Основные технические характеристики

Спектральный диапазон							
5,6 см (С-диапазон)							
Режимы	Сверх-высокого разрешения (Ultra-Fine)	Высокого разрешения (Fine)	Высокого разрешения с полной поляризацией (Fine Quad-hj)	Стандартный (Standard)	Широко-захватный (Wide)	Узкий низкого разрешения (ScanSAR Narrow)	Широкий низкого разрешения (ScanSAR Wide)
Номинальное пространственное разрешение (м)	3	8	8–12	25	30	50	100
Ширина полосы съемки (км)	25	50	25	100	150	300	500
Поляризация	Один тип из: HH/HV/VH/W	HH и HV либо VH и WW	HH, WV, HV, VH,	HH и HV либо VH и WV			
Формат файлов	CEOS, GeoTIFF						
Обработка	Радиометрическая, сенсорная и геометрическая коррекция Приведение к картографической проекции						
Периодичность съемки	В зависимости от режима и типа съемки. От 2–3 суток на экваторе в полосе 500 км. Полный цикл повторения орбиты – 24 дня						
Срок выполнения заказа	1–14 дней для архивных данных 2–30 дней для съемки на заказ						
Минимальная площадь заказа	Одна квадратная сцена с длиной, равной ширине полосы съемки для любого режима						



дарным снимкам высокого разрешения определять смещения земной поверхности с высочайшей точностью, особенно перспективно использование такой радарной съемки для мониторинга состояния зданий и промышленных сооружений. Следует также отметить, что высокое разрешение радарных данных значительно улучшает возможности распознавания объектов и их классификацию в специализированных программных продуктах, таких, например, как SARscape.

Дадим более подробную характеристику одному из наиболее перспективных радарных спутников – **RADARSAT-2** (Канада).

Космический аппарат нового поколения RADARSAT-2 (рис. 1), разработанный Канадским космическим агентством CSA (Canadian Space Agency) и компанией MDA (MacDonald, Dettwiler and Associates Ltd.), запущен 14 декабря 2007 г. с космодрома Байконур на солнечно-синхронную орби-



Рис. 1.  
Спутник RADARSAT-2

ту с высотой 798 км и наклоном 98,6, с периодом обращения 100,7 минут. Спутник оснащен радаром бокового обзора с синтезированной апертурой, обладающим, как и RADARSAT-1, уникальными возможностями изменения ширины полосы съемки и пространственного разрешения (табл. 2). Съемка земной поверхности проводится в С-диапазоне длин волн (5,6 см), с изменяемой поляризацией из-

Таблица 3

### Новые возможности КА RADARSAT-2 и их полезность

Новые возможности	Полезность
Улучшенное пространственное разрешение	Наличие режима сверхвысокого разрешения (3 м) улучшает детектирование объектов и их классификацию
Поляризация	Новые поляризационные возможности (HH, HV, VH, VV – по отдельности, парами или все четыре типа) позволяют лучше учитывать различные виды поверхности, улучшают детектирование и распознавание объектов
Съемка в режимах «влево» и «вправо»	Спутник может проводить съемку в обоих направлениях, в результате чего экономится время, повышаются мониторинговые возможности
Накопитель данных	Повышенные бортовые мощности хранения данных (300 GB) обеспечивают более быстрый доступ, и соответственно ускоряется чтение и запись информации
Бортовой GPS-приемник	GPS-приемник обеспечивает повышенный контроль позиционирования для более быстрой поставки данных

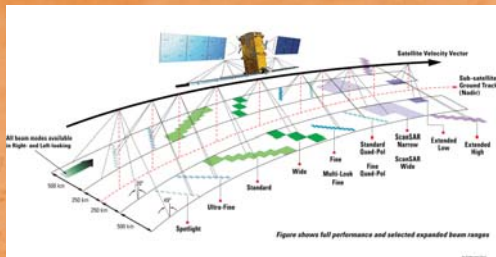


Рис. 2.  
Режимы съемки КА RADARSAT-2

лучения (HH, VH, HV, WW), в диапазоне съемочных углов от 10 до 60°. Расчетный срок пребывания на орбите – не менее 7 лет.

RADARSAT-2 – коммерческий радарный спутник нового поколения, созданный с использованием самых современных технологий. Уникальные данные, получаемые со спутника, позволяют решать задачи мониторинга окружающей среды, ледовой обстановки, картографирования природных комплексов, борьбы со стихийными бедствиями, морской разведки и др.

RADARSAT-2 предлагает новые возможности в отображении земной поверхности, высокую оперативность получения и поставки данных. Космический ап-

парат отличается высоким пространственным разрешением (3 м), гибкостью в выборе поляризации, возможностью съемки по обе стороны по направлению полета (рис. 2). Кроме того, RADARSAT-2 имеет большие мощности для хранения данных и высокоточные инструменты позиционирования спутника.

RADARSAT-2 – один из наиболее совершенных радарных космических аппаратов с С-диапазоном в мире (табл. 3).

Аппаратура спутника – радар с синтезированной апертурой (SAR) – включает в себя инновационную антенну от MDA и электронный сенсор, необходимый для получения изображения. SAR – это мощный микроволновый инструмент, способный посылать и получать сигналы сквозь облака, дым и туман в любое время суток, таким образом, съемка не зависит ни от погоды, ни от наличия солнечного света. Активная радарная съемка обладает существенными преимуществами перед аэросъемкой или оптико-электронными спутниками для задач мониторинга Земли. Гибкая антенна RADARSAT-2 позволяет проводить съемку с разным разрешением – от 3 до 100 м.

Ниже приведены образцы снимков с КА RADARSAT-2 (рис. 3-6).

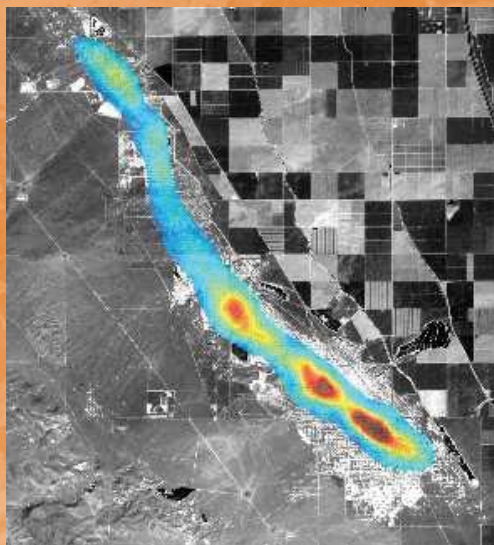


Рис. 3.  
Выявление вертикального движения поверхности в районах нефтяных месторождений. США, Калифорния

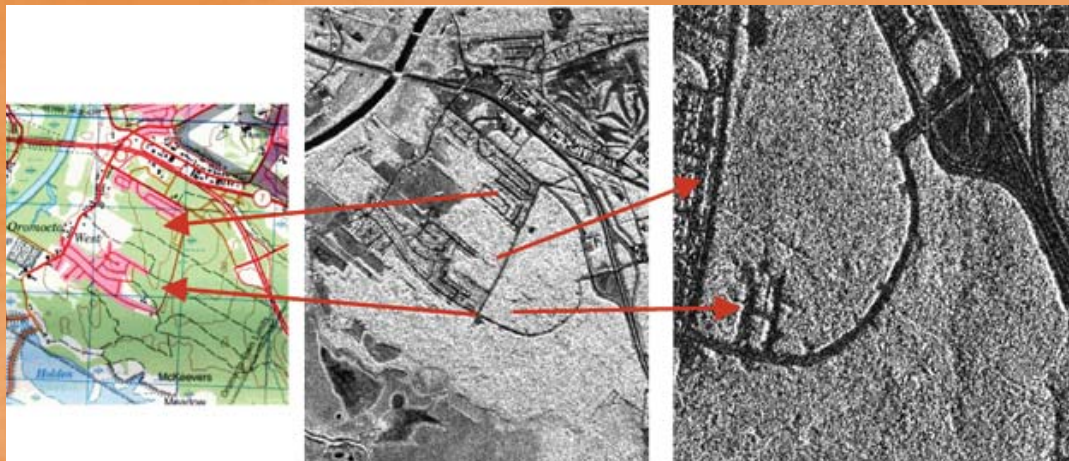


Рис. 4.  
Использование данных для обновления топографических карт

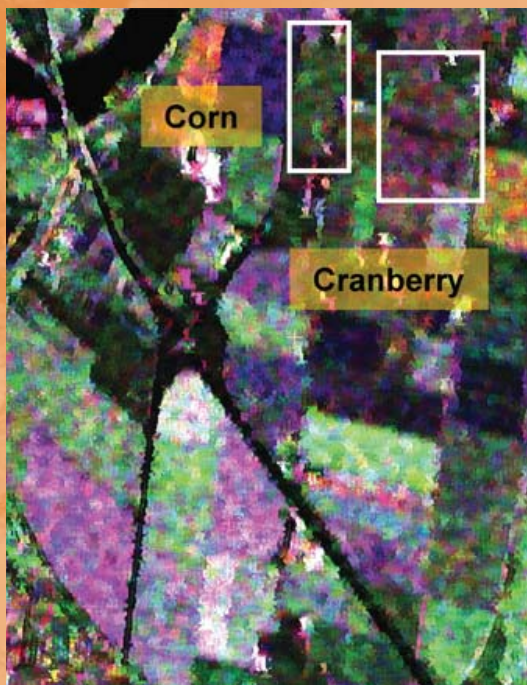


Рис. 5.  
Посевы сельскохозяйственных культур. Канада, район Ванкувера



Рис. 6.  
Лесные районы Бразилии

Справку подготовил Б.А. Дворкин (Компания «Совзонд»)



# КОМПАНИЯ "СОВЗОНД" – ВРЕМЯ РЕШЕНИЙ



- Данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) различного пространственного разрешения;
- Программное обеспечение для выполнения технических проектов различного уровня сложности;
- Комплексные проекты по обработке космических снимков для целей создания и обновления картографической продукции;
- Фотограмметрическая и тематическая обработка космических снимков;
- Тематические геопорталы на базе современных данных ДЗЗ и геоинформационные системы;
- Консалтинговый центр;
- Программно-аппаратный комплекс визуализации пространственной информации TTS;
- Стереомонитор для фотограмметрической обработки космических снимков Planar StereoMirror;
- Наземный комплекс приема и обработки данных ДЗЗ (НКПОД ДЗЗ);
- Информационно-аналитическая система космического мониторинга.



КОМПАНИЯ "СОВЗОНД"  
115446, г. Москва, ул. Шипиловская, 28а  
Тел: +7 (495) 988-7511, (495) 988-7522,  
(495) 514-8339.  
Факс: +7 (495) 988-7533,  
E-mail: [sovzond@sovzond.ru](mailto:sovzond@sovzond.ru)  
Web-site: [www.sovzond.ru](http://www.sovzond.ru)