

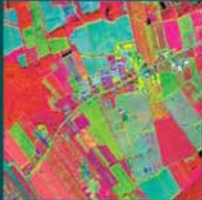
# ГЕОМАТИКА

## GEOMATICS

2011 #3(12)

ЖУРНАЛ О ГЕОИНФОРМАТИКЕ И ДИСТАНЦИОННОМ ЗОНДИРОВАНИИ ЗЕМЛИ

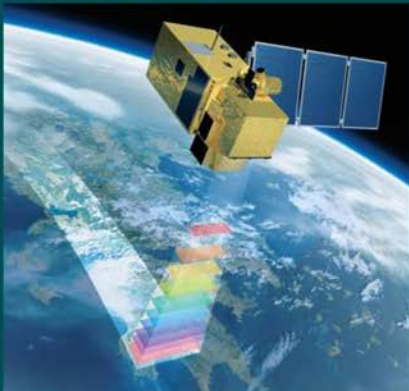
SOVZOND  
  
СОВЗОНД  
Издание компании  
«СОВЗОНД»



ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ГОРОДСКИХ  
ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ  
WORLDVIEW-2

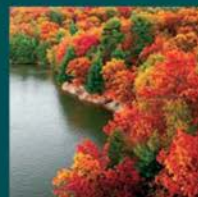


ТЕХНОЛОГИЯ МОНИТОРИНГА ВЫРУБОК ЛЕСА  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ  
ВЫСОКОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ



ЕВРОПЕЙСКАЯ ПРОГРАММА GMES  
И ПЕРСПЕКТИВНАЯ ГРУППИРОВКА  
СПУТНИКОВ ДЗЗ SENTINEL

КОСМИЧЕСКИЙ  
МОНИТОРИНГ  
В ЛЕСНОМ  
ХОЗЯЙСТВЕ





ИНЖЕНЕРНАЯ РАЗРАБОТКА И ПРОМЫШЛЕННОЕ ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ



**ТВОЙ БИЗНЕС НУЖДАЕТСЯ В НОВОМ РЕШЕНИИ!**

Компания TTSystems – разработчик инновационных продуктов и прогрессивных решений. Компания специализируется на разработке программно-аппаратных комплексов TTS для визуализации пространственных данных на основе multi-touch технологий.

Компания TTSystems ведет активную информационную и техническую поддержку партнеров и дистрибьюторов, предоставляет оборудование в аренду, организует обучение и демонстрационные показы продукции.

Тел: +7 (495) 211-8845  
988-7522 (доб. 901)

Web-site: [www.ttsglobal.ru](http://www.ttsglobal.ru)  
E-mail: [tts@ttsglobal.ru](mailto:tts@ttsglobal.ru)



## Уважаемые коллеги!



Рациональное использование лесных ресурсов, управление лесным хозяйством требуют наличия полной и достоверной информации обо всех природных и техногенных процессах на территории региона. Отечественный и зарубежный опыт показывает, что такую полноту информации могут обеспечить космические съемки и геоинформационные технологии в сочетании с традиционно используемыми источниками информации.

В лесном хозяйстве данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) активно используются при инвентаризации лесов с целью определения качественных и количественных характеристик лесных массивов, для оценки ущерба, нанесенного лесным массивам пожарами, болезнями леса, незаконными вырубками.

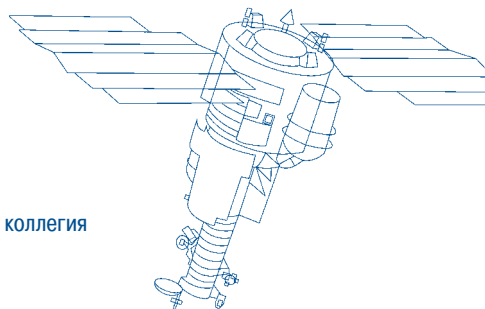
Документы по проведению лесоустройства в лесном фонде России предусматривают применение космических снимков при решении широкого круга задач, особенно для малоосвоенных лесов северных и восточных регионов России. За последние годы существенно возросли как технические возможности съемочной аппаратуры, так и возможности дешифрирования в автоматическом или полуавтоматическом режиме. Все это позволяет эффективно использовать данные ДЗЗ при организации лесоустройства с ежегодным внесением изменений в данные государственного учета лесов и для решения многих других задач.

Этот номер мы решили посвятить вопросам информационно-аналитического обеспечения данными ДЗЗ лесного хозяйства, разработке специализированных геоинформационных систем и другим аспектам, связанным со все более растущим использованием инновационных информационных технологий в лесной отрасли.

Об использовании технологий мониторинга лесов рассказывается в статьях специалистов «Запсиблеспроекта» и «Рослесозащиты». К главной теме номера можно отнести также материалы, предоставленные компаниями DigitalGlobe (в том числе и статьи лауреатов специального конкурса, посвященного возможностям 8-канальной съемки спутника WorldView-2) и RapidEye. Свои статьи о возможностях использования программных продуктов ArcGIS и ENVI для решения задач лесного хозяйства публикуют специалисты компании «Совзонд».

В журнале опубликовано интервью с С.А. Сапельниковым, заместителем руководителя Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр), органа государственной власти, оказывающего огромное влияние на развитие геоинформационной отрасли в России.

Редакционная коллегия



## Содержание

Новости .....	4
---------------	---

### Актуальное интервью

Интервью с С.А. Сапельниковым, заместителем руководителя Росреестра .....	10
---	----

### Данные дистанционного зондирования

Б.А. Дворкин Европейская программа GMES и перспективная группировка спутников ДЗЗ Sentinel .....	14
WorldView-2: революционное изменение подхода к получению, анализу и использованию данных космической съемки .....	27
П.И. Нейман Особенности характеристик и применения авиационных РСА .....	30

### Обработка данных ДЗЗ

Н.Б. Ялдыгина Использование программного комплекса ENVI для решения задач лесного хозяйства .....	34
И.В. Оньков Оценка точности высот SRTM для целей ортотрансформирования космических снимков высокого разрешения .....	40

### Использование данных ДЗЗ

С.В. Шимов, Ю.В. Никитина Технология мониторинга вырубок леса с использованием космических снимков высокого пространственного разрешения .....	47
А.М. Крылов, Н.А. Владимирова Дистанционный мониторинг состояния лесов по данным космической съемки .....	53
А. Маркс Мониторинг лесов с помощью группировки спутников RapidEye .....	58
Ф. Кавайяс, Ю. Рамос, А. Бойе Инвентаризация городских зеленых насаждений и их мониторинг с использованием данных WorldView-2 .....	67
Л. Руис, Т. Эрмосилла, Г. Сериса и др. Многовариантная и объектно-ориентированная стратегия обновления базы данных земельных ресурсов и растительного покрова по снимкам WorldView-2 .....	74
В.Н. Елаев, С.В. Любимцева, М.Ю. Кормщикова Геопортал имущественно-земельного комплекса Республики Бурятия .....	80
Н.П. Бобер Создание геопортала земельно-информационной системы Республики Беларусь .....	85

### Выставки и конференции

Итоги V Международной конференции «Космическая съемка – на пике высоких технологий» .....	94
---	----

### Справочный раздел

Возможности использования космических снимков для решения задач мониторинга лесов .....	105
---	-----



## Content

News..... 4

### Hot Interview

Interview with the deputy director of the Federal Agency of State Registration, Cadastre and Mapping S. Sapelnikov..... 10

### Remote Sensing Data

B. Dvorkin  
European program GMES and the challenging constellation of Sentinel satellites ..... 14

WorldView-2 is revolutionizing imagery, information and insight ..... 27

P. Neiman  
Characteristics and use of aviation synthetic aperture radars ..... 30

### Remote Sensing Data Processing

N. Yaldivina.  
Software ENVI for forest monitoring ..... 34

I. Onkov  
Evaluation of SRTM height accuracy for the orthotransformation of high resolution satellite images ..... 40

### Application of Remote Sensing Data

S.Shimov, Y. Nikitina  
High resolution satellite images for forest logging monitoring ..... 47

A. Krylov, N. Vladimirova  
Remote sensing data for forest monitoring ..... 53

A. Marx  
Product development RapidEye forest monitoring ..... 58

F. Cavayas, Y. Ramos, A. Boyer  
Urban vegetation cover inventory update and monitoring from space using WorldView-2 imagery ..... 67

L. Ruiz, T. Hermosilla, G. Serisa et al.  
A multi-approach and object-oriented strategy for updating LU/LC geo-databases based on WorldView-2 imagery ..... 74

V. Elaev, C. Lyubimtseva, M. Kormshchikova  
Geoportal of land and property complex of Republic of Buryatia ..... 80

N. Bober  
Geoportal of land information system for the Republic of Belarus..... 85

### Exhibitions and Conferences

Deliverables of V<sup>th</sup> International Conference «Remote Sensing – the Synergy of High Technologies» ..... 94

### References

Satellite images for forest monitorings ..... 105



**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

Б.А. Дворкин

#### Дизайн макета и обложки

И.А. Петрович

#### Компьютерная верстка

С.А. Имподистов

#### Информационно-рекламная служба

М.А. Агаркова  
С.Н. Мисникович

#### Почтовый адрес:

115563, г. Москва,  
ул. Шипиловская, 28а,  
компания «Совзонд»

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

Факс: +7 (495) 988-7533,

E-mail: [geomatics@sovzond.ru](mailto:geomatics@sovzond.ru)

Интернет: [www.geomatika.ru](http://www.geomatika.ru)

Перепечатка материалов без разрешения редакции запрещается.

Тираж 3000 экз.

Рекомендованная цена – 199 р.

Номер подписан в печать  
14.10.2011 г.

Печать  
ООО «Технология ЦД»

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

## ЖУРНАЛ «ГЕОМАТИКА» ПРИЗНАН ЛУЧШИМ ПЕРИОДИЧЕСКИМ ИЗДАНИЕМ 2010 ГОДА

Журнал «ГЕОМАТИКА» стал победителем в номинации «Лучшее периодическое издание года» в рамках конкурса XVIII Всероссийского форума «Рынок геоинформатики в России. Современное состояние и перспективы развития», который состоялся 24–26 мая 2011 г. в г. Кирове.



Рис. 1.  
Именной памятный знак и диплом лауреата «Лучшее периодическое издание года»

По сложившейся традиции на ежегодном форуме ГИС-Ассоциация отмечает своими дипломами наилучшие достижения прошедшего года. На основании опроса ведущих экспертов в сфере геоинформатики России журнал «ГЕОМАТИКА» признан лучшим среди периодических изданий, в числе которых «Пространственные данные», «Земля из космоса», «Управление развитием территорий», «Автоматизированные технологии изысканий и проектирования», «Информационный бюллетень» (все – Россия), «GeoПрофиль» (Украина) и др.

Церемония награждения номинантов состоялась в здании Правительства Кировской области. Именной памятный знак и диплом (рис. 1) торжественно вручил президент ГИС-Ассоциации С. А. Миллер.

Редакция журнала благодарит всех авторов, среди которых руководители и специалисты известных российских и зарубежных компаний, научно-исследовательских и учебных институтов, активно разрабатывающих и использующих геоинформационные решения на базе данных ДЗЗ, принимавших участие в создании выпусков. Отдельное спасибо хочется сказать самым активным читателям за замечания и конструктивную критику, благодаря которым у редакции появлялись творческие идеи в ходе подготовки нового материала.

Напомним, что журнал «ГЕОМАТИКА» уже четвертый год издается компанией «Совзонд». В

течение 2008–2011 гг. выпущено 11 тематических номеров тиражом 3000 экземпляров каждый. Издание зарекомендовало себя в качестве источника современной и объективной информации.

На сайте журнала (<http://geomatika.ru>) в свободном доступе выкладываются электронные версии всех выпусков. Начиная со 2-го номера журнала 2011 г. статьи можно читать с помощью Adobe Flash Player (рис. 2).

В этом режиме журнал можно перелистывать аналогично печатному варианту. Кроме того, есть возможность сразу перейти на нужные страницы, увеличить или уменьшить изображение, проделать другие операции. В дальнейшем в электронном виде будут размещены все вышедшие журналы. Традиционное размещение выпусков в виде файлов формата pdf также останется на сайте.

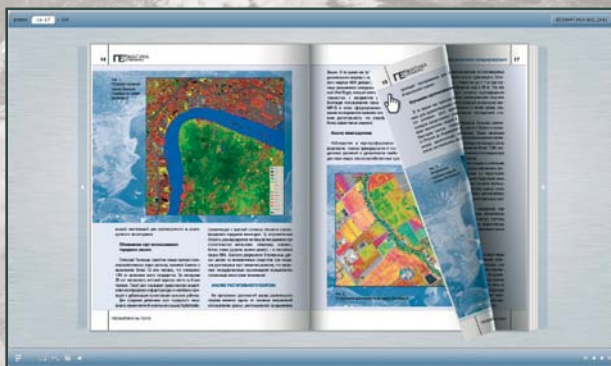


Рис. 2.  
Журнал «ГЕОМАТИКА» в электронном виде

## В КАТАЛОГЕ ПОИСКА КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ КОМПАНИИ «СОВЗОНД» ПОЯВИЛИСЬ НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ



На сайте [www.sovzond.ru](http://www.sovzond.ru) функционирует уникальный каталог для поиска космических снимков с 12 космических аппаратов высокого и сверхвысокого пространственного разрешения – [catalog.sovzond.ru](http://catalog.sovzond.ru) (рис. 1).

В настоящий момент доступен архив съемки со спутников «Ресурс-ДК1», «Монитор-Э», «Ресурс-Ф» (Россия), QuickBird, WorldView-1, WorldView-2, GeoEye-1, IKONOS (США), TerraSAR-X, RapidEye (Германия), ALOS (Япония), FORMOSAT-2 (Тайвань).

В каталоге пользователь может выбрать любую территорию одним из трех способов: указав название города, воспользовавшись инструментом для рисования или загрузив shp-файл. Основные критерии поиска снимков: название спутника, интервал времени съемки, допустимый процент облачности. Результат поиска данных отображается на экране, а также сопро-

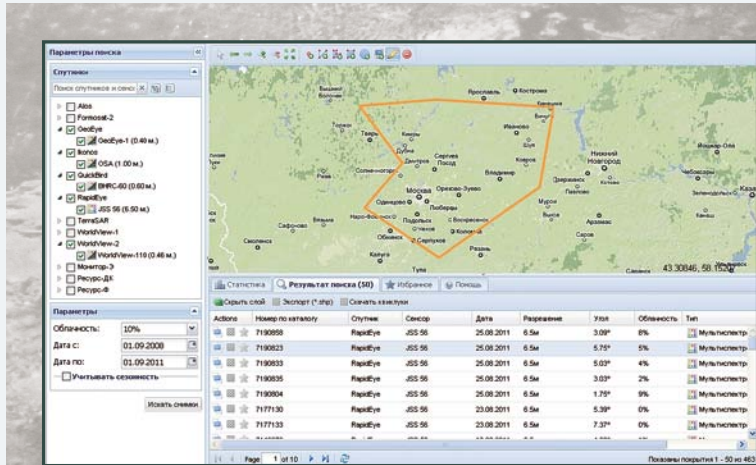


Рис. 1. Интерфейс каталога для поиска и заказа снимков

вождается таблицей с характеристиками имеющихся снимков.

Каталог постоянно совершенствуется. Пользователям предоставляются новые возможности.

С августа 2011 г. добавлено ежедневное обновление покрытий спутников QuickBird, WorldView-1, WorldView-2, GeoEye, Ikonos и RapidEye.

Кроме того, появилась возможность скачивания интересуемых покрытий в формате Esri (shapefile), а также геопривязанных загруженных изображений с файлами привязки для наиболее распространенных ГИС.

При поиске покрытий на интересующую территорию теперь можно вводить параметр сезонности.

## ОБЩЕЕ ПОКРЫТИЕ СЪЕМКАМИ ГРУППИРОВКОЙ СПУТНИКОВ RAPIDEYE ДОСТИГЛО 2 МЛРД КВ. КМ



29 августа 2011 г. исполнилась 3 года со дня запуска на орбиту немецкой группировки спутников RapidEye. С момента начала ее коммерческой эксплуатации отснято более 2 млрд кв. км. Все эти данные, в том числе самые свежие

снимки, доступны в архиве компании RapidEye AG.

«Это замечательный рубеж для нашей компании, – комментирует событие генеральный директор компании RapidEye Вольфганг Г. Бидерманн. – 2 млрд кв. км съем-

ки высокого разрешения – отличный результат. Для сравнения, общая площадь поверхности суши Земли – около 150 млн кв. км, это означает, что мы 13 раз отсняли всю сушу Земли, и этот показатель увеличивается с каждым днем».

В июне компания RapidEye также представила свой новый онлайн-сервис – EyeFind (<https://eyefind.rapideye.de>). С его помощью пользователи сети Интернет получают доступ к метаданным всего архива съемки RapidEye (включая самые новые, полученные за последние сутки). Выбрав подходящий снимок, Вы получите информацию о его стоимости и времени поставки.

Группировка из 5 спутников RapidEye способна обеспечивать ежедневное покрытие съемками площадь в 4 млн кв. км. Периодичность съемки одного и того же района Земли – 24 часа. Пространственное разрешение снимков – 6,5 м (после обработ-

ки – 5 м). Съемка земной поверхности ведется в пяти каналах. Уникальным для спутников высокого разрешения является канал «крайний красный», который оптимально подходит для наблюдения и анализа состояния растительного покрова (оценка содержания хлорофилла, протеина и азота). Данные со спутников группировки RapidEye особенно активно используются в сельском и лесном хозяйстве, других сферах.

Спутники RapidEye активно ведут съемку территории России. Общая площадь покрытия снимками (с облачностью, не превышающей 20%) только за первые 2,5 месяца съемочного сезона 2011 г.

составила 5 942 тыс. кв. км территории РФ (37,7%).

1 сентября 2011 г. активы компании RapidEye AG были приобретены канадской компанией RapidEye Canada Ltd., являющейся филиалом Iunctus Geomatics Corp. «RapidEye будет продолжать свою работу как независимая компания, используя новую сильную немецкую команду менеджеров для сохранения успешности бренда и партнерских отношений с клиентами, – отметил президент Iunctus Geomatics Р. Джонсон, – Iunctus будет продолжать инвестировать средства в RapidEye, уделяя особое внимание созданию клиентоориентированных предложений и дополнительных сервисов».



БЕСПРЕЦЕДЕНТНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ  
КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ



## Земля — на ладони

Группировка из **пяти одинаковых спутников RapidEye** ежедневно проводит съемку более 4 миллиона кв. км в 5-канальном мультиспектральном режиме с разрешением 5 м и имеет возможность в течение 24 часов повторно отснять интересующую территорию.

Благодаря высокой производительности, частоте повторной съемки, высокому разрешению и мультиспектральным характеристикам группировка RapidEye является уникальной. На сегодняшний день архив снимков компании составляет 1,5 миллиарда кв. км.

Многие районы Земли отсняты несколько раз в разные сезоны, что дает уникальную возможность отслеживать любые изменения на земной поверхности.

[rapideye.de](http://rapideye.de)



## СИМПОЗИУМ В ПАРИЖЕ ПРОДЕМОНСТРИРОВАЛ ВОЗМОЖНОСТИ КОММЕРЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПУТНИКОВ ДЗЗ



15–16 сентября 2011 г. в столице Франции Париже в рамках Международной космической бизнес-недели

прошел 3-й симпозиум, посвященный коммерческому сегменту отрасли дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Основная цель симпозиума — демонстрация возрастающих возможностей коммерческого использования данных ДЗЗ в различных сферах деятельности. Симпозиум был организован компанией Euroconsult, занимающейся консалтингом и аналитикой в космической отрасли. Начиная обсуждение по применению данных ДЗЗ в энергетике, С. Коулсон, руководитель производственного подразделения центра ДЗЗ (ESRIN) Европейского космического агентства (ESA), сказал, что ESA предлагает свои разработки для таких направлений, как исследование возобновляемых источников энергии, мониторинг побережий, морей, отслеживание негативного воздействия техногенной деятельности на окружающую среду, а именно на почву и воду, а также предоставляет информацию, необходимую для решения демографических проблем, в частности, для отслеживания динамики населения в рамках программы Global Reporting Initiative (GRI).

Далее С. Коулсон отметил, что ESA в течение последних 10 лет помогает национальным организациям, занимающимся охраной окружающей среды, городским планиро-

ванием, морской безопасностью, гуманитарными, и продовольственными проблемами, прогнозированием возникновения стихийных бедствий, предоставляя необходимую им информацию.

Представитель British Petroleum К. Грант рассказал об использовании данных ДЗЗ в нефтяной и газовой промышленности, ссылаясь при этом на практические примеры. Он отметил, что компания использует данные ДЗЗ уже в течение многих лет, в основном для геологических изысканий и экологических наблюдений при работах на шельфе. Однако не у всех нефтяных и газовых компаний есть специальные подразделения, занимающиеся обработкой и анализом данных ДЗЗ, — сказал он, — часто данные ДЗЗ используются только в качестве дополнительных. Не существует единой сферы использования данных ДЗЗ — это могут быть и инженерные изыскания, охрана окружающей среды, исследования географических особенностей ландшафтов, поиск полезных ископаемых, логистика, планирование, реагирование на чрезвычайные ситуации и др. К. Грант также отметил недостаток информации о том, какие сервисы и технологии уже существуют, и как применять их на практике.

Н. Севастьянов, главный конструктор ООО «Газпром Космические системы», предложил для обсуждения тему применения аэрокосмических методов мониторинга в нефтегазовой промышленности. Он сказал, что данные ДЗЗ используются для разведки и оценки месторожде-

ний полезных ископаемых, картографирования, определения границ производственных участков и мониторинга подземных коммуникаций, мониторинга чрезвычайных ситуаций и аварий. Для того чтобы достичь этого, компания «Газпром» использует спутники связи и ДЗЗ, включая радарные. На сегодняшний день, осуществляется мониторинг газопроводов и подвижек земной поверхности.

Начиная обсуждение вопросов охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов, Ф. Столл, представитель World Resources Institute, сообщил, что более чем в 50 странах необходимо организовать круглогодичную съемку Земли и провести инвентаризацию лесных ресурсов в рамках наблюдений за глобальным изменением климата.

Подчеркнув, что эта тема чрезвычайно перспективна для использования ДЗЗ, Ф. Столл сказал, что государственные инвестиции в лесное хозяйство в начале 2000-х гг. были очень малы, и никак не влияли на лесное биоразнообразие. Согласно Рамочной конвенцией ООН об изменении климата, странам нужна система MRV (measuring, reporting and verification) для обеспечения ежегодной систематической передачи достоверных, точных данных об исчезновении лесов с их картографированием. Необходимо долгосрочное планирование и функционирование, система должна стать частью политики. Параметры, которые необходимо отслеживать с помощью системы MRV, — это

вырубка лесов, их деградация, охрана лесов и правильное лесопользование. Он заявил, что в настоящее время существует недостаток в систематических данных ДЗЗ по вырубке лесов в тропических странах.

Ж. Десварт, ученый в области физиологии растений из Французского института исследования сельского хозяйства (ARVALIS), представил подробный доклад о системе использования данных ДЗЗ в сельскохозяйственном производстве – FARMSTAR, разработанной совместно с компанией Astrium для мониторинга сельскохозяйственных культур и оказания помощи фермерам. Система уже применяется в северных районах Франции. FARMSTAR предупреждает фермеров о негативных природных явлениях, позволяет экономить время, учитывать различные природные и сезонные изменения, а также оперативно предоставляет фермерам разнообразную, точную информацию совместимую с бортовыми GPS-навигаторами, установленными на сельскохозяйственной технике, что способствует внедрению технологий точного земледелия.

Определяя необходимые требования к космическим снимкам при использовании их для точной навигации, Э. Клосс, представитель компании Tom Tom сказал, что снимки должны быть высокого разрешения, с точной геопривязкой, в виде бесшовной

мозаики, актуальные, безоблачные и с четкой цветопередачей. Однако он отметил, что бизнес-модели должны гарантировать необходимый уровень сервиса, основанный на адекватных ценах, что в свою очередь будет способствовать расширению этой сферы в будущем.

В симпозиуме активное участие приняли представители компаний-операторов спутников ДЗЗ. Открывая обсуждение М. О'Коннелл, президент и исполнительный директор GeoEye, заявил, что сейчас данные ДЗЗ и космический мониторинг больше чем когда-либо ранее используются для принятия решений и в этом мы видим их ценность для пользователей. Легкость доступа к данным посредством Интернета также очень важна для пользователей, – подчеркнул он, и добавил, – что сейчас важная задача заключается в разработке технологий сжатия больших объемов информации для её более эффективной передачи.

Р. Хан, старший вице-президент DigitalGlobe, сказал, что взаимодействие операторов спутниковых систем позволяет поднять отрасль на новый уровень. Заказчики хотят получить наилучший результат от использования данных, им нужна также аналитическая информация. Он добавил, что рынок данных ДЗЗ переходит от поставок снимков к поставкам информации, полученной путем анализа этих снимков. Среда, которую мы создаем вместе с партнерами, способна

обеспечивать заказчиков высокоценной информацией, – добавил он.

Д. Харгривз, вице-президент и генеральный директор MDA Corporation, заявил, что сегодня главная задача для бизнеса MDA – это создание вертикальной интеграции в своем спутниковом сегменте. Он сказал, что универсальные спутниковые платформы – это то, к чему надо стремиться.

М. Маранези, исполнительный директор e-GEOS, отметил, что всепогодные радарные спутники увеличили во много раз возможности его компании по поставкам данных. Затем он рассказал о новой технологии, разработанной e-GEOS, которая интегрирует оптические и радарные данные. Однако эта технология еще требует доработки и тестирования, перед тем как ее можно будет предоставить заказчикам.

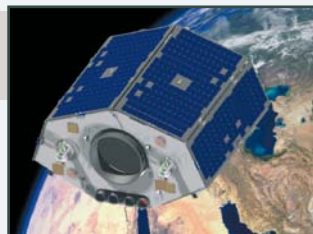
М. Кришке, исполнительный директор RapidEye, сказал, что группировка из 5 спутников RapidEye покрывает съемками очень большие территории за короткий промежуток времени. Спутники отслеживают изменения окружающей среды для решения экологических задач. Успех RapidEye заключается в налаживании партнерских отношений и создании каналов поставок данных, – добавил он.

После выступлений представителей ведущих спутниковых операторов, была открыта интересная дискуссия о тенденциях и направлениях развития рынка данных ДЗЗ.

## ГРУППИРОВКА ДМС ПОПОЛНИЛАСЬ НОВЫМИ СПУТНИКАМИ

17 августа 2011 г. с пусковой базы «Ясный» в Оренбургской области украинско-российская ракета-носитель «Днепр» вывела

на орбиту семь спутников, среди которых два нигерийских мини-спутника дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) Nigeriasat-2 и



Nigeriasat-X. Спутники пополнили международную группировку Disaster Monitoring Constellation (DMC).

Группировка Disaster Monitoring Constellation (DMC) включает в себя ряд мини-спутников дистанционного зондирования Земли, разрабатываемых компанией Surrey Satellite Technology Ltd (SSTL; Великобритания) (см.

табл.). Оператором спутников является компания DMC International Imaging (Великобритания), работающая в интересах правительства Алжира, Великобритании, Китая, Нигерии и Турции. Создание группировки DMC началось в 2001 г., когда правительства Алжира и Великобритании согласились профинансировать строительство

двух спутников. Первым в 2002 г. был запущен спутник Alsat-1.

Группировка DMC обеспечивает наблюдение за районами стихийных бедствий в рамках Международной хартии «Космос и крупные катастрофы». Спутники ведут также съемки в интересах своих государств для решения задач сельского, лесного хозяйства и др.

Таблица

**Состав группировки Disaster Monitoring Constellation (DMC)**

Название спутника	Страна	Год запуска	Масса, кг	Пространственное разрешение, м		Ширина полосы съемки, км
				Панхроматический режим	Мультиспектральный режим	
Alsat-1	Алжир	2002	90	—	32	600
Beijing-1	Китай	2005	166	4	32	600
Bilsat-1*	Турция	2003	130	12	26	24,52
Deimos-1	Испания	2009	...	—	22	660
Nigeriasat-1	Нигерия	2003	100	—	32	600
Nigeriasat-2	Нигерия	2011	300	2,5	5,32	20,320
Nigeriasat-X	Нигерия	2011	100	—	22	600
UK-DMC	Великобритания	2003	100	—	32	600
UK-DMC-2	Великобритания	2009	120	—	22	660

\*выведен из эксплуатации в 2006 г.

**TERRAVIEW.RU — НОВЫЙ ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ  
ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ДЗЗ**



В августе 2011 г. начал работу интернет-портал профессиональной сети специалистов ДЗЗ — Terraview.ru. Ресурс намерен сформировать сообщество специалистов различных направлений деятельности вокруг общей для них тематики дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Идея формирования такого сообщества возникла не случайно. По мнению организаторов портала, именно сейчас нужно объединять усилия молодых специалистов, опыт старших поко-

лений, связи руководства предприятий и интерес инвесторов, заказчиков и потребителей для формирования инновационных идей, реализации их в масштабных проектах, позволяющих не утратить накопленный научный потенциал за 50-летнюю историю развития космической индустрии в нашей стране.

Функциональные и технические возможности портала рассчитаны на активную деятельность пользователей, и именно от их активности зависит как инфор-

мационное наполнение портала, так и в целом его эффективная работа. Зарегистрированные пользователи имеют возможность публиковать статьи, вести персональные профессиональные или личные блоги, организовывать группы по интересам, информировать и приглашать коллег на какие-либо мероприятия и многое другое. Поскольку портал Terraview.ru несет и образовательную цель, то его посетители имеют возможность ознакомиться с новостями и другими материалами.

# Росреестр собирается обеспечить кадастр высокоточными космическими снимками

На Федеральную службу государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр) возложены функции по организации единой системы государственного кадастра и инфраструктуры пространственных данных Российской Федерации. Мы попросили высказать свои взгляды на перспективы развития этих направлений, а также геоинформационной отрасли в целом заместителя руководителя Росреестра **Сергея Алексеевича Сапельникова**.



## С.А. Сапельников. Блиц-портрет

**ГОД И МЕСТО РОЖДЕНИЯ:** 1972 г., город Иваново

**СЕМЕЙНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ:** женат

**ДЕТИ:** две дочери

**ОБРАЗОВАНИЕ:** высшее техническое и экономическое

**УВЛЕЧЕНИЯ:** конный спорт, футбол, сноуборд

**КУЛИНАРНЫЕ ПРИСТРАСТИЯ:** люблю морепродукты

**Редакция:** Добрый день, Сергей Алексеевич. Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии — орган государственной власти, оказывающий огромное влияние на развитие геоинформационной отрасли в России. Было бы интересно из первых рук узнать о важнейших задачах и перспективных планах Росреестра в этом направлении.

**С. Сапельников:** С государственной точки зрения все наши стратегические планы описаны в концептуальных документах — Концепции развития

отрасли геодезии и картографии, Концепции развития Российской инфраструктуры пространственных данных (РИПД), Концепции создания ЕФИСН. Эти документы публично доступны и неоднократно обсуждались в профессиональном сообществе. Хотя ситуация меняется быстрее, чем реализуются ранее принятые решения. Таков сегодняшний мир. Если говорить совсем на верхнем уровне абстракции, то наиболее важными являются задачи качественного картографического и геодезического обеспечения, переход к созданию сервисной инфраструктуры для потребления создаваемого контента и интеграцион-



ные процессы со смежными органами власти и бизнесом. Практически вы все знаете, что мы обновляем картографическую основу, переводим ее в цифровую форму, в ближайшее время опубликуем полученный результат, собираемся обеспечить кадастр высокоточными космическими снимками и максимально перевести все на электронное и «камеральное» общение, хотя соглашусь, что без полевых наземных работ еще долго не обойтись.

**Р.: Безусловно, особый интерес вызывает совершенствование системы государственного кадастрового учета. Заслуженное признание получил кадастровый геопортал Росреестра. Не могли бы Вы подробнее рассказать о его дальнейшем развитии, новых возможностях? В чем преимущество кадастровых карт перед другими источниками?**

**С.С.:** Сейчас работа идет по трем основным направлениям: завершаем создание карты на оставшиеся 17 регионов, повышаем оперативность обновления карт и качество картосновы. Кроме того, по мере снятия ограничений, нам очень хочется сделать карту реальным интерактивным инструментом взаимодействия с кадастровыми инженерами, муниципалитетами и другими профессиональными потребителями. Вы знаете, что с 2012 г. мы начинаем вести кадастровый учет объектов капитального строительства (ОКС), пока в 29 регионах РФ. Некоторые данные об ОКС уже сейчас можно увидеть на Публичной кадастровой карте (ПКК), например по Кемеровской области, а в 2012 г. они будут опубликованы и по другим регионам. По мере развития смежных проектов – Федерального информационного ресурса, Мониторинга рынка недвижимости – на карте будут появляться дополнительные слои – уровень цен на землю, объекты капитального строительства на основе данных из реестра прав, категории собственников (государство, бизнес, частные лица) и т.п. Уже стало обыденным использование ПКК в виде веб-сервисов различными организациями. Так, МЧС использует предоставляемые нами геосервисы для мониторинга пожаров, Фонд

содействия жилищной реформе – для вовлечения федеральных земель в оборот, есть множество удачных проектов в корпоративном секторе.

**Р.: Несколько вопросов, связанных с картографией. Как Вы можете оценить развитие цифровой картографии в России? Как обстоят дела с внедрением новых технологий? Производителям крупномасштабных карт для широкого круга пользователей мешает избыточная секретность. Есть ли в этом направлении какие-нибудь подвижки?**

**С.С.:** Мое личное мнение – с одной стороны, мы очень сильно отстали по всем позициям. Это и качество, и актуальность данных, и культура потребления, и технологии. Но с другой стороны, у нас есть уникальный исторический шанс быстро наверстать упущенное, пропустив целую эпоху «деSKTOPного» потребления, сразу начав строить РИПД. Секретность постепенно снимается под натиском здравого смысла и технологий, приходящих с Запада, прежде всего в сфере космической отрасли, но секретность по-прежнему делает невозможным самые удобные методы пользования. Например, нельзя разместить все данные в «облако» на amazon.com, необходимо будет воссоздавать эту же инфраструктуру в РФ за государственный счет. Технологии постепенно проникают во все сферы жизни, подталкиваемые бурным развитием навигации GPS, ГЛОНАСС и социальных сервисов в сети Интернет. Идет такая ползучая бескровная революция. Это неизбежно, и государственные органы следуют за общими трендами.

**Р.: Активное развитие навигационных систем и внедрение в повседневную жизнь навигаторов требуют создания большого количества качественных навигационных карт. Известно, что Росреестр уделяет этому вопросу большое внимание. Расскажите, пожалуйста, как продвигаются дела в этом направлении. Как решаются вопросы стандартизации и другие проблемы?**

**С.С.:** Эта сфера деятельности находится в компетенции других ответственных лиц Росреестра, но моя личная позиция всегда заключалась в том, что если результат твоей деятельности недоступен обществу, то нет смысла этим заниматься. Как известно, до Нового года все созданные навигационные карты должны быть опубликованы в сети Интернет, тогда можно будет судить о качественных характеристиках результата. Очевидно, что работа проделана огромная, но крайне сложно контролировать результат на такой значительной территории: без привлечения общественности и использования краудсорсинга в таких процессах не обойтись.

**Р.:** Наш журнал особое внимание уделяет дистанционному зондированию Земли (ДЗЗ) из космоса. Несколько вопросов по космической тематике. Нам известно, что в планах Росреестра — активное использование высокодетальных космических снимков для целей кадастрового учета. Какие снимки предполагается использовать? Сколько времени может занять покрытие территории России этими данными? Как будут решаться вопросы секретности данных дистанционного зондирования Земли сверхвысокого разрешения? С какой периодичностью Вы планируете обновлять космические снимки в геопортале Росреестра?

**С.С.:** Да, конкурс уже объявлен. Пока речь идет только о закупке снимков с разрешением до 0,5 м и создании на их базе и имеющихся ортофотоматериалах бесшовного покрытия для всей территории РФ. По времени это год-полтора, но публиковать будем по мере производства работ уже с первого квартала 2012 г., если, конечно, конкурс будет проведен успешно. Вопросы секретности в публикуемых снимках нет, как и сверхвысокого разрешения. По этому поводу уже была изложена позиция ответственных ведомств. Такого качества снимки, к сожалению, могут поставить только западные производители, поэтому они вряд ли могут быть секретными от них же. Многие из них уже можно найти в Сети.

Периодичность обновления установлена приказом Минэкономразвития — 3 года, конечно, при этом необходимо будет иметь соответствующий бюджет.

**Р.:** В последние годы космические снимки в больших объемах приобретаются для таких интернет-сервисов, как Google Earth, Microsoft Bing, «Яндекс Карты». Так, 13 сентября 2011 г. представитель «Яндекса» О. Манджиков в интервью газете «Ведомости» сообщил о планах компании закупить снимки сверхвысокого разрешения общей площадью 10 млн кв. км. Собирается ли Росреестр пользоваться бесплатными мозаиками космических снимков, доступными в российских и зарубежных онлайн-сервисах? Или все-таки для решения задач, связанных с кадастром и крупномасштабным картографированием, необходимы специально подготовленные, ортотрансформированные данные? Если да, то какие цифровые модели рельефа и опорные точки будут использоваться для ортотрансформирования? На какую точность ортофотопланов Вы планируете выйти после обработки? Нашим читателям, среди которых много специалистов по обработке данных ДЗЗ, было бы интересно узнать об этом подробнее.

**С.С.:** Наша цель — выйти на масштабы 1:5000 по населенным пунктам. Мы считаем, этого достаточно для 80% всех целей ведения кадастра, границ зон и административных образований. Все условно бесплатные, а тем более бесплатные мозаики мы готовы использовать в качестве временного замещения в тех местах, где еще нет снимков более высокого качества. Пока нет единой несекретной государственной системы координат, приходится делать пересчет из местных систем координат в мировую и обратно. Это перепроецирование затратно и вносит некоторые искажения, но пока иного выхода мы не видим. Поэтому не всегда вроде бы бесплатная картографическая основа может использоваться напрямую нами или, наоборот, наш кадастровый слой может быть

нанесен на бесплатную основу. Но, я уверен, это все временные технологические и организационные сложности, которые будут преодолены.

**Р.:** Среди наших читателей есть также представители центров информационных технологий и космических услуг, разработчики геопорталов многих региональных органов власти Российской Федерации. Им будет интересно узнать, смогут ли они пользоваться закупленными Росреестром данными и в каком объеме.

**С.С.:** Все органы власти смогут пользоваться бесплатными сервисами ПКК, в которые входит и картографическая основа, и кадастровый слой. Векторные изображения будут использоваться только сотрудниками кадастровых палат и Росреестра для привязки, уточнения границ, проведения процедур пространственного анализа при кадастровом учете. Таковы лицензионные ограничения. Остальным категориям пользователей снимки будут доступны для просмотра в виде ПКК на геопортале Росреестра.

**Р.:** В настоящее время на орбите находится множество космических аппаратов ДЗЗ, есть среди них и несколько российских спутников. Рынок космических снимков пестрит разнообразием. Данным с каких российских и зарубежных спутников отдает предпочтение Росреестр? По каким критериям выбираются спутники?

**С.С.:** Предпочтений нет, есть объективные технологические требования при ведении и публикации данных из государственного кадастра недвижимости. Поэтому любые мультиспектральные данные, пригодные для создания планов масштаба 1:5000, могут быть поставлены в соответствии с условиями конкурса.

**Р.:** Каково Ваше отношение к ситуации, что согласно новым поправкам в закон «О космической деятельности» Роскосмос будет объе-

динять в своем лице функции оператора, заказчика и поставщика данных ДЗЗ?

**С.С.:** Во-первых, это пока только проект. Возможно, на этапе обсуждения что-то изменится. С точки зрения экономической теории любое подобное объединение ведет к монополизации и как результат – экономической неэффективности и задержкам в развитии. В эпоху глобализации такие конструкции отбрасывают страну далеко назад. Надеюсь, что здравый смысл пересилит лоббизм отдельного ведомства, пусть и самого продвинутого.

**Р.:** У Роскосмоса большие планы по развитию отечественной отрасли ДЗЗ: до 20 спутников к 2020 г. Планируется развернуть целые спутниковые системы. Интересно узнать Ваше мнение о существующей программе. В полной ли мере все эти спутники обеспечат решение задач, стоящих перед Росреестром, в том числе и в области кадастра и картографии? Будут ли данные с этих спутников конкурентоспособны на мировых рынках? Какие спутники нужны Росреестру?

**С.С.:** Сложно сказать, не зная многих технологических деталей. Насколько мне известно, в этой области идет жесткая конкуренция даже на Западе. Конкуренция не только за то, чтобы продать результат, но и за то, чтобы получить необходимые узлы и детали самих спутников. Например, оптические линзы для объективов камер полируются до трех лет, и все заказы на ближайшие пять лет уже размещены. Где будут взяты аналоги или сможет ли наша промышленность вырастить такую экспертизу – для меня большой вопрос. А в целом для такой страны, как наша, конечно же, необходимо иметь собственную космическую программу и конкурентный продукт. Это вопрос и национальной безопасности в том числе. Росреестру же нужны спутники, по характеристикам не уступающие имеющимся в распоряжении ведущих компаний DigitalGlobe, GeoEye.

**Р.:** Большое спасибо, Сергей Алексеевич, за интервью.

**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.

## Европейская программа GMES и перспективная группировка спутников ДЗЗ Sentinel

### ВВЕДЕНИЕ

Мониторинг окружающей среды имеет важнейшее значение в современном мире для обеспечения безопасного и комфортного проживания людей. Он позволяет понять, как меняется наша планета и ее климат, какую роль в этих изменениях играют антропогенные и техногенные факторы.

В 1998 г. для обеспечения всеобъемлющего мониторинга окружающей среды руководящими органами Европейского Союза было принято решение о развертывании программы GMES (Global Monitoring for Environment and Security), которая должна осуществляться под эгидой Еврокомиссии в партнерстве с Европейским космическим агентством (European Space Agency, ESA) и Европейским агентством по окружающей среде (European Environment Agency, EEA). Являясь на сегодняшний день наиболее масштабной программой наблюдения Земли, GMES обеспечит государственные органы и других пользователей высокоточной, современной и доступной информацией для улучшения контроля изменений окружающей среды, понимания причин изменения климата, обеспечения безопасности жизни людей и решения других задач.

Ввод в действие программы GMES будет осуществляться в три этапа:

- 2008–2010 гг.: начало работы предварительных (пилотных) сервисов GMES.
- 2011–2013 гг.: начало функционирования большинства сервисов GMES.
- С 2014 г.: работа в полном объеме всех сервисов GMES.

На практике GMES будет состоять из сложного комплекса систем наблюдения: спутников дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), наземных станций, морских судов, атмосферных зондов и т.д.

### КОСМИЧЕСКИЙ КОМПОНЕНТ GMES

Европейское агентство по окружающей среде (EEA) опирается на данные, полученные от множества источников наблюдений на суше, море или в атмосфере. Эти данные поступают от европейских и неевропейских организаций. GMES обеспечит единую систему, которая позволит свести это многообразие информации с данными, получаемыми с космических аппаратов, обеспечив целый ряд тематических информационных сервисов, призванных помочь в решении задач улучшения окружающей среды и условий жизни, гуманитарных проблем, а также поддержать принятие политических решений в интересах более устойчивого развития общества.

Будущий успех GMES базируется на хорошо продуманном космическом компоненте, которому мы и уделим основное внимание в этом обзоре.

GMES будет опираться на два типа систем ДЗЗ: спутники Sentinel, специально предназначенные для программы GMES (их оператором будет ESA), и национальные (или международные) спутниковые системы ДЗЗ, включенные в так называемые **миссии содействия GMES** (GMES Contributing Missions; GCMS). В космический компонент GMES войдет единый наземный сегмент, посред-





Рис. 1.  
Спутник Sentinel-1

ством которого будет обеспечиваться свободный доступ к сервисам GMES.

Название спутников Sentinel символично – его можно перевести с английского языка как «Страж», что как нельзя лучше раскрывает суть этой системы, специально предназначенной для обеспечения программы безопасного и комфортного проживания людей. Запуск спутников Sentinel начнется с 2013 г. Они будут вести съемки с использованием различных технологий, например с помощью радаров и оптико-электронных мультиспектральных сенсоров.

Для реализации программы GMES под общим руководством ESA ведется разработка пяти типов спутников ДЗЗ Sentinel, каждый из которых будет осуществлять определенную миссию, связанную с мониторингом Земли.

Каждая миссия Sentinel будет включать в себя группировку из двух спутников для обеспечения наилучшего охвата территории и ускорения повторных съемок, что послужит повышению надежности получения и полноте данных для GMES.

### Sentinel-1

Миссия Sentinel-1 будет представлять собой группировку из двух радарных спутников (рис. 1) на полярной орбите, оснащенных радаром с синтезированной апертурой (SAR) для съемок в С-диапазоне.

Съемки радарных спутников Sentinel-1 не будут зависеть от погоды и времени суток. Первый спутник миссии планируется запустить в 2013 г., а второй – в 2016 г. Предназначенная специально для программы GMES, миссия Sentinel-1 продолжит радарные съемки С-диапазона, начатые и продолжаемые спутниковыми системами ERS-1, ERS-2, Envisat (оператор – ESA) и RADARSAT-1,2 (оператор – компания MDA, Канада).

Радар SAR будет работать в двух основных режимах: Interferometric Wide Swath и Wave. Первый имеет ширину полосы охвата 250 км и пространственное разрешение 5х20 м. Эти два режима удовлетворяют большинство требований, предусмотренных сервисами GMES. Два других режима (Stripmap, Extra Wide Swath) являются дополнительными.

Таблица 1

### Основные характеристики спутника Sentinel-1

Даты запуска спутников (планируемые): 2013 г. (Sentinel-1A), 2016 г. (Sentinel-1B)		
Стартовая площадка: космодром Куру (Франция)		
Средство выведения: РН «Союз» (Россия)		
Разработчики: Thales Alenia Space Italy (Италия), EADS Astrium GmbH (Германия), Astrium UK (Великобритания)		
Оператор: Европейское космическое агентство		
Масса, кг	2280	
Орбита	Тип	Полярная солнечно-синхронная
	Высота, км	693
Расчетный срок функционирования, лет	7	

Таблица 2

### Основные технические характеристики съемочной аппаратуры Sentinel-1

Спектральный диапазон	С-диапазон		
Периодичность съемки, сутки	1-3		
Режим	Номинальное пространственное разрешение, м	Ширина полосы съемки, км	Поляризация
Interferometric Wide Swath	5x20	250	Двойная (по выбору – HH/HV или W/VH)
Extra Wide Swath	20x40	400	
Stripmap	5x5	80	
Wave	20x5	20x20	Одинарная (по выбору – W или HH)

Группировка Sentinel-1, как ожидается, будет обеспечивать съемками всю территорию Европы, Канады, а также основные морские судходные пути каждые 1–3 дня, независимо от погодных условий. Радарные данные будут поставляться в течение часа после проведения съемки – это большой шаг вперед по сравнению с существующими радарными спутниковыми системами.

Миссия будет обеспечивать многие сервисы GMES, например мониторинг покрытых льдом арктических морей, картографирование ледовых полей, мониторинг нефтяных разливов и обнаружение кораблей с целью обеспечения безопасности, мониторинг подвижек земной поверхности, картографирование лесов, внутренних вод и почв, поддержка гуманитарных операций и управления кризисными ситуациями.

Миссия Sentinel-1 с акцентом на надежность, стабильность работы, глобальное покрытие съемками, обеспечение быстрой поставки данных, как ожидается, будет способствовать развитию новых технологий для удовлетворения возрастающих потребностей программы GMES.

Работа над созданием спутников Sentinel-1 в настоящее время осуществляется консорциумом во главе с компанией Thales Alenia Space Italy в качестве генерального подрядчика, Astrium Germany (радар C-SAR), Astrium UK (электронное оборудование).

В табл. 1,2 приведены основные характеристики спутников Sentinel-1.

### Sentinel-2

Пара спутников Sentinel-2 (рис. 2) будет регулярно поставлять космические снимки высокого разрешения на всю Землю, обеспечивая непрерывность получения данных с аналогичными характеристиками, как в программах SPOT и Landsat.

Sentinel-2 будет оснащен оптико-электронным мульти-спектральным сенсором для съемок с разрешением от 10 до 60 м в видимой, ближней инфракрасной (VNIR) и коротковолновой инфракрасной (SWIR) зонах спектра, включающих в себя 13 спектральных каналов, что гарантирует отображение различий в состоянии растительно-

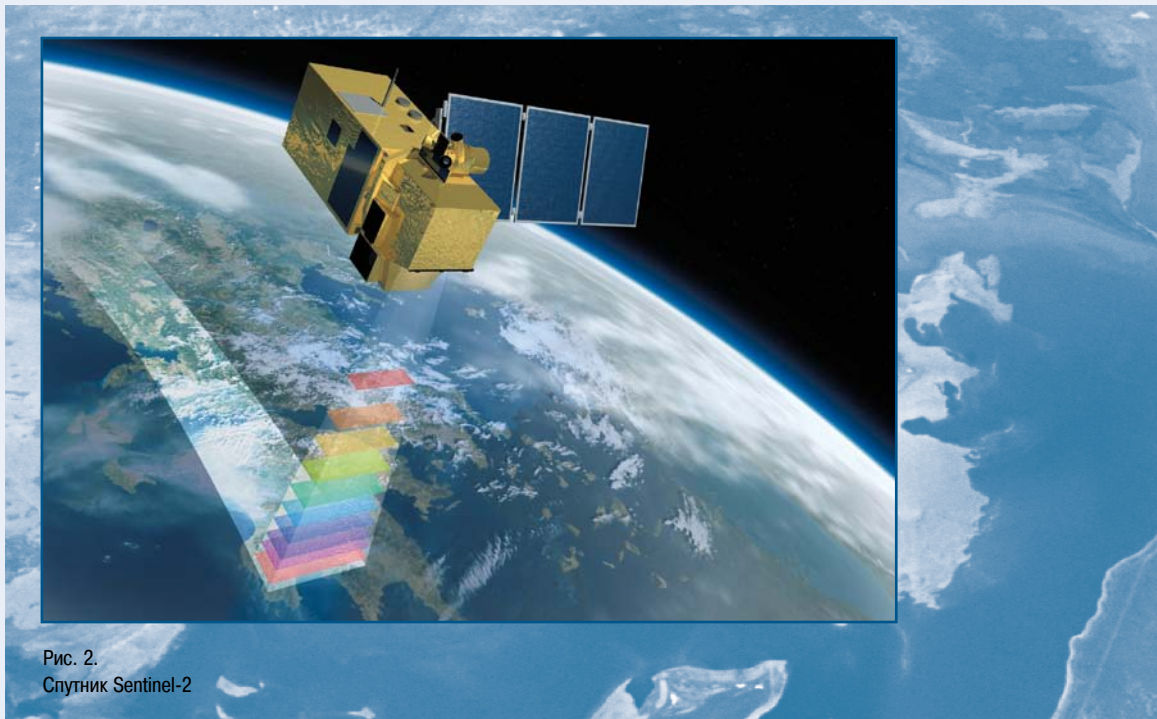


Рис. 2.  
Спутник Sentinel-2

сти, в том числе и временные изменения, а также сводит к минимуму влияние на качество съемки атмосферы.

Орбита высотой в среднем 785 км, наличие в миссии двух спутников позволит проводить повторные съемки каждые 5 дней на экваторе и каждые 2–3 дня в средних широтах. Первый спутник планируется запустить в 2013 г.

Увеличение ширины полосы обзора наряду с высокой повторяемостью съемок позволит отслеживать быстро

изменяющиеся процессы, например изменение характера растительности в течение вегетационного периода.

Данные Sentinel-2 будут обеспечивать сервисы GMES, связанные, например, с управлением земельными ресурсами, сельскохозяйственным производством и лесным хозяйством, а также мониторингом стихийных бедствий и гуманитарных операций.

Уникальность миссии Sentinel-2 связана с сочетанием большого территориального охвата, частых повторных

Таблица 3

### Основные характеристики спутника Sentinel-2

Даты запуска спутников (планируемые): 2013 г. (Sentinel-2A), 2015 г. (Sentinel-2B)		
Стартовая площадка: космодром Куру (Франция)		
Средство выведения: РН «Рокот» (Россия)		
Разработчик: EADS Astrium Satellites (Франция)		
Оператор: Европейское космическое агентство		
Масса, кг	1100	
Орбита	Тип	Солнечно-синхронная
	Высота, км	785
Расчетный срок функционирования, лет		7

Таблица 4

## Основные технические характеристики съемочной аппаратуры Sentinel-2

Режим съемки	VNIR									SWIR			
	1	2	3	4	5	6	7	8	8a	9	10	11	12
Спектральные каналы													
Спектральный диапазон, мкм	0,44	0,49	0,56	0,66	0,70	0,74	0,78	0,84	0,86	0,94	1,38	1,61	2,19
Пространственное разрешение (в надире), м	60	10	10	10	20	20	20	10	20	60	60	20	20
Ширина полосы съемки, км	290												
Периодичность съемки, сутки	От 5 (на экваторе) до 2–3 (в средних широтах)												

съемок и, как следствие, систематическим получением полного покрытия всей Земли мультиспектральной съемкой высокого разрешения.

В табл. 3,4 приведены основные характеристики спутников Sentinel-2.

### Sentinel-3

Основной целью миссии Sentinel-3 является наблюдение за топографией поверхности океана, температурой поверхности моря и суши, цветом океана и суши с высокой степенью точности и надежности для поддержки систем прогнозирования состояния океана, а также для мониторинга окружающей среды и климата.

Sentinel-3 (рис. 3) – наследник хорошо себя зарекомендовавших спутников ERS-2 и Envisat. Его инновационное оборудование включает в себя:

- **SLSTR** (*Sea and Land Surface Temperature Radiometer*) – аналог радиометра AATSR (*Advanced Along Track Scanning Radiometer*), которым оснащен спутник Envisat. Он измеряет температуры с точностью не хуже 0,3 К и имеет улучшенные характеристики по сравнению с AATSR, в том числе и по учету атмосферной коррекции. SLSTR будет проводить измерения в 9 спектральных каналах и 2 дополнительных каналах, оптимизированных для мониторинга пожаров. Пространственное разрешение в видимой и инфракрасной коротковолновой зоне спектра – 500 м, а в тепловых инфракрасных каналах – 1 км.
- **OLCI** (*Ocean and Land Colour Instrument*) – аналог спектрометра MERIS (*Medium Resolution Imaging Spectrometer*), которым оснащен спутник Envisat. Число спектральных каналов в OLCI увеличено с 15 до 21, конструкция прибора оптимизирована для

минимизации влияния солнечных лучей, пространственное разрешение – 300 м. OLCI – новое поколение инструментов для измерения параметров океанов и суши. Полосы охвата OLCI и SLSTR (в надире) полностью перекрываются.

- Двухчастотный (Ku- и С-диапазон) радар SRAL (*Synthetic Aperture Radar Altimeter*) базируется на разработках для спутниковой системы CryoSat и обеспечит измерения с разрешением ~ 300 м в режиме SAR вдоль маршрута. Он будет поставлять точные данные о топографии поверхности океана, которые имеют существенное значение для океанографических задач и мониторинга климата. SRAL также будет осуществлять точные измерения топографии морского льда, ледовых щитов и т. д.

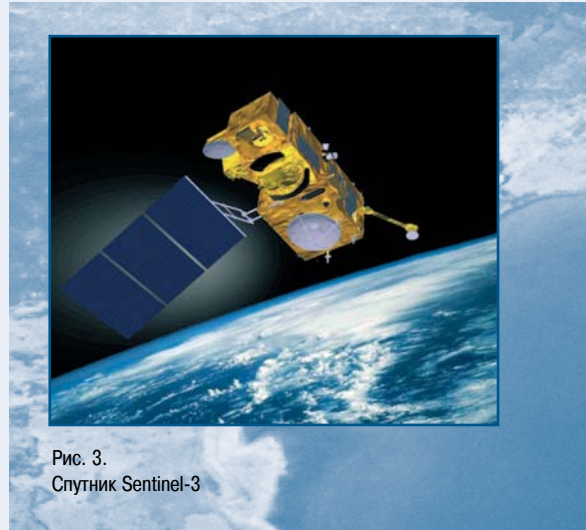


Рис. 3.  
Спутник Sentinel-3



Пара спутников Sentinel-3 будет иметь высокую повторяемость съемок: менее двух дней для OLCI и менее одного дня для SLSTR на экваторе. Орбиты спутников (815 км) обеспечат получение полного пакета топографических данных каждые 27 дней.

Запуск первого спутника миссии Sentinel-3 запланирован на 2013 г., сразу же после Sentinel-2, что обеспечит выполнение предусмотренных программой GMES соответствующих сервисов. Спутник Sentinel-3B планируется запустить в 2018 г.

Данные, получаемые практически в реальном режиме времени, будут использоваться для прогнозирования океанических процессов, картографирования морских льдов. Спутники обеспечат информацией службы, наблюдающие за экологическим состоянием морей и нуждающиеся в точных и оперативных данных о состоянии поверхности океанов, в том числе о температуре воды, океанических экосистемах, качестве воды и мониторинге загрязнения окружающей среды. Сервисы GMES, связанные с наблюдением за земной поверхностью, также будут получать полезную информацию со спутников Sentinel-3, связанную с мониторингом изменений земной поверхности, лесного покрова, качества почвы, выявлением природных пожаров.

### Sentinel-4 и Sentinel-5

Миссии Sentinel-4 и Sentinel-5 предназначены для обеспечения данными о составе атмосферы соответствующих сервисов GMES. Обе миссии будут реализовываться на платформе метеорологических спутников, оператором которых является Европейская организация спутниковой метеорологии EUMETSAT.

Установленное на геостационарном спутнике MTG (Meteosat Third Generation) -Sounder (MTG-S) оборудование миссии Sentinel-4 будет состоять из спектрометра UVN (Ultraviolet Visible Near-infrared) и теплового сенсора IRS (InfraRed Sounder). После его запуска и вывода на орбиту миссия Sentinel-4 будет также оперировать данными с сенсора FCI (Flexible Combined Imager), установленного на спутнике MTG-Imager (MTG-I).

Первый спутник MTG-S планируется запустить в 2019 г., а первый спутник MTG-I в 2017 г.

Оборудование миссии Sentinel-5 будет состоять из спектрометра UVNS (Ultraviolet Visible Near-infrared Shortwave), теплового сенсора Eumetsat IRS, камер VII (Visible Infrared Imager) и 3MI (Multi-viewing Multi-channel Multi-polarization Imager). Этим оборудованием будет

оснащен спутник MetOp Second Generation, который будет находиться на полярной орбите.

Первый спутник MetOp Second Generation предполагается запустить в 2020 г.

Чтобы избежать перерывов в поставке данных по наблюдению за атмосферой и по окончании программы Envisat и до начала миссии Sentinel-5 планируется запуск спутника-предвестника в 2014 г. — это совместная инициатива ESA и Нидерландов. Спутник будет оснащен спектрометром UVNS (TROPOMI).

Сервисы, поддерживаемые миссиями Sentinel-4 и Sentinel-5, будут включать мониторинг качества воздуха, стратосферного озона и солнечной радиации, а также изменений климата.

### Наземный сегмент космического компонента GMES

Наземный сегмент GMES обеспечит доступ к данным Sentinel. Он также будет взаимодействовать с миссиями содействия для координации потока данных.

Наземный сегмент будет включать в себя центр оперативного управления спутниками Sentinel и средства для обработки данных и создания производных продуктов для программы GMES. Специальный документ (Data Access Portfolio) определяет все наборы данных и продуктов, а также условия доступа к ним, такие, как порядок, уровень обработки, время поставки, лицензирование, в соответствии с которыми эти данные доступны для использования.

Для доступа к данным космического компонента GMES создан специальный веб-сайт.

### МИССИИ СОДЕЙСТВИЯ GMES

Как уже упоминалось выше, GMES будет опираться не только на спутники Sentinel, но и на спутниковые системы D33, включенные в миссии содействия GMES.

До момента запуска спутников Sentinel миссии содействия играют решающую роль в обеспечении сервисов программы GMES данными D33. Однако даже тогда, когда спутники Sentinel начнут функционировать, миссии содействия будут по-прежнему необходимы для обеспечения всеобъемлющей полноты данных.

В настоящее время имеется около 30 функционирующих или планируемых к запуску спутников и спутниковых систем, составляющих миссии содействия GMES. К ним относятся космические аппараты, принадлежащие непо-

средственно ESA, государствам-членам ESA, другим странам, метеоспутники EUMETSAT и др. Представим краткий обзор спутников, данные с которых используются сервисами GMES.

### Оптические спутники

Оптико-электронные системы способны распознавать пассивное отраженное излучение земной поверхности в видимом, ближнем инфракрасном диапазонах. В таких системах излучение попадает на соответствующие датчики, генерирующие электрические сигналы в зависимости от интенсивности излучения. Для получения изображения необходимо объединить большое количество одноэлементных датчиков или сканировать цель одним датчиком. Устройство такого типа называется прибором с зарядовой связью (ПЗС).

Оптико-электронные сенсоры – наиболее распространенные инструменты, используемые для ДЗЗ. Они, как правило, проводят съемку в надире с разрешением от 0,5 до 300 м и с полосой обзора шириной от десятков до сотен километров.

Оптические съемки применяются для решения задач в разных областях, таких, как сельское хозяйство, градостроительное планирование, ландшафтное картографирование, оценка ущерба, связанного с опасными природными явлениями. Они, однако, возможны только в безоблачную погоду и в дневное время суток.

Данные могут быть использованы для анализа широкого диапазона параметров, в том числе температуры поверхности океанов и суши, снежного покрова и морских льдов, облачности. Они являются важным источником информации о растительности и ее сезонных изменениях, что важно для выявления районов засухи и раннего предупреждения о возможном возникновении голода.

Миссии содействия GMES включают в себя следующие спутники с оптико-электронными сенсорами.

**ERS-2/ATSR-2 (ESA).** Спутниковая система ERS разрабатывалась ESA с начала 1980-х гг. На спутнике ERS-1 было установлено 5, на спутнике ERS-2 – 6 разнообразных инструментов ДЗЗ, включая оптические ультрафиолетовые и инфракрасные сканеры, радарные альтиметры и др. Запущенный в 1995 г. спутник ERS-2 оснащен в т. ч., инструментом ATSR (Along Track Scanning Radiometer), который включает в себя инфракрасный радиометр и сверхвысокочастотный зонд.

ATSR используется для измерения температуры поверхности океана и верхней границы облаков, мониторинга растительности. Ширина полосы съемки – 500 км, пространственное разрешение – 1 км. Эксплуатация спутника была прекращена в июле 2011 г., поэтому для нужд GMES будут использоваться только архивные данные.

**Envisat / MERIS, AATSR (ESA).** Запущенный в 2002 г., спутник Envisat – один из самых больших спутников ДЗЗ (его масса составляет 8211 кг). Спутник является многоцелевым – на нем установлено 9 разнообразных инструментов ДЗЗ, включая оптические сканеры, ультрафиолетовые и инфракрасные спектрометры, радарный альтиметр и т. д. Спектрометр MERIS (Medium Resolution Imaging Spectrometer) ведет съемку в 15 спектральных каналах с пространственным разрешением 300 м. Он покрывает съемкой всю Землю каждые 3 дня. Envisat также оснащен прибором AATSR (Advanced Along-Track Scanning Radiometer), ведущим съемку с шириной полосы 500 км и разрешением 1 км. AATSR был специально разработан для измерения температуры поверхности моря.

**RapidEye (Германия).** Группировка из пяти миниспутников RapidEye, запущенная в 2008 г., предназначена для решения мониторинговых задач во многих отраслях. Параметры спутников (высокое пространственное разрешение, пять спектральных каналов, отличные геометрические и радиометрические характеристики, возможность ежесуточных повторных съемок) особенно подходят для использования данных в сельском и лесном хозяйстве, нефтегазовом комплексе, энергетике, телекоммуникации, тематическом и специальном картографировании, экологии и охране окружающей среды, управлении чрезвычайными ситуациями. Съемка земной поверхности ведется в пяти каналах. Уникальным для спутников высокого разрешения является канал red-edge (крайний красный), который оптимально подходит для наблюдения и измерения изменений состояния растительного покрова. Группировка обеспечивает ежедневное покрытие съемками площадь в 4 млн кв. км. Периодичность съемки одного и того же района Земли – 24 часа. Пространственное разрешение снимков – 6,5 м (после обработки – 5 м). Ширина полосы съемки – 77 км.

**SPOT (Франция).** Спутниковая система наблюдения за поверхностью Земли SPOT (Satellite Pour L'Observation de la Terre) начала съемки в 1986 г. Последний спутник серии, SPOT-5, был запущен в

2002 г. Он оснащен двумя камерами высокого разрешения, позволяющими получать панхроматические изображения с разрешением 5 м (в режиме SuperMode – до 2,5 м) и мультиспектральные – с разрешением 10 м; ширина полосы съемки – 60 км. Кроме того, на SPOT-5 установлена камера Vegetation 2, позволяющая получать практически ежедневно снимки всей поверхности Земли с разрешением 1 км.

**Prisma (Швеция)** – система наблюдения Земли из двух мини-спутников (Tango и Mango), запущенных в 2010 г., с инновационными оптико-электронными приборами, включающими в себя гиперспектральный сенсор (пространственное разрешение – 20–30 м) и панхроматическую камеру (разрешение 2,5–5 м). Ширина полосы съемки – 30–60 км.

**DMC (Disaster Monitoring Constellation)** представляет собой группировку спутников, предназначенных для оперативной оптической мультиспектральной съемки районов стихийных бедствий для государственных агентств и коммерческого использования. Создание группировки DMC началось в 2001 г., первым в 2002 г. был запущен спутник Alsat-1 (Алжир). В настоящее время на орбите функционирует 6 спутников, принадлежащих Алжиру, Великобритании, Испании, Китаю и Нигерии. Все спутники находятся на солнечно-синхронной орбите для обеспечения ежедневных глобальных покрытий съемками. Спутники Alsat-1, Beijing-1 (Китай), Nigeriasat-1 (Нигерия) и UK-DMC (Великобритания), запущенные в 2002–2005 гг., имеют пространственное разрешение 32 м и ширину полосы съемки 600 км. Второе поколение спутников – UK-DMC-2 (Великобритания), Deimos-1 (Испания), Nigeriasat-X (Нигерия) – были запущены в 2009–2011 гг., их пространственное разрешение улучшилось до 22 м. Спутник Nigeriasat-2 (Нигерия), запущенный в августе 2011 г., принадлежит к третьему поколению спутников DMC. Он ведет съемку с разрешением 2,5 м в панхроматическом и 5 м в мультиспектральном режимах; ширина полосы съемки – 20 км.

**Proba-V (ESA)**. Мини-спутник Proba-V, запуск которого запланирован на 2012 г., будет оснащен камерой Vegetation, аналогичной установленной на спутнике SPOT. Он будет иметь более высокое, чем у спутников SPOT-4 и SPOT-5, разрешение – 300 м (вместо 1000 м) и ширину полосы съемки 2250 км.

**Deimos-2 (Испания)**. Спутник ДЗЗ высокого разрешения запланирован к запуску в 2013 г. Он будет иметь

разрешение 1 м (в панхроматическом режиме) и 4 м (в мультиспектральном); ширина полосы съемки – 12 км.

**SEOSat-Ingenio (Испания)**. Спутник класса SPOT SEOSat-Ingenio планируется запустить в 2013 г. Он будет передавать снимки с разрешением 2,5 м в панхроматическом режиме и 10 м – в мультиспектральном. Ширина полосы съемки соответственно 30 и 60 км.

**EnMAP (Германия)**. Планируемый к запуску в 2012 г., спутник EnMAP (Environmental Mapping and Analysis Program) предназначен для гиперспектральной съемки с шириной полосы обзора 30 км, пространственным разрешением 30 м, отклонением от надире 30° для ускорения повторных съемок (4 дня).

**HiROS (Германия)**. Группировка спутников HiROS будет состоять из трех космических аппаратов, планируемых к запуску в 2013 г. Данные будут иметь разрешение 0,5 м в панхроматическом режиме и 2 м – в мультиспектральном, ширина полосы съемки – 12 км. Группировка HiROS будет иметь высокую повторяемость съемок.

**Pleiades (Франция)**. Программа Pleiades High Resolution включает в себя два спутника нового поколения сверхвысокого пространственного разрешения Pleiades-1 и Pleiades-2 с одинаковыми техническими характеристиками (пространственное разрешение – 0,5 м в панхроматическом режиме и 2 м – в мультиспектральном; ширина полосы съемки – 20 км). Спутники будут синхронизированы на одной орбите таким образом, чтобы иметь возможность обеспечить ежедневную съемку одного и того участка земной поверхности. Используя космические технологии нового поколения, такие, как оптико-волоконные системы гиросtabilизации, космические аппараты Pleiades-1 и Pleiades-2 будут обладать беспрецедентной маневренностью. Они смогут проводить съемку в любом месте 800-километровой полосы меньше чем за 25 секунд с точностью геопозиционирования меньше 3 м (CE90) без использования наземных опорных точек и 1 м – с использованием наземных точек. Pleiades-1 запланирован к запуску в 2011 г., Pleiades-2 – в 2012 г.

**VENuS (Франция/Израиль)**. Спутник VENuS (Vegetation and Environment monitoring on a New Micro-Satellite) разрабатывается в кооперации между Израилем и Францией для наблюдения за растительным покровом с использованием мультиспектрального сенсора высокого разрешения с 12 каналами. Запуск спутника запланирован на 2013 г.

## Радарные спутники

Радарная космическая съемка выполняется в ультратонковолновой (сверхвысокочастотной) области радиоволн, подразделяемой на X-, C- и L-диапазоны. Радиолокатор направляет луч электромагнитных импульсов на объект. Часть импульсов отражается от объекта, и датчик измеряет как характеристики отраженного сигнала, так и расстояние до объекта. Все современные космические радарные системы – это радиолокаторы с синтезированной апертурой (SAR).

Радар с синтезированной апертурой (SAR) может обеспечить круглосуточную съемку Земли. Кроме того, облака, туман и осадки не имеют существенного влияния в микроволновом диапазоне, так что изображения могут быть получены независимо от погодных условий, что является неоспоримым преимуществом при проведении съемок в полярных широтах, районах наводнений и других стихийных бедствий.

Оперативность является одним из основных преимуществ радарных систем ДЗЗ. Также следует отметить, что радарные данные служат источником уникальной информации о подстилающей поверхности: они позволяют определять малейшие вертикальные смещения (вплоть до нескольких миллиметров).

Миссии содействия GMES включают в себя следующие радарные спутники.

**ERS-2/SAR (ESA).** Радар с синтезированной апертурой (SAR), установленный на спутнике, ведет съемки в C-диапазоне в двух режимах. Основной режим (AMI-SAR Image Mode) имеет ширину съемки 100 км и пространственное разрешение 25 м. Как уже было отмечено выше, эксплуатация спутника была прекращена в июле 2011 г.

**Envisat/ASAR (ESA).** Одним из инструментов, которыми оснащен спутник, является ASAR (Advanced Synthetic Aperture Radar), который работает в C-диапазоне в четырех режимах (Image, Wave, Wide Swath и Global Monitoring). Разрешающая способность в первых двух режимах составляет приблизительно 30 м. В режиме WideSwath она составляет 150 м, а в режиме Global Monitoring – 1000 м.

**TerraSAR-X, TanDEM-X (Германия).** Спутники TerraSAR-X (запущен в 2007 г.) и TanDEM-X (запущен в 2010 г.) оснащены новейшими радарными с синтезированной апертурой, позволяющими выполнять съемку земной поверхности с высоким пространственным разрешением (до 1 м). Они работают синхронно; по данным, получен-

ным с них, будет создана глобальная цифровая модель местности и рельефа, беспрецедентная по площади покрытия и точности. Съемки ведутся в X-диапазоне в различных режимах с разрешением от 1 до 16 м.

**COSMO-SkyMed (Италия).** Серия спутников двойного назначения COSMO-SkyMed 1–4 (Constellation of Small Satellites for Mediterranean basin Observation – Созвездие малых спутников для наблюдения за Средиземноморским бассейном) разработана Итальянским космическим агентством (ASI) совместно с Министерством обороны Италии. Все спутники группировки оснащены радаром с синтезированной апертурой, позволяющим выполнять интерферометрическую съемку земной поверхности с высоким пространственным разрешением в X-диапазоне. Спутники были запущены в 2007–2010 гг. Они ведут съемку в различных режимах с разрешением от 1 (режим Spotlight) до 100 (режим ScanSAR Hugeregion) м. Параметры спутников COSMO-SkyMed (возможность всепогодных и не зависящих от облачности и освещенности повторных съемок с частотой до нескольких раз в сутки, высокое пространственное разрешение, одно- и двухполяризационный режимы и т.д.) оптимизированы для решения задач космического мониторинга в нефтегазовой и горнодобывающей отраслях, в сельском и лесном хозяйстве, а также для мониторинга судоходства, ледовой обстановки и нефтеразливов в акваториях.

**RADARSAT-2 (Канада).** Спутник был запущен в 2007 г. как продолжение миссии RADARSAT-1. Он оснащен радаром бокового обзора с синтезированной апертурой, обладающим, как и спутник RADARSAT-1, уникальными возможностями изменения ширины полосы съемки и пространственного разрешения. Съемка земной поверхности проводится в C-диапазоне длин волн (5,6 см), с изменяемой поляризацией излучения (HH, VH, HV, WW), в диапазоне съемочных углов от 10 до 60 градусов. Спутник работает в нескольких режимах с разрешением от 3 до 100 м и шириной полосы съемки от 20 до 500 км. Продолжением проекта RADARSAT будет группировка RADARSAT Constellation Mission (RCM), состоящая из трех спутников, которые планируются к запуску в 2014 г. Спутники будут иметь несколько режимов съемки, с характеристиками аналогичными RADARSAT-2.

**SeoSAR (Испания).** Планируемый к запуску в 2012 г. SeoSAR – первый испанский радарный спутник для съемок с высоким разрешением в X-диапазоне. Он будет работать в трех режимах с разрешением 1, 3 и 18 м.

### Спутники для альтиметрических измерений

Радарные альтиметры предоставляют высокоточные данные о высоте спутника над поверхностью океана путем измерения временного интервала между передачей и приемом очень коротких электромагнитных импульсов.

Альтиметрические измерения позволяют получить информацию о топографии поверхности океана, распространении морских льдов и высоте крупных айсбергов над уровнем моря, а также о топографии ледовых поверхностей и даже рельефе морского дна.

Следующие спутники миссии содействия GMES, оснащенные альтиметрами, будут дополнять миссию Sentinel-3.

**Envisat/Radar Altimeter-2 (ESA).** Радарный альтиметр (Radar Altimeter-2, или RA-2), которым оснащен спутник, является улучшенной версией инструментов, установленных на космических аппаратах ERS-1 и ERS-2. С 800-километровой высокой полярной орбиты он посылает на Землю 1800 импульсов в секунду, фиксируя время возврата сигналов с точностью до наносекунд, измеряя таким образом точное расстояние до поверхности планеты.

**CryoSat (ESA).** С высоты чуть более 700 км спутник обеспечивает точные данные об изменении толщины льда на широтах до 88°. Радарный альтиметр способен определять толщину подвижных льдов и следить за изменениями огромных ледяных покровов на суше, особенно за их кромкой, в районах формирования айсбергов.

**Jason-2 (OSTM)/Jason-3 (США/Франция).** Запущенный в 2008 г., международный спутник миссии OSTM (Ocean Surface Topography Mission) Jason-2 продолжает непрерывное измерение топографии поверхности океана, начатое в 1992 г. совместной миссией агентств NASA (США) и CNES (Франция) Torex / Poseidon и продолженной в 2001 г. спутником Jason-1. Jason-2 проводит измерение с точностью до нескольких сантиметров каждые 10 дней для определения перемещения масс воды и среднего уровня океана для целей прогнозирования погоды, мониторинга климата и океанографии. Продолжением миссии Jason-2 будет спутник Jason-3, который запланирован к запуску в 2013 г. Это результат тесной кооперации между космическими агентствами CNES, NASA и метеорологическими организациями EUMETSAT (Европа) и NOAA (США). Спутник будет оснащен тем же высокоточным альтиметрическим оборудованием, что и его предшественники. Специально для программы GMES в 2017 г.

запланирован запуск следующего спутника миссии Jason-CS.

**SARAL/AltiKa (Франция/Индия).** Альтиметр Ka-диапазона AltiKa – главный инструмент спутника – станет первым океанографическим альтиметром, работающим на такой высокой частоте. Вместе с Jason-2, Envisat и Sentinel-3 спутник будет содействовать обеспечению данными оперативной океанографии и прогнозирования погоды. Запуск спутника запланирован в 2011 г.

### Спутники для атмосферных наблюдений

Одна из наиболее известных и разработанных сфер использования данных ДЗЗ – это прогноз погоды. В течение нескольких десятилетий почти в реальном режиме времени космические снимки метеорологических спутников были главной составляющей ежедневных бюллетеней погоды.

Для измерения параметров атмосферы Земли используются многочисленные приборы и различные методы. Данные применяются для решения широкого круга задач, таких, как оперативная метеорология, мониторинг извержения вулканов, прогноз качества воздуха, исследования климата и поддержка принятия политических решений, связанных с изменениями климата.

Следующие спутники миссии содействия GMES, оснащенные инструментами для атмосферных наблюдений, будут дополнять миссии Sentinel-4 и Sentinel-5.

**Envisat (ESA).** В составе оборудования спутника имеется три прибора, предназначенных для мониторинга атмосферы: GOMOS (спектрометр со средним разрешением; в первую очередь предназначен для измерения уровня стратосферного озона), MIPAS (фурие-спектрометр для получения данных о составе газов в средних и верхних слоях атмосферы) и SCIAMACHY (спектрометр для проведения глобальных измерений малых газовых примесей в тропосфере и стратосфере).

**MSG (ESA/EUMETSAT).** Meteosat Second Generation (MSG) – наследник успешной миссии первого поколения геостационарных метеорологических спутников Meteosat. В 2002 г. к работающим на орбите спутникам Meteosat присоединился первый спутник MSG, который получил имя Meteosat-8. Второй спутник серии MSG (Meteosat-9) был запущен в 2005 г. Эти спутники, а также еще два запланированных будут гарантировать непрерывность метеонаблюдений в ближайшем будущем. Программа будет также продолжена миссией Meteosat Third



Generation (MTG), первый спутник которой планируется запустить в 2017 г.

**MetOp (ESA/EUMETSAT).** Программа MetOp (Meteorological Operational) является европейским вкладом в обеспечение метеорологическими данными с полярной орбиты для прогноза погоды и климатических исследований. Спутник MetOp-A был запущен в 2006 г., на 2012 г. запланирован запуск MetOp-B, а еще позже – MetOp-C.

**Calipso (США/Франция).** Запущенный в 2006 г. спутник является частью программы NASA Earth System Science Pathfinder. Он оснащен лидаром с ортогональной поляризацией, инфракрасным радиометром и широкоугольной камерой высокого разрешения для наблюдения облаков и аэрозолей в атмосфере.

**Merlin (Германия/Франция).** Запуск спутника запланирован на 2014 г. Он предназначен для измерения концентрации метана в атмосфере. Инструментом для этого послужит двухволновый лазер, разработка которого велась 10 лет.

## СЕРВИСЫ ПРОГРАММЫ GMES

Мониторинговый потенциал программы GMES будет использоваться как в общеевропейских интересах, так и в интересах всего международного сообщества.

GMES будет предоставлять информацию для различных сфер, таких, как прогнозирование качества воздуха, предупреждение о наводнениях, раннее выявление возможной засухи и опустынивания, раннее предупреждение о суровых погодных условиях, обнаружение нефтяных пятен и предсказание их дрейфа, определение качества морской воды, прогноз урожая, мониторинг лесов, наблюдение за изменениями в землепользовании, мониторинг сельского хозяйства и продовольственной безопасности, планирование гуманитарных операций, – вот только некоторые из них.

Весь информационный поток программы GMES можно разделить на шесть основных групп: мониторинг океанов, мониторинг суши, мониторинг атмосферы, обеспечение мероприятий по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, обеспечение безопасности, наблюдения за изменением климата. В соответствии с этим можно выделить шесть групп сервисов, которые будет обеспечивать программа GMES:

- **Сервисы, относящиеся к морской среде:** морская безопасность, морской транспорт, обнаружение нефтяных пятен, определение качества воды, про-

гноз погоды и наблюдение за окружающей средой в полярных регионах.

- **Сервисы, относящиеся к суше:** мониторинг водных ресурсов, сельского хозяйства и продовольственной безопасности, изменений землепользования, лесов, качества почв, городское планирование и охрана природы.
- **Сервисы, связанные с наблюдением за атмосферой:** мониторинг качества воздуха и прогнозирование уровня ультрафиолетовой радиации, мониторинг парниковых газов и климатических изменений.
- **Сервисы, связанные с мониторингом чрезвычайных ситуаций,** помогут смягчению последствий природных и техногенных катастроф, таких, как наводнения, лесные пожары и землетрясения, и будут содействовать проведению гуманитарных операций.
- **Сервисы, относящиеся к безопасности,** будут оказывать содействие усилиям по поддержанию мира, наблюдению за морским пространством и пограничному контролю.
- **Сервисы для мониторинга изменений климата** пересекаются со всеми вышеперечисленными сферами.

В каждом сервисе будет предлагаться набор данных и производных продуктов, предназначенных для удовлетворения потребностей конкретных групп пользователей на транснациональном, национальном, региональном и местном уровне. Все сервисы будут функционировать в полном объеме к 2014 г.

## Мониторинг Мирового океана

Океаны играют ключевую роль в формировании климата Земли, обладают богатыми запасами биологических ресурсов и полезных ископаемых, имеют большое значение для международных перевозок.

Пилотным проектом GMES является **MyOcean**. Его продукты базируются на использовании моделей Мирового океана и европейских морских бассейнов и информации, получаемой с помощью спутников ДЗЗ или наземных наблюдений. Это данные об уровне моря, морских течениях, ветрах, температуре поверхности моря, солености, морских льдах и т. д. Сервис обеспечивает все области, относящиеся к морской тематике: безопасность, ресурсы, экология, климат.

В 2010–2011 гг. в рамках GMES начали реализовываться следующие сервисы:

- **AquaMar** (Marine Water Quality Information Services) – информация о качестве морской воды.
- **ASIMUTH** (Applied Simulations and Integrated Modelling for the Understanding of Toxic Algal Blooms) – моделирование распространения вредоносных водорослей и цветения воды.
- **CoBIOS** (Coastal Biomass Observatory Services) – наблюдение за биомассой в прибрежных зонах.
- **FIELD AC** (Fluxes, Interactions and Environment at the Land-Ocean Boundary) – наблюдение за приливами и другими природными явлениями в прибрежных океанических зонах.
- **OPERR** (Operational Pan-European River Runoff) – моделирование речных бассейнов Европы.
- **SeaU** (Multisensor Satellite Technologies for Oil Pollution Monitoring and Source Identification) – мониторинг нефтяных загрязнений с использованием мультиспектральных данных ДЗЗ.
- **SIDARUS** (Sea Ice Downstream Services for Arctic and Antarctic Users and Stakeholders) – наблюдение за морскими льдами Арктики и Антарктики

В перспективе планируется еще ряд сервисов, среди которых **MAIRES** (Monitoring Arctic Land and Sea Ice using Russian and European Satellites) – мониторинг арктических льдов по данным российских и европейских спутников ДЗЗ.

### Мониторинг суши

Пилотным проектом GMES в области мониторинга суши является картографический сервис **geoland2**, который обеспечивает пользователей геоинформацией различного масштаба: от глобального охвата до локального. Основным продуктом сервиса являются карты землепользования, биофизических и вегетационных параметров растительности, ее сезонных изменений. Сервис предназначен для территориального планирования, сельского и лесного хозяйства, водного хозяйства и др.

В ближайших планах запуск следующих проектов:

- **EUFODOS** (European Forest Downstream Services-Improved Information on Forest Structure and Damages) – обеспечение данными о состоянии лесов.
- **PanGeo** – обеспечение доступа к геологической информации.

- **CryoLand** – наблюдение за снежным покровом и ледниками суши.
- **FreshMon** (High Resolution Freshwater Monitoring) – мониторинг пресной воды.

Есть также пять проектов, которые переросли в сервисы: **ISAC** (сельское хозяйство), **BIO\_SOS** и **MS. MONINA** (сохранение биоразнообразия), **ReCover** и **REDDAF** (вырубка лесов).

Планируется запуск сервиса **HELM** для мониторинга земель и два других проекта в рамках международного сотрудничества по вырубкам лесов – **REDD-FLAME** и **REDDINESS**.

### Мониторинг атмосферы

Мониторинг и прогнозирование качества воздуха над Европой имеют важное значение для здоровья и условий жизни людей.

Пилотным проектом GMES в области мониторинга атмосферы является сервис **MACC** (Monitoring Atmospheric Composition and Climate).

Он направлен на накопление данных о глобальных атмосферных составляющих, необходимых для мониторинга климата (например, концентрация в атмосфере углекислого газа, метана, озона и аэрозолей), о качестве воздуха, ультрафиолетовой радиации (на основе глобальных данных об озоновом слое и концентрации аэрозоля).

В 2010 г. начал реализовываться проект **Pasadoble**, который направлен на развитие местного и регионального наблюдения за качеством воздуха.

### Управление чрезвычайными ситуациями

Пилотным проектом GMES в области управления чрезвычайными ситуациями является сервис **SAFER** (Safety and Fitness Electronic Records), который направлен на укрепление потенциала Европы в плане мониторинга чрезвычайных ситуаций, вызванных погодными явлениями, такими, как ураганы, природные пожары и наводнения, а также природными катаклизмами, такими, как землетрясения, цунами, извержения вулканов, оползни и проседания, экологическими антропогенными катастрофами, такими, как разливы нефти. SAFER будет также предоставлять информацию для решения гуманитарных катастроф. Сервис обеспечивает доступ к продуктам, включая необработанные космические снимки, для любой географической зоны по всему миру, данные о ситуации,

предшествовавшей стихийным бедствиям, и оперативные данные о ситуации сразу после стихийных бедствий – в течение 24 часов после события.

С 2010 г. начали работать сервисы, связанные с обеспечением информацией о стихийных бедствиях заинтересованных пользователей:

- **EOVSS** (European Volcano Observatory Space Service) – наблюдение за вулканами из космоса.
- **DORIS** (Ground Deformation Risk Scenarios) – наблюдение за деформациями земной коры.
- **SubCoast** – наблюдение за опусканием берегов по всей Европе.

До конца 2012 г. будет реализовываться проект TerraGrima. Он дополняет вышеперечисленные сервисы, предоставляя ЧС-агентствам, береговым, железнодорожным и дорожным службам поддержку в процессе оценки рисков и смягчения последствий стихийных бедствий, с использованием новейших технологий для измерения подвижек земной поверхности по радарным спутниковым данным.

### Обеспечение безопасности

Сервисы GMES, связанные с безопасностью, находятся на относительно ранней стадии формирования, но имеются некоторые общеевропейские и национальные проекты, которые охватывают такие аспекты, как охрана морских и сухопутных границ, гуманитарные операции по оказанию помощи, раннее предупреждение и предотвращение конфликтных ситуаций.

Пилотным проектом GMES в области обеспечения безопасности является сервис **G-MOSAIC**, предназначенный для принятия политических решений в следующих областях:

- морская охрана – включает в себя наблюдение за морскими границами в Европе, безопасность на море, нелегальной иммиграцией и незаконной торговлей людьми;
- пограничный контроль – включает в себя наблюдение за сухопутными границам и критически важными объектами инфраструктуры, такими, как трубопроводы;
- поддержка внешнеполитических действий Европейского Союза – включает в себя предотвращение конфликтов, мониторинг населения и ресурсов (например, запаса пресной воды).

Имеется три других относящихся к безопасности проекта, все они связаны с будущим мониторингом Мирового океана:

- **NEREIDS** – комплексное наблюдение и охрана морского пространства.
- **SIMTISYS** – обнаружение в море маломерных движущихся объектов.
- **DOLPHIN** – модули поддержки принятия решений при охране морского пространства.

В рамках GMES функционирует также сервис **MARISS** (MARitime Security Service), финансируемый ESA. Он предлагает комплексный мониторинг морей в различных регионах Европы с использованием спутниковых данных в сочетании с наземными наблюдениями для поддержки более эффективного принятия решений по вопросам морской безопасности.

### Мониторинг изменения климата

До настоящего времени не развернуто никаких специальных сервисов для обеспечения данными по проблемам изменения климата. Такая информация обеспечивается проектами, реализуемыми или планируемыми для мониторинга Мирового океана, суши и атмосферы.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Перспективное будущее программы GMES обеспечено гарантированным финансированием со стороны Европейского Союза и государств – его членов, межправительственных учреждений. Базовые сервисы, которые будут функционировать в рамках программы GMES, рассматриваются как «общественные блага» (public goods), доступ к ним планируется сделать свободным и бесплатным для любых организаций и граждан. Различные производные продукты (аналитические, прогнозные и т.д.), выполненные по специальным заказам, будут предоставляться на платной основе.

*При подготовке статьи использованы материалы веб-сайтов Европейского космического агентства ([www.esa.int](http://www.esa.int)), программы GMES ([www.gmes.info](http://www.gmes.info)), Еврокомиссии ([cordis.europa.eu](http://cordis.europa.eu)), компании EADS Astrium ([www.astrium.eads.net](http://www.astrium.eads.net)) и другие источники.*

# WorldView-2: революционное изменение подхода к получению, анализу и использованию данных космической съемки\*

*Благодаря использованию группировки спутников мирового класса, а также применению инновационных продуктов и решений компании DigitalGlobe является лидером коммерческого сектора дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Еще до запуска в 2001 г. своего первого коммерческого спутника, обеспечивавшего субметровое разрешение, компания DigitalGlobe со своими новаторскими программами и технологиями в сфере космической съемки оказалась в авангарде отрасли. На сегодняшний день, спустя почти 20 лет, компания DigitalGlobe остается лидером отрасли благодаря выдающимся достижениям, современным технологиям и высокопроизводительной группировке спутников, а также геоинформационным продуктам на базе космических снимков, в том числе для решения критически важных задач. И наконец ... Новый спутник WorldView-3 будет запущен уже в 2014 г.*

Считая удобство клиентов своим основным приоритетом, компания DigitalGlobe ориентируется на решение общих проблем, волнующих всех пользователей данных ДЗЗ: время обработки, хранение и доступ к данным, лицензирование.

Наращивая вычислительные мощности графических процессоров, аналогичных используемым в трехмерных компьютерных играх, компания DigitalGlobe разработала высокопроизводительную вычислительную среду (High Performance Computer – HPC), которая в ходе успешного тестирования продемонстрировала увеличение быстродействия от 7 до 400 раз в зависимости от конкретных задач обработки снимков. Эта среда позволяет компании DigitalGlobe эффективно обрабатывать космические снимки с общим покрытием в один миллиард квадратных километров в год. Далее, компания DigitalGlobe наращивает свои вычис-

лительные мощности, развивает облачную инфраструктуру и веб-сервисы, удовлетворяющие требованиям Open Geospatial Consortium (OGC), что обеспечивает пользователям во всем мире полный доступ к информации за считанные секунды. Облачные технологии компании DigitalGlobe оказались настоящим прорывом за счет распределения постоянно запрашиваемых данных по сети узлов, рассеянных по всему миру. Эта мера обеспечила эффективный доступ к данным, а также сделала работу пользователей любых геоинформационных приложений более удобной. Компания DigitalGlobe разработала гибкие модели лицензирования, которые обеспечивают многопользовательскую работу с данными.

Спутники WorldView, на которых реализована технология гиросtabilизации Control Moment Gyros (CMG), являются на сегодняшний день наиболее маневренными

\* Перевод с английского языка. Оригинал статьи «WorldView-2 is revolutionizing imagery, information and insight», подготовленный специалистами компании DigitalGlobe, опубликован в журнале Geospatial World, June 2011, Volume 01 Issue 11, p. 27–30. Перевод подготовлен к публикации Б.А. Дворкиным (Компания «Совзонд»).

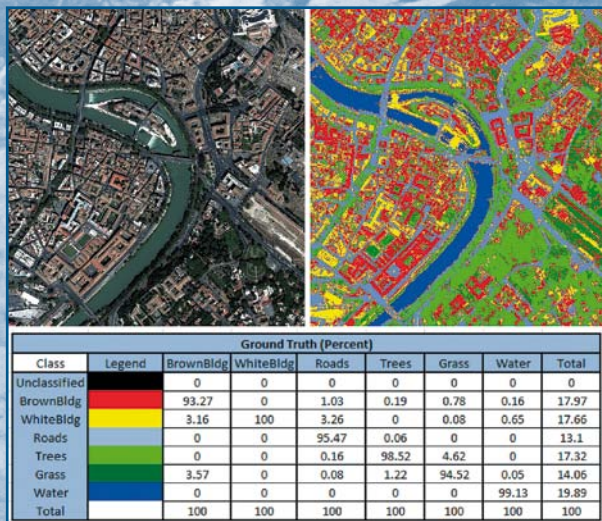


Рис. 1.  
Космический снимок со спутника WorldView-2:  
слева – в натуральных цветах;  
справа – в псевдоцветах;  
внизу – результаты дешифрирования

космическими аппаратами ДЗЗ. Они в состоянии обеспечить съемку более 1,2 млн кв. км в день и повторную съемку территории в течение одного-двух дней. После установки дополнительных приемных наземных станций в 2012 г. компания DigitalGlobe получит новое уникальное преимущество – связь со спутниками практически в режиме реального времени. Кроме того, спутники обладают возможностью проведения стереосъемки, данные которой могут использоваться для построения моделей рельефа с беспрецедентной точностью. Спутник WorldView-2, ведущий мультиспектральную съемку в 8 каналах, позволяет компании DigitalGlobe и в будущем лидировать в сфере дистанционного зондирования Земли.

Компанией DigitalGlobe достигнута высочайшая точность геопозиционирования – до 4 м (СЕ90), что является залогом успеха для использования снимков в целях картографирования. Компания DigitalGlobe непрерывно инвестирует в дополнительные вычислительные мощности, которые в будущем позволят добиться беспрецедентного уровня точности.

## ИНФОРМАЦИЯ

Работая над обеспечением наилучших параметров космических снимков, компания DigitalGlobe проводит также их дешифрирование и анализ, предоставляет заказчикам геоинформационные продукты на базе данных ДЗЗ для принятия ответственных решений. Космические снимки и геоинформационные продукты компании могут использоваться в рабочем процессе. Заказчики получают все необходимые данные и благодаря этому могут решать широкий спектр сложных задач.

### 8 спектральных каналов способствуют улучшению картографирования

Совместное использование космических снимков и карт является ключевым решением во всех информационных продуктах. Карты представляют собой композицию различных тематических геопространственных слоев, и космические

снимки являются неотъемлемой частью цифровых карт следующего поколения. Главное требование к картам включает в себя наличие масштаба и соответствующей точности.

Используя точность космической съемки, предлагаемую компанией DigitalGlobe, конечные пользователи могут составлять карты в масштабах от 1:2000 до 1:50 000. Цифровые модели рельефа (ЦМР), создаваемые на основе данных, получаемых с группировки спутников DigitalGlobe, позволяют строить изолинии высот с шагом 5–10 м. За счет использования высокоточных цифровых моделей местности (ЦММ) и наземных опорных точек пользователи могут выделять для картографирования такие объекты, как дороги, железнодорожные пути, границы населенных пунктов, водные объекты, болота, береговые линии и т. д. Все эти объекты могут оцифровываться и помещаться на карту в виде тематических слоев. Компания DigitalGlobe разрабатывает инновационные технологии, повышающие производительность съемки и дающие более высокое пространственное разрешение,



что позволяет конечным пользователям составлять высококачественные карты. 8-канальная съемка DigitalGlobe является своеобразным «трамплином» для создания автоматизированных технологий картографирования. Компания DigitalGlobe в настоящее время работает над технологиями стандартизации данных, которые позволят конечным пользователям получать и использовать требуемую информацию с еще большей эффективностью. Информационные продукты, создаваемые на основе космических снимков, включают в себя: мониторинг изменений (change detection), определение характера землепользования и растительного покрова, классификацию посевов, лесов и так далее.

Разработанная компанией DigitalGlobe система использования данных WorldView-2 ориентирована на автоматический анализ различных информационных параметров. 8 спектральных каналов дают возможность реализовать три главных преимущества: повышение точности дешифрирования, высокий уровень детализации и новые уникальные возможности извлечения необходимой информации (рис. 1). Несколько исследований, выполненных отдельными пользователями, показали, что 8-канальная съемка уверенно обеспечивает повышение точности дешифрирования на 15–30% по сравнению с традиционной 4-канальной съемкой.

Исследование, проведенное в Малайзии, показало, что возможности 8-канальной съемки WorldView-2 достаточны для высокоточного выделения отдельных деревьев. В другом исследовании 8-канальное дистанционное зондирование уже применялось для определения здоровья и возраста деревьев, при этом использовались уникальные крайний красный и желтый каналы WorldView-2. Использование данных 8-канальной съемки также позволяет выделять такое уникальное явление, как концентрация цианобактерий (вредных водорослей), негативно влияющих на здоровье человека. Эти бактерии можно обнаружить по специфическому проявлению в желтом канале данных WorldView-2. Дополнительные спектральные каналы данных WorldView-2 позволяют сократить время на ручную обработку снимков и обеспечивают возможность полной автоматизации создания информационных продуктов, в результате чего инвестиции в космическую съемку возвращаются практически мгновенно.

## ДОСТОВЕРНОСТЬ ИЗВЛЕКАЕМОЙ ИНФОРМАЦИИ

Улучшение дешифровочных свойств космических снимков, углубленный анализ достигнутых результатов существенно повышают степень достоверности получаемой информации, что важно для заказчика при принятии ответственных решений. Во время лесных пожаров, бушевавших на территории Соединенных Штатов, информационный сервис FirstLook компании DigitalGlobe позволил получать четкое изображение охваченной огнем территории, при этом результаты съемки попадали в руки конечных пользователей в течение нескольких часов после съемки. Для получения информационного продукта с высоким уровнем достоверности компания DigitalGlobe использовала алгоритмы автоматической регистрации изменений (change detection algorithms), которые позволили картографировать распространение пожаров. Также для улучшения качества извлекаемой информации послужило использование собственной богатой библиотеки снимков, представляющей собой хранилище данных, собранных за несколько лет. Использование существующих пакетов данных позволило точно засечь районы и определить адреса домов, попавших в зону пожаров. Такой продукт, полученный на основе понимания и анализа сути явления, отображаемого на космических снимках, позволил пользователям получить ценнейшие данные о состоянии их домов. Анализ был выполнен в геопространственной среде с использованием самых разных геоинформационных технологий, включая обработку снимков, их анализ и применение ГИС-приложений. Компания DigitalGlobe постоянно совершенствует продукты, позволяющие предоставлять заказчику информацию с высокой степенью достоверности.

Компания DigitalGlobe непрерывно стремится к инновациям, инвестируя средства в разработку новых спутников, сенсоров, телескопов, новых приборов, вычислительных платформ, алгоритмов обработки данных и информационных платформ, чтобы оставаться на передовых позициях в сфере технологий дистанционного зондирования Земли. Компания DigitalGlobe также поддерживает новейшие тенденции, намечающиеся в сфере мобильных компьютерных технологий, со скоростями вычислений, позволяющими клиентам получать результаты съемки и информацию буквально одним нажатием клавиши.

**П.И. Нейман** (ОАО «НИИ ТП»)

В 2004 г. окончил Московский государственный институт электроники и информатики (МГИЭМ), факультет автоматики и вычислительной техники по специальности «управление и информатика в технических системах». В настоящее время – начальник отдела ОАО «НИИ Точных приборов» (НИИ ТП).

## Особенности характеристик и применения авиационных РСА

Радиолокаторы с синтезированной апертурой (РСА) широко используются при дистанционном зондировании Земли (ДЗЗ), так как обладают высоким разрешением, возможностью получать информацию круглосуточно и практически в любую погоду. Более того, РСА позволяют обнаруживать цели под растительным покровом и даже в подповерхностной среде. Последнее качество наиболее полно может быть реализовано в авиационных РСА (АРСА).

Авиационные РСА используются на летательных аппаратах всех типов: самолеты крупногабаритные, среднего класса и легкие, вертолеты, дирижабли. Также АРСА устанавливаются на беспилотные летательные аппараты (БЛА).

Можно выделить четыре класса АРСА:

1. РСА высокого разрешения.
2. Малогабаритные РСА.
3. Многодиапазонные РСА.
4. Подповерхностные РСА.

Авиационные РСА высокого разрешения предназначены в основном для обнаружения и распознавания наземных целей. Предел разрешения 0,3–0,5 м, к которому только приближаются современные космические РСА, давно преодолен их авиационными аналогами. Наилучшие образцы достигли уровня разрешения менее 10–15 см – РСА PAMIR (Германия), LYNX (США) и др.

Малогабаритные АРСА находят применение для воздушного мониторинга, проводимого с малогабаритных БЛА при поисково-спасательных операциях, чрезвычайных

ситуациях и т. п. Для этого в первую очередь должна обеспечиваться всепогодность и круглосуточность получения информации. Основная характеристика таких АРСА – минимальная масса. Здесь также получены выдающиеся результаты. Например, АРСА NanoSAR (США) с разрешением меньше 1 м имеет массу менее 1 кг (рис. 1).

Многодиапазонные АРСА в основном используются для важных исследовательских задач: проведение экспериментов для обеспечения новых информационных технологий ДЗЗ, создания банков радиолокационных характеристик, совершенствования методик

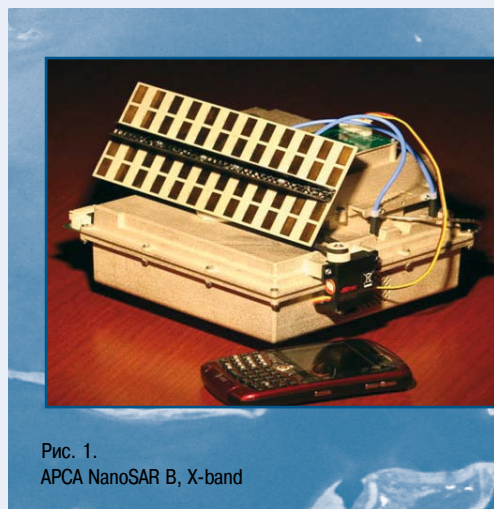


Рис. 1.  
АРСА NanoSAR B, X-band

и алгоритмов обработки (дешифрирования) радиолокационных изображений. АРСА данного класса работают сразу в нескольких частотных диапазонах (от 2–3 и более), имеют совершенное метрологическое обеспечение для проведения сложных измерений радиолокационных характеристик земных покровов и объектов. В данном классе можно отметить: американский AIRSAR (Airborne Synthetic Aperture Radar; диапазоны P, L и C) с полной поляриметрией и однопроходной интерферометрией в С-диапазоне (рис. 2), немецкий F-SAR (диапазоны X, C, S, L и P) с реализацией однопроходной интерферометрии в X- и S-диапазонах, французский RAMSES с 8 частотными диапазонами – от P-диапазона до W-диапазона ( $\lambda \approx 3,2$  мм).

Авиационные подповерхностные РСА составляют наиболее специфический класс, так как они предназначены для обнаружения скрытых в лесах и под землей объектов (мин, военной техники, транспортных средств, сооружений, средств коммуникаций и т.п.). Важность этой задачи определило специальное название таких АРСА – FOPEN SAR (Foliage Penetration Synthetic Aperture Radar), т. е. РСА для обнаружения под растительным покровом и GPR (Ground Penetration Radar – радиолокатор для подповерхностного зондирования) (рис. 3). Основными характеристиками подповерхностных АРСА являются пространственное разрешение и проникающая способность радиоволн.

Для сочетания таких важных качеств необходимо использовать радиолокационные сигналы с большим отношением ширины спектра к несущей частоте (так называемые сверхширокополосные сигналы – СШПС). Например, в одном из РСА с СШПС (английское обозначение UWB SAR – Ultra-wideband SAR) фирмы Sandia (США) используется сигнал с шириной спектра от 125 до 950 МГц. Средняя длина волны такого сигнала составляет около 50 см, потенциальное разрешение по дальности около 15 см. Так как рабочая полоса сигнала РСА с СШПС обычно лежит в диапазонах VHF и UHF, для обозначения рабочего диапазона принято обозначение VHF/UHF.

На рис. 4 приведены примеры радиолокационных изображений (РЛИ), полученных в коротковолновом Ку диапазоне (длина волны около 2 см) и в диапазоне VHF/UHF. Хорошо видна принципиальная разница коротко-



Рис. 2.  
АРСА AIRSAR



Рис. 3.  
Пример реализации РСА FOPEN SAR на борту самолета

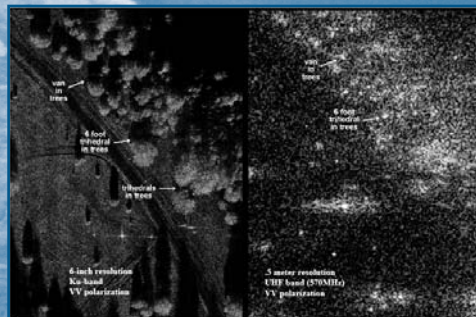


Рис. 4.  
Сравнение РЛИ целей, скрытых в лесной растительности: слева – Ку диапазон (длина волны – 2 см), поляризация ВВ, разрешение 15 см; справа – UHF диапазон (длина волны – 53 см), поляризация ВВ, разрешение 0,5 м





Рис. 5.  
Система FORESTER на беспилотном вертолете  
Boeing A160T (США)



Рис. 6.  
PCA Mineseeker использовался объединенными  
войсками KFOR в Косово

волновых и длинноволновых РЛИ. Коротковолновые РЛИ имеют квазиоптический характер с присущими боковому обзору радиолокационными тенями (в данном случае от деревьев). Яркая картина РЛИ искажена спекл-эффектом. Длинноволновое РЛИ значительно отличается, во-первых, отсутствием теней, так как волны VHF/UHF проходят через листву деревьев, а во-вторых, другой текстурой РЛИ, что связано с высоким пространственным разрешением, близким к длине волны зондирующего сигнала.

Разработкой и испытаниями подповерхностных PCA в США занимается ряд известных научно-исследовательских организаций (Sandia National Laboratories, SRI International, US Army Research Laboratory). В результате начального этапа экспериментальных исследований было установлено, что для интерпретации (дешифрирования) длинноволновых РЛИ требуются новые технологии, основанные на методе обработки change detection (обнаружение изменений) и учитывающие поляризационные особенности радиолокационного сигнала, проникающего в растительную среду. В ходе экспериментальных исследований было также установлено, что обнаруживать изменения на РЛИ следует в нескольких проходах при различных углах визирования и на разных высотах, в результате чего можно создавать трехмерные изображения целей, используя технологию реконструкции 3D РЛИ.

Дальнейшим развитием работ по обнаружению и распознаванию скрытых целей является программа FORESTER (FOPEN Reconnaissance, Surveillance, Tracking and Engagement Radar – радиолокационный комплекс для разведки и слежения за целями, скрытыми в растительности). В системе FORESTER используется радиолокатор VHF/UHF диапазона, позволяющий обнаруживать людей и транспортные средства под растительностью. PCA система FORESTER разработана для использования на беспилотном вертолете (БВ) A-160 (рис. 5) и прошла натурные испытания в различных условиях для подтверждения и отработки информационной технологии.

Подповерхностные PCA позволяют получить высокую производительность съемки и обнаружения подземных объектов. Однако глубина проникновения в подповерхностную среду сигнала у таких PCA ограничивается мешающими отражениями от поверхности, которые маскируют заглубленные цели. Типичное

значение глубины проникновения в сверхширокополосных PCA может достигать до 2–5 м, что позволяет использовать подповерхностные PCA в поисково-спасательных задачах, для обнаружения малоуглубленных военных целей, выявления минных полей, для различных гражданских применений (обнаружение нефтегазопроводов и пр.).

Типичными примерами авиационных подповерхностных PCA можно считать системы Mineseeker (Великобритания) и CARABAS II (Saab, Швеция). Первая система предназначена для обнаружения мин с воздуха. Система размещается на дирижабле и обеспечивает обнаружение мин со скоростью до 100 м<sup>2</sup>/с, в то время как саперы могут обеспечить обнаружение мин со скоростью до 40 м<sup>2</sup> в день. Для обнаружения мин PCA имеет очень высокое разрешение (порядка 5 см). Обзор местности с целью обнаружения мин осуществляется в три этапа – предварительный обзор, технический и завершающий обзор. На первом этапе производится сбор необходимой информации по обследуемому участку местности и ее анализ с целью выявления наиболее важных участков для второго этапа решения задачи. На втором этапе к анализу информации и процессу идентификации подозрительных объектов привлекаются специалисты, прошедшие необходимую подготовку. На данном

этапе производится маркировка участков, которые далее подлежат расчистке от мин и неразорвавшихся боеприпасов. Третий этап проводится совместно с бригадами саперов.

Система CARABAS-II работает в VHF диапазоне и использует зондирующий сигнал со спектром в пределах от 20 до 90 МГц (длины волн 3,3...15 м) с горизонтальной поляризацией. Разрешающая способность PCA может лежать в пределах от 3,3 до 15 м. Указанные параметры выбраны с целью обеспечения максимального проникновения радиолокационного сигнала под растительный покров и в земную поверхность.

По сравнению с космическими комплексами авиационные PCA расширяют возможности дистанционного зондирования Земли благодаря своим специфическим свойствам: возможности получения более высокого разрешения, возможности одновременного использования для съемок нескольких частотных диапазонов, возможности установки радиолокационной аппаратуры на малогабаритных БЛА, возможности обнаруживать различные объекты в растительности и под земной поверхностью. Все указанные особенности авиационных PCA делают их хорошим дополнением известным космическим PCA и значительно расширяют круг их возможного применения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нейман П.И., Нейман И.С. Особенности построения и основные характеристики радиолокаторов с синтезированной апертурой. Часть 1. Космические PCA. Часть 2. Авиационные PCA. Научно-технический отчет ОАО «НИИ ТП», 2010.

2. M. Glaccum High Altitude Reconnaissance: Concepts for Complementary Manned and Unmanned Operations. SMI Conference, 1 March 2004, London, UK.

3. M. Murray Taking Reconnaissance to Taking Reconnaissance to Another Level Another. UAVs: The Way Ahead Sandia National Laboratories, Washington, October 2004. <http://www.sandia.gov>

4. A.R. Brenner, J.H. G. Ender Airborne SAR Imaging with Subdecimeter Resolution. Proceedings of EUSAR 2006.

5. H. Cantalloube, P. Dubois-Fernandez Airborne X-band SAR imaging with 10 cm resolution – Technical

challenge and preliminary results. Proceedings of EUSAR 2004.

6. [www.sandia.gov/radar/SAR](http://www.sandia.gov/radar/SAR)

7. R.Horn, A.Nottensteiner, R.Scheiber, F-SAR – DLR's advanced airborne SAR system onboard DO228, Proceedings EUSAR-2008, Friedrichshafen, Germany, 2008.

8. P. Dubois-Fernandez, O. Ruault du Plessis, D. le Coz, J. Dupas, B. Vaizan, X. Dupuis, H. Cantalloube, C. Coulombeix, C. Titin-Schnaider, P. Dreuillet, JM. Boutry, JP. Canny, L. Kaisersmertz, J. Peyret, P. Martineau, M. Chanteclerc, L. Pastore, JP. Bruyant The ONERA RAMSES SAR system, Proc. IGARSS'02, Toronto, 2002.

9. Anti-Personnel Landmine Detection Technology Survey and Assessment. Wide-Area Detection in Support of Arm Control. Technical Report, March 1999. <http://www.estcp.org>

10. Unmanned Aircraft Systems (UAS) Roadmap, 2005-2030 (Appendix B, Sensors), <http://www.uav.ru>



**Н.Б. Ялдыгина** (Компания «Совзонд»)

В 2005 г. окончила механико-математический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. В настоящее время – ведущий специалист отдела программного обеспечения компании «Совзонд».

## Использование программного комплекса ENVI для решения задач лесного хозяйства

Многие задачи лесного хозяйства могут эффективно решаться на основе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ): инвентаризация и мониторинг лесного фонда, мониторинг лесопользования, охрана, обнаружение незаконных рубок, мониторинг лесных пожаров, лесопатологический мониторинг и др. Для этого необходимы специализированные методики обработки данных ДЗЗ, а также надежное программное обеспечение, позволяющее реализовать данные методики. Специалисты компании «Совзонд» для этих целей применяют программный комплекс ENVI.

ENVI – это программное обеспечение для обработки и анализа данных ДЗЗ. ENVI включает в себя широкий набор функциональных возможностей: визуализация и ортотрансформирование, атмосферная коррекция, классификация, спектральный анализ и многое другое.

Ниже рассмотрено несколько конкретных задач, решаемых в сфере лесного хозяйства с использованием данных ДЗЗ и ПК ENVI, с кратким описанием подходов к решению задач, применяемых в компании «Совзонд».

### ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

Вне зависимости от того, какие задачи лесопользования планируется решать на базе космических снимков, необходимым этапом обработки изображений становится фотограмметрическая обработка.

Исходные снимки, поставляемые операторами спутниковых систем, содержат несистематические искажения,

вызванные углом наклона съемочной системы, рельефом местности и другими факторами. Как следствие, линейные и площадные измерения, проводимые по таким снимкам, могут содержать весьма значительные ошибки.

Поэтому, прежде чем использовать снимок для определения площадей вырубок, уточнения квартальной сети и т. д., требуется проводить фотограмметрическую обработку. Процедурой, обеспечивающей необходимую точность изображений, является ортотрансформирование.

**Ортотрансформирование с RPC-коэффициентами** использует коэффициенты рационального полинома (RPC, Rational Polynomial Coefficients), которые обычно входят в поставку данных ДЗЗ и устанавливают соответствие между координатами точки на местности и ее изображением на снимке.

**Строгое ортотрансформирование** моделирует процесс съемки и позволяет восстановить пространственное положение совокупности лучей, сформировавших снимок.

Также при ортотрансформировании используется информация о рельефе местности, получаемая из открытых источников либо формируемая самостоятельно по иным доступным исходным данным (стереопарам космических снимков, оцифрованным горизонталям с топографических карт, наборам точек с высотами).

Результатом ортотрансформирования является новое изображение, скорректированное с учетом искажений, вызванных рельефом местности и положением съемочной аппаратуры.

**Реализация в ENVI:**

В ПК ENVI представлены оба метода ортотрансформирования — строгое и с RPC-коэффициентами. Данные методы позволяют устранить два основных типа искажений: вызванные наклоном съемочной системы и вызванные рельефом местности. Для повышения точности результатов можно также использовать опорные точки, полученные по результатам наземных наблюдений или взятые с других предварительно уточненных векторных данных и снимков.

**ОБНОВЛЕНИЕ КВАРТАЛЬНОЙ СЕТИ**

Квартальная сеть — система лесных кварталов, создаваемая в лесном фонде. Она служит основой для создания карт, используемых в лесном хозяйстве, поэтому важно иметь надежную цифровую квартальную сеть с известной картографической точностью.

Для уточнения пространственного положения квартальной сети можно использовать данные ДЗЗ. То, насколько хорошо читаются просеки по космическому снимку, зависит от нескольких факторов: пространственного разрешения снимка, доступных спектральных каналов, ширины просек.

Чем выше пространственное разрешение снимка, тем более узкие и заросшие просеки могут дешифрироваться по такому снимку (рис. 1).

Например, снимки сверхвысокого разрешения (0,5–1 м) позволяют уверенно дешифрировать практически все разрубленные просеки, визиры, ходовые линии.

В то же время снимки высокого разрешения (2–3 м) уже требуют, чтобы минимальный просвет на просеке состав-

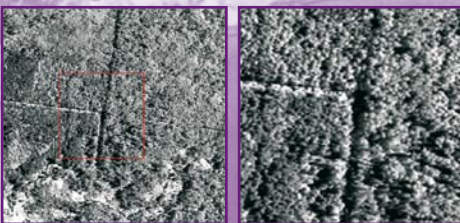


Рис. 1.  
Снимок Ikonos, разрешение 1 м. Уверенно дешифрируются чистые просеки шириной 3–4 м, хуже — зарастающие просеки

лял не менее 1 м — тогда такая просека будет дешифрирована. Следует также учитывать, что по мультиспектральным снимкам просеки дешифрируются на порядок лучше, чем по панхроматическим.

Дешифрирование просек достаточно быстро осуществляется оператором вручную.

**Реализация в ENVI:**

Дешифрирование просек удобно осуществлять в ENVI Zoom — одном из интерфейсов программы ENVI. Здесь имеются инструменты для создания и редактирования векторных объектов (в том числе линейных) с возможностью сохранения в шейп-файлы.

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МОНИТОРИНГ РУБОК**

Важной задачей лесопользования является мониторинг рубок различных типов — сплошных и выборочных, под строительство и инфраструктуру.

Один из подходов к решению этой задачи заключается в сравнении снимков, отражающих первичное состояние лесного фонда и ситуацию на текущий момент, путем создания цветных разновременных композитов.

Технология включает в себя несколько последовательно выполняемых шагов.

**Взаимное трансформирование снимков**

На первом шаге снимки взаимно трансформируются — приводятся к единой системе координат. Точность геокодирования анализируемых снимков очень важна, т. к. даже небольшие погрешности в ориентировании снимков (более 1–2 пикселей изображения) могут привести к эффекту «сдвиг» на изображении и существенно ухудшить дешифровочные свойства синтезированного изображения.

**Создание мультивременного композита**

Далее из пары снимков формируется мультивременной композит. Для этого создается новый файл на область перекрытия двух снимков, включающий в себя спектральные каналы обоих снимков.

После создания композита его необходимо визуализировать, открыв на экране цветное (RGB) изображение. Такое изображение получается синтезом трех спектральных каналов. При выборе каналов для синтеза придерживаются следующего правила: каналы

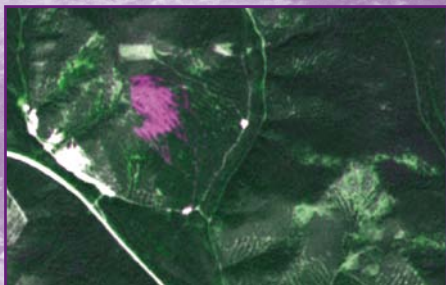


Рис. 2.  
Результат создания мультивременного композита:  
розовым цветом отображена появившаяся вырубка

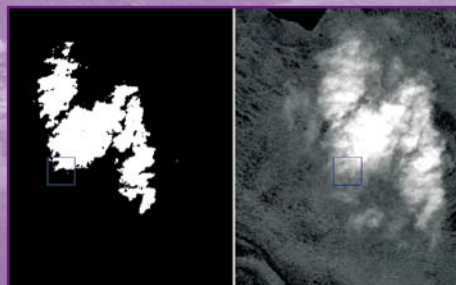


Рис. 3.  
Маска облаков и фрагмент исходного снимка

позднего (нового) снимка занимают первую (Red) и третью (Blue) компоненты, канал раннего (старого) снимка занимает вторую (Green) компоненту.

Например, если новый снимок является мультиспектральным, а старый – панхроматическим, то в качестве красного используется красный канал более нового (мультиспектрального) снимка, зеленого – канал панхроматического, а синего – ближний инфракрасный либо красный канал нового снимка.

На изображении, синтезированном указанным образом, измененные участки отображаются яркими цветами (рис. 2). В розовый цвет окрашиваются пиксели, в которых произошло увеличение яркости. Такой цвет будут иметь вырубки, вскрытые грунты, появившиеся на новом снимке. В зеленый цвет окрашиваются пиксели, в которых произошло уменьшение яркости пикселей. Например, такой цвет будут иметь тени от облаков.

### Создание маски облаков

Облачность, присутствующая на снимках, нередко затрудняет дешифрирование вырубок. Поэтому для упрощения работы можно предварительно создать маску облаков для исключения облачных участков из композита.

Выделить облака для построения маски можно путем выбора пикселей по пороговому значению, основываясь на том факте, что облака имеют высокие коэффициенты отражения во всех зонах видимого спектра (рис. 3).



Рис. 4.  
Исходные снимки (ALOS/AVNIR, SPOT) и  
разновременный композит с подстроенной  
гистограммой

### Подстройка гистограммы отображения

После визуализации композита для обеспечения лучшей читаемости изменений нередко требуется подстройка гистограммы отображения. Подстройка может быть выполнена вручную (настройка каждого канала в отдельности) либо с использованием стандартных преобразований, применяемых сразу ко всем каналам. Если априори известна хотя бы одна новая вырубка, то целесообразно найти ее на снимке и подстраивать гистограмму под нее (рис. 4).

### Классификация и векторизация вырубок

Выделение вырубок может осуществляться как ручным, так и автоматизированным способом.

Первый вариант предполагает, что оператор вручную векторизует вырубки на разновременном композите и в итоге получает новый векторный слой вырубок. Это наиболее точный вариант; векторные объекты, созданные вручную по композиту снимков, не будут обладать недостатка-

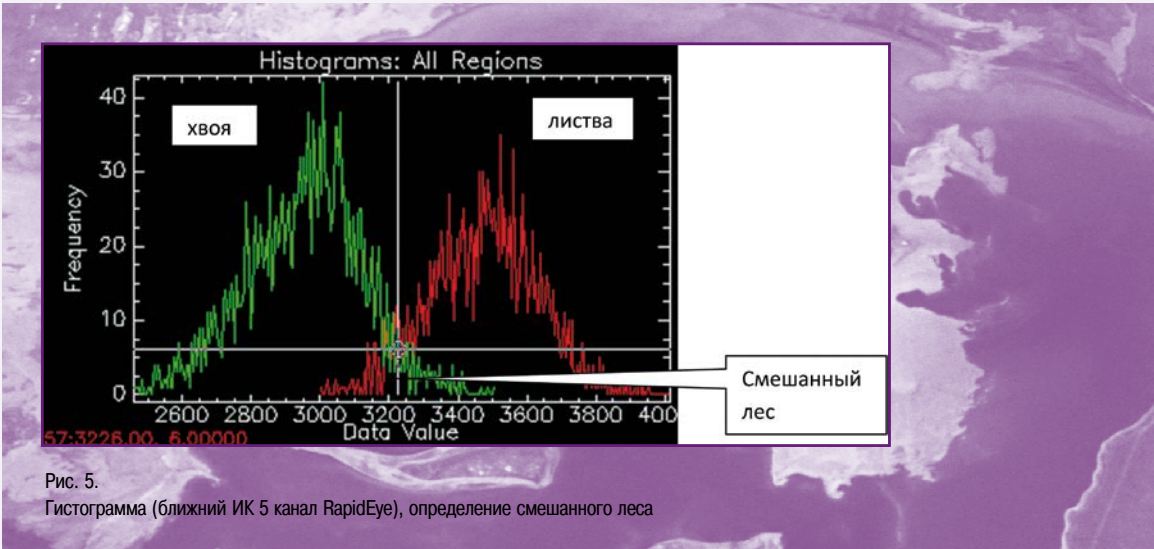


Рис. 5. Гистограмма (ближний ИК 5 канал RapidEye), определение смешанного леса

ми автоматически созданных программой — излишней дискретностью или, напротив, сглаженностью (в случае, если производилась процедура генерализации).

Второй вариант предполагает автоматическую классификацию изображения с последующей автоматической векторизацией. Чтобы данный метод корректно работал, необходимо, чтобы оба снимка были летними и сделанными в одинаковых погодных условиях; облачность и дымка должны быть минимальны (либо исключены из классификации с помощью маски).

Наиболее подходящими для автоматической классификации являются мультиспектральные снимки, имеющие в том числе не слишком высокое разрешение (например, RapidEye, ALOS/AVNIR). На таких снимках снижение полноты древостоя отмечается пропорциональным изменением яркостей пикселей, частично попадающих на вырубленные участки. За счет этого в яркостных характеристиках таких пикселей смешиваются яркости открытых почвогрунтов и кроны (в случае несплошной вырубки либо сплошной на начальном этапе), что дает своеобразный «полулесной» спектральный образ пикселей.

Возможно применение различных алгоритмов классификации, но для примера остановимся на следующих двух.

**Способ параллелепипедов.** Один из наиболее простых вариантов классификации по эталонам.

Предварительно оператор создает эталоны — выбирает группы пикселей, относящиеся к вырубкам. Далее в пространстве спектральных признаков создаются прямо-

угольники с центрами в точках среднего значения для эталонов. Размеры прямоугольников зависят от выбранных значений стандартного отклонения от среднего. Если пиксел по своим значениям попадает в один из выделенных прямоугольников, то он относится к классу «вырубка».

**Дерево решений.** Более сложный метод, эффективный даже для случаев анализа снимков с существенно различающимися сезонами съемки. Одним из преимуществ данного метода является независимость от эталонов. Оператор использует эталоны лишь на начальном этапе, при формировании правил решений — например, находит диапазон пересечения значений яркости пикселей с разных эталонов и использует этот диапазон в качестве правила для определения нового класса объектов (рис. 5). В дальнейшем разработанные правила могут использоваться при классификации других изображений, без необходимости набора эталонов с этих изображений.

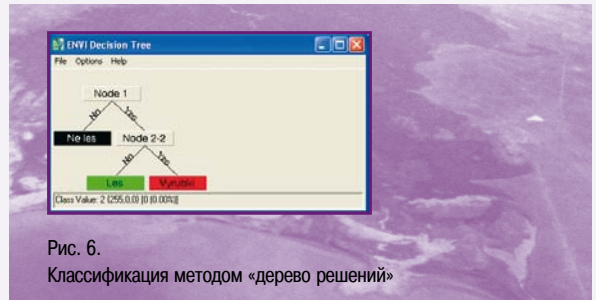


Рис. 6. Классификация методом «дерево решений»



Предварительно необходимо изучить спектральные характеристики вырубок и сформулировать условия, позволяющие отнести пиксели к классу вырубок. Каждое условие может быть сформулировано приблизительно следующим образом: «значение яркости пикселя во втором канале больше чем 22 и меньше чем 50», «значение яркости пикселя в первом канале больше чем 215 и меньше чем 254» и т. д. Проверкой первого условия все пиксели разбиваются на два класса; затем тот класс, для которого условие выполняется, разбивается еще на два класса проверкой следующего условия и т. д. Те пиксели, для которых будут выполнены все условия, относятся к классу вырубок (рис. 6).

Для получения результатов выделения вырубок в форме, пригодной для дальнейшего использования, необходимо выполнить векторизацию результатов классификации (обычно осуществляется автоматически). Может также потребоваться генерализация результатов, включающая в себя удаление единичных пикселей, объединение пикселей в группы и заливку «окон».

#### Реализация в ENVI:

Для формирования мультитременного композита используется функция Layer Stacking, позволяющая создать новый файл по пересечению снимков, задав желаемое пространственное разрешение выходного файла.

Маска облаков формируется с помощью инструментов Build Mask и ROI Tool; второй инструмент, в частности, позволяет задать пороговое значение и выделить все пиксели на изображении, значения яркости в которых превышают данное значение.

Визуализация композита осуществляется с использованием классического трехоконного интерфейса ENVI. Этот же интерфейс позволяет выполнить подстройку гистограммы отображения – вручную либо воспользовавшись одним из стандартных улучшающих преобразований (Linear 2% и др.).

Ручная векторизация вырубок может быть выполнена в интерфейсе ENVI Zoom с сохранением результата в шейп-файл.

Для классификации можно использовать один из более десятка алгоритмов, представленных в ENVI, включая способ параллелепипедов и дерево решений.

Анализ яркости пикселей эталонов выполняется инструментом получения статистики Stats, а также с помощью различных функций построения графиков и диаграмм.

## ВЫЯВЛЕНИЕ ГАРЕЙ, ВЕТРОВАЛОВ, ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЛЕСНЫЕ МАССИВЫ

Сходная технология – предполагающая создание мультитременных композитов – может использоваться и для выявления гарей, ветровалов, а также различных воздействий на лесные массивы, связанных с функционированием горнопромышленных предприятий. Как показывает опыт специалистов компании «Совзонд», данная задача полностью решается с применением в первую очередь оптических космических снимков среднего и высокого разрешения, а также радиолокационных данных в качестве дополнительного источника информации.

## ВЫЯВЛЕНИЕ МЕДЛЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В ЛЕСАХ

Еще одной задачей, эффективно решаемой с помощью методов дистанционного зондирования, является выявление медленных изменений в лесах. Примером может служить вымокание лесов, которое особенно часто возникает в равнинных, слабо дренированных районах, с неглубоким залеганием грунтовых вод и достаточным увлажнением. В таких местах нередко прокладка автомобильных дорог, магистральных нефте- и газопроводов требует возведения высоких насыпей и в итоге приводит к нарушению гидрологического режима, к вымоканию и деградации лесных массивов.

На основе спутниковой съемки и с использованием так называемых спектральных индексов процессы вымокания лесов могут быть обнаружены даже на начальных стадиях. Спектральные индексы определяются как некоторая комбинация значений яркости в определенных каналах, информативных для выделения исследуемого объекта, и позволяют оценить состояние объекта.

### Радиометрическая и атмосферная коррекция

Поскольку используемая методика предполагает количественный анализ яркостных характеристик, то предварительно требуется проведение радиометрической и атмосферной коррекции.

**Радиометрическая коррекция** предназначена для восстановления физических величин яркости и осуществляется с учетом линейной зависимости между цифро-



выми значениями яркости пикселей снимка и яркостью соответствующих площадок земной поверхности.

**Атмосферная коррекция** позволяет, приняв во внимание состояние атмосферы, перевести значения спектральной яркости, зафиксированные съемочной аппаратурой, в коэффициенты отражения, которые могли быть зафиксированы у земной поверхности полевым спектрометром.

### Индекс вымокания

Непосредственно выявление вымокания лесов осуществляется на основе вегетационного индекса, рассчитываемого по мультиспектральному изображению. Для выявления вымокания лесов был разработан специальный **индекс вымокания**, представляющий собой комбинацию из стандартного индекса NDVI и коэффициента отражения в зеленой зоне спектра. В зависимости от значения данного индекса определяются стадии вымокания леса на данной территории, начиная от первой (практически здоровый лес) до четвертой (полное исчезновение древесной растительности).

Более подробно с применяемыми технологиями можно ознакомиться в статье А.С. Черепанова «Технология выявления медленных изменений в лесах по мультиспектральным космическим снимкам (на примере вымокания лесов)», опубликованной в журнале «Геоматика» (№ 3 за 2009 г.).

#### Реализация в ENVI:

Для атмосферной коррекции используется ACM – дополнительный модуль ENVI.

Для расчета индекса вымокания создается подпрограмма к ENVI на языке IDL. В ENVI есть определенный набор спектральных индексов, включая вегетационные индексы, однако индекс вымокания стандартным не является и в программу не включен.

### ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕННЫХ ПРОЕКТОВ

Специалистами компании «Совзонд» накоплен весьма значительный опыт реализации проектов на основе данных ДЗЗ в целях лесопользования. Примеры нескольких проектов приведены ниже.

#### ФГУП «Рослесинфорг»

Целью данного проекта являлась разработка законченных, универсальных и воспроизводимых технологий автоматизированного выявления изменений в лесном фонде, а

также внедрение всего технологического комплекса на базе ФГУП «Рослесинфорг».

Проект выполнялся на примере 18 эталонных участков (лесничеств), распределенных по всей территории России. В ходе проекта были разработаны и апробированы технологии, позволяющие решать следующие задачи, находящиеся в сфере ответственности ФГУП «Рослесинфорг»:

- обновление квартальной сети;
- мониторинг сплошных и выборочных рубок, рубок под строительство и инфраструктуру, лесовозных дорог;
- выявление гарей, а также участков леса, пройденных пожарами за определенный промежуток времени;
- выявление ветровалов;
- мониторинг горнопромышленного воздействия на лесные массивы;
- выявление медленных изменений в лесах.

По результатам проекта были разработаны пошаговые инструкции для выполнения технологических процедур и проведено обучение специалистов ФГУП «Рослесинфорг».

#### ОАО «Монди СЛПК»

Компания ОАО «Монди СЛПК» является одним из крупнейших производителей целлюлозно-бумажной продукции в России. Целью проекта, выполняемого компанией «Совзонд» при участии специалистов филиала ФГУП «Рослесинфорг» «Центрлеспроект», являлось информационное обеспечение данными ДЗЗ и результатами их дешифрирования в целях получения информации о лесном фонде и планирования лесохозяйственной деятельности.

В рамках проекта была выполнена новая съемка территории Ношульского участкового лесничества космическим аппаратом WorldView-2. Полученные снимки прошли фотограмметрическую обработку и затем использовались для построения бесшовной мозаики. Для ортотрансформирования снимков применялась информация о рельефе в виде оцифрованных горизонталей с плана масштаба 1:25 000; наземные опорные точки не использовались.

Далее осуществлялось автоматизированное подразделение лесного фонда Ношульского участкового лесничества на однородные участки с последующей автоматизированной и визуальной генерализацией контуров, сглаживанием их границ. Для этого использовались алгоритмы объектно-ориентированной сегментации и спектральной классификации, реализованные в ПК ENVI.

**И.В. Оньков** (ЗАО «Мобиле», Пермь)

В 1970 г. окончил МИИГАиК по специальности «астрономо-геодезия». В настоящее время – научный консультант ЗАО «Мобиле» (Пермь). Кандидат технических наук, доцент.

## Оценка точности высот SRTM для целей ортотрансформирования космических снимков высокого разрешения

### ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Хорошо известно, что точность ортофотоплана во многом определяется точностью используемой при ортотрансформировании цифровой модели рельефа (ЦМР). Создание ЦМР соответствующей точности для ортотрансформирования одиночных космических снимков высокого разрешения (IKONOS, QuickBird, WorldView-1,2) традиционным методом оцифровки топографических карт требует значительных затрат времени и средств. В связи с этим возможность использования общедоступной модели рельефа Земли SRTM для целей ортотрансформирования одиночных космических снимков высокого разрешения с небольшими углами надирного отклонения весьма привлекательна, так как полностью исключает трудозатраты на создание внешней ЦМР по картографическим материалам.

В данной работе на примере конкретной территории (г. Пермь), покрываемой двумя одиночными снимками WorldView-2 с небольшими углами надирного отклонения (менее 14°), предоставленными компанией «Совзонд», выполнено исследование точности высот модели SRTM с целью оценки возможностей создания по этим снимкам ортофотопланов крупного масштаба (1:2000 – 1:5000). В работе также исследовано влияние характера рельефа и типа отражающей поверхности на точность высот модели SRTM.

Как известно, модель SRTM создана по данным радарной интерферометрической съемки земной поверхности радиолокационным комплексом на базе SIR-C/X-SAR, установленным на борту КА Shuttle Endeavour в двух диапазонах длин волн С (5,6 см) и Х (3,1 см), и измеряет высоту отражающей, а не топографической поверхности: в залесенных районах – высоту деревьев, на заснеженной территории – высоту снежного покрова, а на застроенных территориях – высоту некой осредненной поверхности, которая формируется в процессе обработки радиолокационных сигналов и достаточно неопределенна, так как зависит от большого числа трудноучитываемых факторов, таких, как густота застройки, этажность зданий и т.п. Поэтому, строго говоря, данные SRTM можно рассматривать как цифровую модель рельефа Земли (ЦМР) и выполнять ее корректную оценку точности только на открытых незастроенных территориях, не покрытых кустарниковой и древесной растительностью, и при условии, что толщина снежного покрова на этих участках в период съемки достаточно мала, чтобы ею можно было пренебречь.

### ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

В работе тестировалась цифровая модель местности SRTM, открытая для свободного доступа в Интернете на сайте <http://dds.cr.usgs.gov/srtm> в виде

16-битных растровых файлов, значения пикселей в которых численно равно высоте модели местности над поверхностью геоида EGM96 в метрах.

Каждый файл географически соответствует одной эллипсоидальной трапеции размером 1x1 градуса по широте и долготе на эллипсоиде WGS-84 и структурно представляет собой матрицу размером 1201x1201 с шагом сетки 3x3 секунды дуги. В системе прямоугольных координат города Перми это соответствует сетке с размером ячейки приблизительно 93x49 м по оси X и по оси Y.

Так как снимки WorldView-2, предназначенные для ортотрансформирования, располагались на стыке четырех одноградусных трапеций, то предварительно была сформирована расширенная матрица высот SRTM, состоящая из 2401x2401 элементов. Объединение данных в единый файл выполнялось в программе ENVI 4.4. При этом учитывалось, что одна дополнительная строка и одна дополнительная колонка матрицы являются дублирующими и повторяются на соседних матрицах.

В качестве исходного картографического материала использовались растровые копии топографических планов города масштаба 1:5000 с высотой сечения рельефа 1,0 м, цифровые топографические планы города масштаба 1:500 с высотой сечения горизонталей 0,5 м, а также данные о координатах и высотах пунктов опорной межевой сети (ОМС) города.

Выбор масштаба картографического материала основывался на принципе «ничтожных погрешностей», в соответствии с которым точность эталонных отметок земной поверхности должна быть по крайней мере в три раза выше оцениваемой точности высот SRTM. В этом случае ошибками эталонных отметок, снятых с топографических планов, можно пренебречь и рассматривать разности высот как истинные ошибки модели SRTM.

Этому требованию вполне удовлетворяют топографические планы масштаба 1:500 – 1:5000 с высотой сечения рельефа 0,5–1,0 м, а также высоты пунктов ОМС, полученные с использованием GPS-приемников.

В общей сложности на территории площадью примерно 70 кв. км городской и пригородной зоны Перми были измерены по картографическому материалу прямоугольные координаты более 2000 точек с подписанными отметками высот рельефа и выписаны из каталогов координаты и высоты более 150 пунктов ОМС.

Общее расположение измеренных точек и контуры снимков WorldView-2 показаны на растровом изображении модели SRTM (рис. 1).

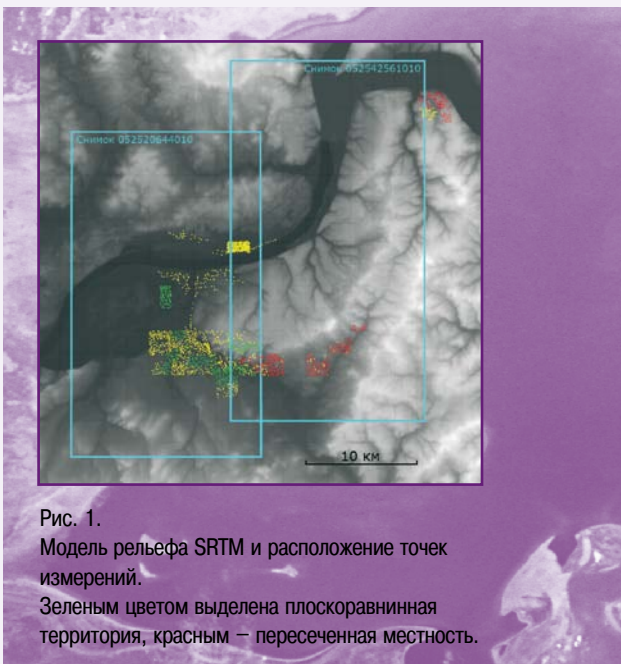


Рис. 1. Модель рельефа SRTM и расположение точек измерений. Зеленым цветом выделена плоскоровинная территория, красным – пересеченная местность.

## ВЫЧИСЛЕНИЕ РАЗНОСТИ ВЫСОТ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ И МОДЕЛИ SRTM

Разности высот топографической поверхности и модели SRTM можно вычислять, используя два основных подхода:

- интерполированием высот поверхности SRTM в заданных точках топографической поверхности с известными отметками;
- интерполированием высот топографической поверхности по горизонталям в узлах сетки матрицы высот SRTM.

Второй подход, основанный на графическом линейном интерполировании (на рис. 2 приведен пример графического наложения узлов матрицы высот на фрагмент топографического плана масштаба 1:5000), в ручном варианте достаточно трудоемок, а его эффективная машинная реализация требует предварительно-

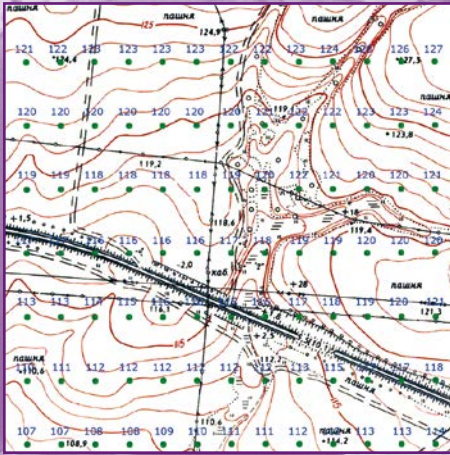


Рис. 2.  
Пример графического наложения узлов матрицы высот SRTM на топографический план масштаба 1:5000

го создания цифровой модели рельефа Земли по картографическим материалам, что также ведет к значительным трудовозатратам.

С учетом этого обстоятельства, в данной работе для вычисления разности высот топографической поверхности и модели SRTM был принят первый подход. Отметки высот поверхности SRTM в заданных точках с подписанными отметками земной поверхности рассчитывались путем интерполирования матрицы высот модели по координатам  $B_{WGS-84}, L_{WGS-84}$  точки на эллипсоиде WGS-84 двумерными кубическими полиномами с использованием стандартных программ библиотеки численного анализа НИВЦ МГУ [1].

Переход от городской системы  $X_{Гор}, Y_{Гор}$  в которой выполнялись измерения координат точек на цифровых топографических планах, к системе геодезических координат на эллипсоиде WGS-84  $B_{WGS-84}, L_{WGS-84}$  выполнялся в два этапа через систему координат СК-42:  $(X_{Гор}, Y_{Гор}) \rightarrow (X_{СК-42}, Y_{СК-42}) \rightarrow (B_{WGS-84}, L_{WGS-84})$ .

Преобразование прямоугольных координат точек из городской системы в систему координат Гаусса-Крюгера (СК-42) выполнялось с использованием параметров перехода, определенных по одноименным пунктам триангуляции 1-го класса [2].

Преобразования прямоугольных координат точек из системы координат СК-42 в систему геодезических координат на эллипсоиде WGS-84 выполнялись в соответствии с действующим стандартом ГОСТ Р 51794-2008 через систему координат ПЗ-90.02 [3].

### ПОКАЗАТЕЛИ ТОЧНОСТИ ВЫСОТ МОДЕЛИ SRTM

При статистической обработке данных принималась аддитивная модель ошибок, согласно которой разности высот SRTM  $H_{SRTM}$  и топографического рельефа земли  $H_{Топо}$

$$\Delta H = H_{SRTM} - H_{Топо}$$

рассматривались в виде суммы систематической  $\Delta_H$  и случайной  $\delta_H$  ошибок:

$$\Delta H = \Delta_H + \delta_H.$$

В качестве основных показателей точности модели были приняты следующие параметры:

- среднее значение разности высот, оценка систематической ошибки ( $n$  – число измерений)

$$\bar{\Delta}_H = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta H_i;$$

- средняя квадратическая ошибка (Root Mean Square Error)

$$RMSE_{\Delta H} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta H_i^2};$$

- средняя абсолютная ошибка (Mean Absolute Error)

$$MAE_{\Delta H} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\Delta H_i|;$$

- вероятные линейные ошибки (Linear Error)  $LE_{90_{\Delta H}}$  и  $LE_{95_{\Delta H}}$ , оцениваемые как 90 и 95% или вариационные ряды абсолютных значений разностей  $\Delta H_i$ ;
- минимальное  $\Delta H_{\min}$  и максимальное  $\Delta H_{\max}$  значения разностей высот.

После исключения систематической ошибки из результатов измерений  $\Delta h_i = \Delta H_i - \bar{\Delta}_H$  оценивались параметры случайной составляющей  $\delta_H$ :

- стандартная средняя среднеквадратическая ошибка

$$\sigma_{\Delta h} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \Delta h_i^2};$$

Таблица 1

## Показатели точности высот модели SRTM по всей совокупности данных

Параметр выборки	Значение параметра
Число точек $n$	2164
Систематическая ошибка $\bar{\Delta}_H$ , м	-0,40
Средняя квадратическая ошибка $RMSE_{\Delta H}$ , м	1,35
Средняя абсолютная ошибка $MAE_{\Delta H}$ , м	1,07
Вероятная линейная ошибка $LE90_{\Delta H}$ , м	2,20
Вероятная линейная ошибка $LE95_{\Delta H}$ , м	2,70
Минимальное значение разности $\Delta H_{\min}$ , м	-4,95
Максимальное значение разности $\Delta H_{\max}$ , м	4,16
Стандартная средняя квадр. ошибка $\sigma_{\Delta h}$ , м	1,29
Средняя абсолютная ошибка $\theta_{\Delta h}$ , м	0,99
Коэффициент асимметрии $As_{\Delta h}$	0,24
Коэффициент эксцесса $Ex_{\Delta h}$	0,75

- центрированная средняя абсолютная ошибка

$$\theta_{\Delta h} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n |\Delta h_i|};$$

- коэффициенты асимметрии

$$As_{\Delta h} = \frac{1}{n\sigma_{\Delta h}^3} \sum_{i=1}^n \Delta h_i^3;$$

- коэффициент эксцесса

$$Ex_{\Delta h} = \frac{1}{n\sigma_{\Delta h}^4} \sum_{i=1}^n \Delta h_i^4 - 3.$$

Визуальная оценка близости эмпирического распределения случайных ошибок нормальному закону распределения оценивалась по гистограмме частот и наложенной на нее кривой нормального распределения (кривой Гаусса).

### ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ МОДЕЛИ SRTM И СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ

В обработку принимались все точки с подписанными отметками вне зависимости от характера рельефа и отражающей поверхности (в том числе расположенные и в сельских населенных пунктах с одноэтажной застройкой), за исключением территорий, занятых сплошными лесными массивами и

садами, а также участками с многоэтажной городской застройкой.

Характер рельефа местности на исследуемой территории достаточно резко менялся от плоскоравнинного (поля мелиоративного земледелия, территория недействующего аэродрома, поймы рек) с преобла-

Таблица 2

Интервальное распределение ошибок  $\Delta h$ 

Интервал, м		Частота, p	
		n	%
-5,000	-4,001	5	0,2
-4,000	-3,001	21	1,0
-3,000	-2,001	78	3,6
-2,000	-1,001	317	14,6
-1,000	-0,001	710	32,8
0,000	0,999	588	27,2
1,000	1,999	294	13,6
2,000	2,999	106	4,9
3,000	4,000	37	1,7
4,000	5,000	8	0,4
Сумма		2164	100,0



дающими углами наклона существенно меньше 1 градуса до пересеченного (склоны коренного берега реки) с углами наклона земной поверхности более 6 градусов. Общий перепад высот составил 108 м от минимальной отметки 91 м до максимальной 199 м. Населенные пункты сельского типа находились преи-

мущественно на равнинной местности и занимали примерно 10% территории.

Показатели точности высотной составляющей модели SRTM по результатам обработки всей совокупности данных, без разделения по типу рельефа и характеру отражающей поверхности, приведены в табл. 1.

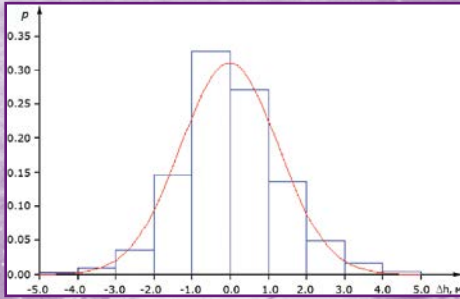


Рис. 3.  
Гистограмма распределения случайных ошибок высот SRTM

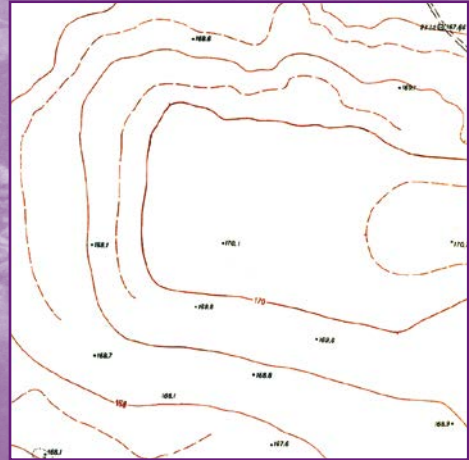


Рис. 4.  
Фрагмент карты плоскоравнинной местности

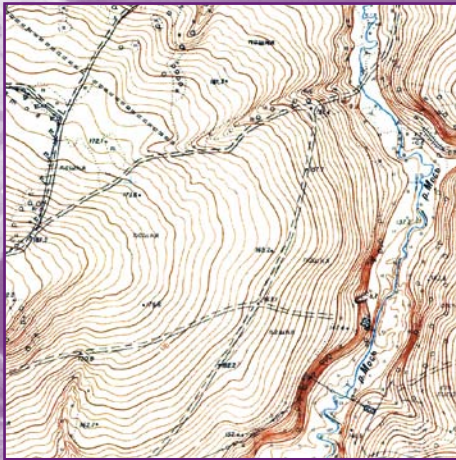


Рис. 5.  
Фрагмент карты пересеченной местности

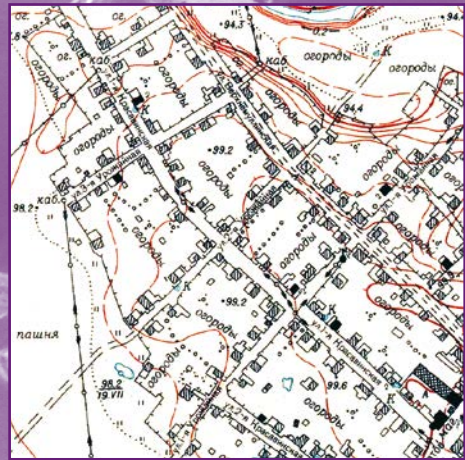


Рис. 6.  
Фрагмент карты застроенной территории

Таблица 3

## Показатели точности высот модели SRTM в зависимости от характера рельефа

Параметр выборки Характер рельефа	Значение параметра	
	Плоскоравнинный	Пересеченный
Число точек $n$	482	412
Систематическая ошибка $\bar{\Delta}_H$ , м	-0,71	-1,08
Средняя квадратическая ошибка $RMSE_{\Delta H}$ , м	1,01	1,59
Средняя абсолютная ошибка $MAE_{\Delta H}$ , м	0,85	1,27
Вероятная линейная ошибка $LE90_{\Delta H}$ , м	1,60	2,68
Вероятная линейная ошибка $LE95_{\Delta H}$ , м	1,80	3,16
Минимальное значение разности $\Delta H_{\min}$ , м	-2,80	-4,47
Максимальное значение разности $\Delta H_{\max}$ , м	1,42	1,94
Стандартная средняя квадр. ошибка $\sigma_{\Delta h}$ , м	0,72	1,17
Средняя абсолютная ошибка $\theta_{\Delta h}$ , м	0,57	0,92

Интервальное распределение случайных ошибок  $\Delta h$  (табл. 2) и соответствующая ему гистограмма эмпирических частот с наложенной на нее кривой Гаусса, позволяющая визуально оценить степень близости эмпирического распределения нормальному закону, приведены на рис. 3.

Нулевую гипотезу о согласии эмпирического распределения случайных ошибок  $\Delta h$  нормальному закону по критерию асимметрии и эксцесса в данном случае следует отклонить, так как выборочные значения  $As_{\Delta h}$ ,  $Ex_{\Delta h}$ , приведенные в таблице 2, превышают их критические значения на уровне значимости 1%, равные соответственно  $g_1 = 0,12$  и  $b_2 = 0,28$  [4].

Полученный результат является следствием статистической неоднородности данных в анализируемой выборке, образованной измерениями с различными средними значениями и дисперсиями. Этот вывод подтверждают выполненные исследования влияния наклона и характера отражающей поверхности на показатели точности высот модели SRTM.

### Влияние наклона отражающей поверхности на точность высот модели SRTM

Для исследования влияния наклона отражающей поверхности на точность высот SRTM из всего массива

измеренных данных были выделены измерения, выполненные на участках открытой местности (на рис. 1 выделены зеленым и красным цветом) с двумя наиболее характерными типами рельефа:

- плоскоравнинная местность с преобладающими углами наклона земной поверхности существенно меньше 1 градуса (рис. 4);
- пересеченная (холмистая) местность с преобладающими углами наклона земной поверхности более 6 градусов (рис. 5).

Показатели точности высотной составляющей модели SRTM по результатам статистической обработки данных для двух типов рельефа приведены в табл. 3.

### Влияние характера отражающей поверхности на точность высот модели SRTM

Из всего массива информации были выделены измерения, выполненные на территории с малоэтажной застройкой сельского типа (рис. 6).

Показатели точности высотной составляющей модели SRTM по результатам статистической обработки данных приведены в табл. 4.

Анализ систематических и случайных ошибок, приведенный в табл. 2, 3, показывает, что показатели точности высот SRTM существенно зависят от типа рельефа и характера отражающей поверхности.

Таблица 4

## Показатели точности высот модели SRTM для застроенной территории

Параметр выборки	Значение параметра
Число точек $n$	275
Систематическая ошибка $\bar{\Delta}_H$ , м	0,18
Средняя квадратическая ошибка $RMSE_{\Delta H}$ , м	1,16
Средняя абсолютная ошибка $MAE_{\Delta H}$ , м	0,91
Вероятная линейная ошибка $LE90_{\Delta H}$ , м	2,06
Вероятная линейная ошибка $LE95_{\Delta H}$ , м	2,37
Минимальное значение разности $\Delta H_{\min}$ , м	-3,25
Максимальное значение разности $\Delta H_{\max}$ , м	3,54
Стандартная средняя квадр. ошибка $\sigma_{\Delta H}$ , м	1,15
Средняя абсолютная ошибка $\theta_{\Delta H}$ , м	0,91

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты выполненных исследований точности высоты модели SRTM для конкретной территории г. Перми, покрываемой двумя снимками WorldView-2 с углами надирного отклонения менее 14 градусов, позволяют сделать вывод о возможности использования этой модели для создания ортофотоснимков масштаба 1:2000 на участки открытой местности и малоэтажной застройки территории сельских населенных пунктов.

Этот вывод следует из соотношения между ошибкой высоты цифровой модели рельефа  $\Delta H$ , используемой для ортотрансформирования, углом надирного отклонения  $\alpha$  и смещением планового положения точки  $\Delta L$ [5]:

$$\Delta L = \Delta H \operatorname{tg} \alpha.$$

Согласно инструкции [6], средняя ошибка положения твердого контура на ортофотоплане не должна превышать 0,5 мм в масштабе плана, что соответствует 1,0 м на местности для масштаба 1:2000. Приняв величину средней ошибки, равную 1,27 м (таблица 2, пересеченная местность) и учитывая значение  $\operatorname{tg} 14^\circ = 0,25$ , получим среднюю величину смещения  $\Delta L = 0,32$  м, что существенно меньше допустимой средней ошибки положения контура для масштаба ортофотоплана 1:2000.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Научно-исследовательский вычислительный центр МГУ. Библиотека численного анализа НИВЦ МГУ [электронный ресурс] – режим доступа: [http://www.srcc.msu.su/num\\_anal/lib\\_na/libnal.htm](http://www.srcc.msu.su/num_anal/lib_na/libnal.htm).
2. Оньков И.В. Определение параметров преобразования плоских прямоугольных координат в проекции Гаусса по одноименным точкам // Геопрофи. – 2009. – №6. С.56-59.
3. ГОСТ Р 51794–2008 – Глобальные навигационные спутниковые системы. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек. – М.: Стандартинформ, 2009. – 19 с.
4. Болшев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. – М.: Наука. Главная редакция физико-математического литературы, 1983. – 416 с.
5. Карионов Ю.И. Оценка точности матрицы высот SRTM // Геопрофи. – 2010. – №10. С.48-51.
6. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов. – М.: ЦНИИГАиК, 2002. – 48 с.

**С. В. Шимов** (Филиал ФГУП «Рослесинфорг» «Запсиблеспроект»)

В 1997 г. закончил Уральскую государственную лесотехническую академию по специальности «лесное и лесопарковое хозяйство». С 2009 г. – первый заместитель директора филиала ФГУП «Рослесинфорг» «Запсиблеспроект».

**Ю. В. Никитина** (Филиал ФГУП «Рослесинфорг» «Запсиблеспроект»)

В 2000 г. закончила Сибирскую государственную геодезическую академию по специальности «исследование природных ресурсов аэрокосмическими средствами». В настоящее время – руководитель отдела мониторинга лесов филиала ФГУП «Рослесинфорг» «Запсиблеспроект». Кандидат технических наук.

## Технология мониторинга вырубок леса с использованием космических снимков высокого пространственного разрешения

Для обширных лесных территорий России, расположенных в различных лесорастительных зонах и отличающихся большим породным разнообразием, наиболее эффективным является мониторинг с использованием космических снимков. Современные средства космической съемки позволяют получать наиболее оперативную и достоверную информацию о состоянии лесов и хозяйственной деятельности на любой самой удаленной территории, что практически недостижимо при наземных обследованиях.

Огромный ущерб лесам и экономике России причиняется незаконными рубками леса. По официальным данным [1], ущерб, причиненный лесному фонду незаконными рубками (рубками без разрешительных документов), составил в 2009 г. 4,8 млрд руб.

Целью дистанционного мониторинга является оценка соблюдения основных положений лесного законодательства, правил и нормативов организации лесопользования [2].

При этом решаются следующие задачи:

- выявление и определение мест, площадей и объемов незаконных (без разрешительных документов) сплошных рубок леса;
- выявление нарушений действующих правил лесопользования и порядка отвода лесосек под сплошные рубки спелых и перестойных лесных насаждений и сплошные санитарные рубки.

Многие незаконные сплошные рубки могут быть выявлены при сравнении материалов отводов с данными космической съемки, сделанной за год до рубки и к моменту проверки. При этом для выявления большинства рубок и оценки их площади эффективно использовать космические снимки высокого разрешения от 1 до 10 м (SPOT, ALOS, WorldView-1,2, QuickBird, RapidEye, CARTOSAT, FORMOSAT-2). Таким образом, оперативная информация, получаемая со спутников, позволяет вовремя выявить случаи нарушений без привлечения дорогостоящих авиаоблетов.

В филиале ФГУП «Рослесинфорг» «Запсиблеспроект» мониторинг лесов и использования земель лесного фонда с применением космических снимков проводится последние несколько лет [3]. Объектами дистанционного мониторинга являются лесничества Алтайского края, Республики Алтай, Кемеровской, Новосибирской, Омской, Свердловской, Томской, Тюменской областей, Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, Ямало-Ненецкого автономного округа. Площадь территории, на которой проводились работы по дистанционному мониторингу лесов с 2008 по 2011 гг., приведена в табл. 1.

В настоящее время в филиале ФГУП «Рослесинфорг» «Запсиблеспроект» применяется следующая технологическая схема проведения дистанционного мониторинга незаконных рубок леса и использования земель лесного фонда (рис. 1).



Таблица 1

## Площадь территории, охваченной дистанционным мониторингом в 2008–2011 гг.

	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.
Площадь территории, охваченной дистанционным мониторингом, тыс. га	33 521,6	37 968,7	14 370,2	16 338,4

На **первом этапе** проводятся подготовительные работы по приему первичных материалов от департаментов лесного хозяйства по федеральным округам: копии лесных деклараций, копии договоров купли-продажи лесных насаждений, ведомости материально-денежной оценки лесосек, копии технологических карт разработки лесосек, данные государственного лесного реестра и статистической отчетности. Проводится анализ первичных материалов, полнота и качество оформления предоставленных материалов, при необходимости составляются перечни замечаний, которые направляются в департаменты лесного хозяйства по федеральным округам с целью надлежащего оформления материалов субъектами РФ.

Затем выполняется создание векторного слоя границ лесных участков, используемых в соответствии со статьями 29, 43–46 Лесного кодекса Российской Федерации [4], по данным лесных деклараций и материалов отводов с заполнением атрибутивной информации, которая включает данные о лесничестве, квартале, выделе, виде использования лесов, площади лесосеки, ликвидном запасе на площади лесосеки, разрешительном документе на проведение рубки, арендаторе (лесопользователе), способе рубки.

На **втором этапе** приобретаются материалы космической съемки в панхроматическом или многозональном режиме с пространственным разрешением не хуже 5 м со спутников SPOT-5, ALOS (PRISM),

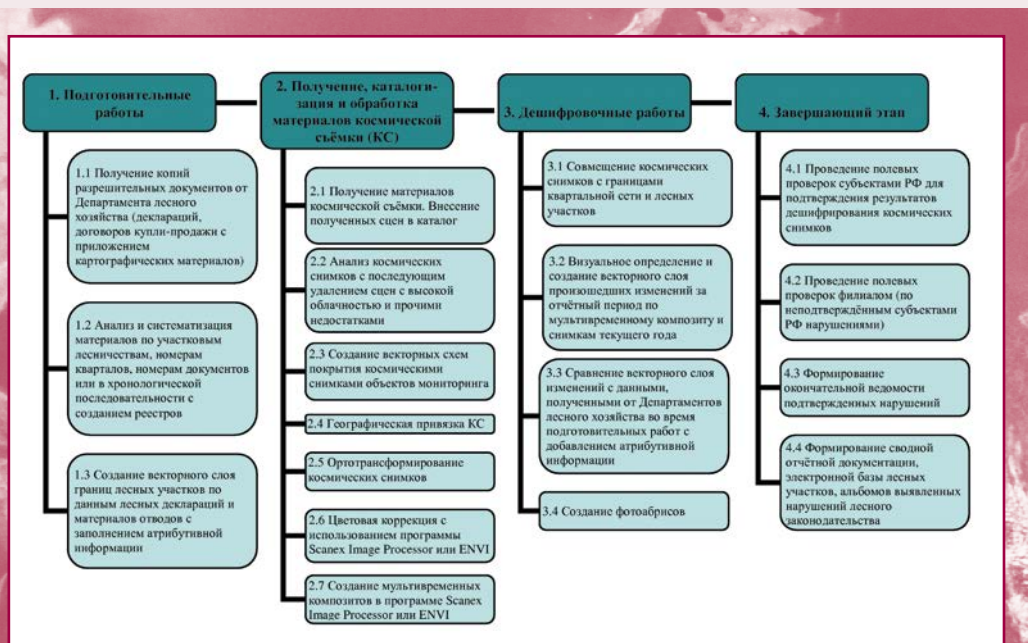


Рис. 1.

Технологическая схема проведения дистанционного мониторинга незаконной рубки леса и использования земель лесного фонда



WorldView-1,2, QuickBird, RapidEye, выполняется создание каталогов полученных космических снимков. Далее проводится анализ космических снимков с последующим удалением сцен с высокой облачностью и прочими недостатками. Создаются векторные схемы покрытия космическими снимками объектов мониторинга (рис. 2).

При необходимости проводится цветовая коррекция, географическая привязка и ортотрансформирование космических снимков, создание мозаик в программном комплексе ENVI. Для выявления изменений на территориях лесного фонда эффективно создание синтезированных изображений (мультивременных композитов), получаемых путем слияния спектральных каналов разновременных космических снимков с интервалом в 1 год.

Космическая съемка для обеспечения задач мониторинга лесов должна проводиться в весенний, летний или осенний сезоны, преимущественно в вегетационный период. Зимняя съемка при наличии снежного покрова может применяться как исключение в качестве дополнения к съемкам в бесснежный период для подчеркивания контраста некоторых объектов.

Лесной фонд России расположен в пределах от 42 до 72° с.ш., поэтому орбиты космических аппаратов, с которых производится съемка в интересах лесного хозяйства и лесоведения, должны быть близки к субполярным. Штатным режимом съемки должна быть съемка в надир. В отдельных случаях возможна съемка с наклоном оптической оси до 18–25°. В горных условиях угол наклона оптической оси съемочной системы не должен быть больше 10°.

Поскольку на структуру изображения лесов и его яркостные характеристики существенное влияние оказывают тени деревьев, то изображения, полученные при съемке в ранние утренние и поздние вечерние часы при низкой высоте Солнца, существенно уступают по своим дешифровочным характеристикам изображениям, полученным при более высоких углах солнечных лучей. Поэтому высота Солнца при съемке, особенно это относится к горным лесам, должна быть не менее 20–25°.

Съемка из космоса должна проводиться преимущественно в безоблачную погоду или при наличии облачности не более 15%.

Наличие сплошной облачности на территории объектов мониторинга в течение длительного времени вынуждает снижать требования к космическим снимкам в

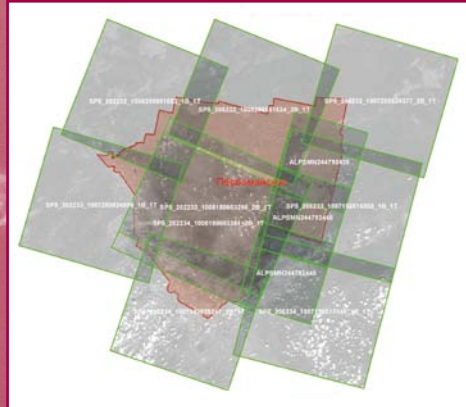


Рис. 2. Схема покрытия космическими снимками SPOT-5, ALOS (PRISM) Первомайского лесничества Томской области в 2010 г.

отношении допустимого процента облачности на снимках и к углам наклона оптической оси. Так, в 2010 г. в течение трех летних месяцев не удавалось получить малооблачные снимки некоторых территорий Томской, Новосибирской областей, Ханты-Мансийского автономного округа – Югры.

При выборе типов космических снимков для проведения работ по дистанционному мониторингу необходимо учитывать размер сцены. С увеличением размеров сцены повышается производительность выполнения работ по созданию мозаик и мультивременных композитов. В этом отношении оптимальны снимки, получаемые со спутника SPOT-5 в режиме supermode.

На **третьем этапе** выполняется совмещение подготовленных космических снимков с границами квартальной сети, лесных выделов и созданным векторным слоем лесных участков (вырубок и лесных участков, используемых в соответствии со статьями 43-46 ЛК РФ [4]). Проводится контурное дешифрирование используемых лесных участков по мультивременному композиту и космическим снимкам текущего года. В процессе дешифрирования данных космической съемки производится вычисление площадей вырубок и лесных участков, используемых в отчетном году, оценивается соблюдение требований лесного законодательства при использовании лесов по их видам, выявляются и анализируются участки неза-

конных рубок, недорубов, участки с незаконным использованием земель лесного фонда (рис. 3). При оценке состояния мест рубок устанавливается соответствие их параметров нормативным требованиям: Правилам заготовки древесины, лесной декларации.

Точность определения площади вырубок на космическом снимке зависит от размеров вырубки, ее формы и пространственного разрешения космического снимка. Для расчета точности определения площади вырубок можно использовать следующую формулу:

$$m_s = m_{XY} \frac{P}{\sqrt{(1 \div 2)n}} = m_{XY} \frac{\sqrt{4\pi S/k_f}}{\sqrt{(1 \div 2)n}} \quad (1)$$

где  $m_s$  – среднеквадратическая ошибка определения площади вырубки;

$m_{XY}$  – среднеквадратическая ошибка измерения координат точек местности, зависит от пространственного разрешения космического снимка;

$P$  – периметр вырубки;

$S$  – площадь вырубки;

$k_f$  – коэффициент  $\in (0;1]$ , характеризующий форму вырубки, для круга – 1, для квадрата –  $\pi/4$ , для длинного узкого участка –  $\approx 0$ ;

$n$  – количество точек в контуре;

$(1 \div 2)$  – параметр, зависящий от расположения точек, например, 1 – если точки расположены только в местах изменения направления контура вырубки, 2 – если точки расположены последовательно вдоль прямолинейного участка контура.

На четвертом этапе проводятся выборочные натурные обследования вырубок с выявленными нарушениями лесного законодательства (не менее 3% от количества выявленных нарушений). Проверка площади используемых лесных участков осуществлялась путем геодезической съемки их границ в соответствии с требованиями, установленными Правилами заготовки древесины [2].

**Сводная таблица нарушений правил заготовки древесины в 2009 г., выявленных по**

Субъект	Общая обследованная площадь лесосек	Количество обследованных лесосек		Ориентировочная сумма ущерба
		всего	в т.ч. с обнаруженными нарушениями	
Ед. измерения	га	шт.	шт.	тыс. руб.
<b>ВСЕГО по объектам мониторинга:</b>	38 682,3	4381	426	828 726,9
Республика Алтай	1399,8	301	9	124 734,8
Новосибирская область	296,5	18	1	3212,6
Томская область	14 886,8	1128	111	163 258,4
Тюменская область	1200,2	388	23	18 701,22
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	5596,8	473	88	118 093,6
Свердловская область	15 302,2	2073	194	400 726,3

По выявленным нарушениям использования лесов выполняется расчет ориентировочного ущерба на основании такс и методик исчисления размера ущерба (вреда) в порядке, предусмотренном постановлением Правительства РФ от 08.05.2007 № 273 (с изменениями от 26.11.2007 № 806), – 50-кратная стоимость незаконно вырубленной древесины, исходя из ставок платы за единицу объема лесных ресурсов, утвержденных постановлением Правительства РФ от 22.05.2007 № 310, с учетом повышающих коэффициентов, утвержденных Федеральным законом о федеральном бюджете на плановый период [5, 6].

Результаты выборочных натурных обследований вырубок с выявленными нарушениями лесного законодательства подтверждают результаты дешифрирования нарушений с использованием космических снимков в 90% случаев.

На основе данных дешифрирования лесных участков с использованием космических снимков и результатов выборочного натурного обследования выполняется

окончательное формирование электронной базы данных лесных участков с указанием видов и площадей нарушений, запасов на площади незаконной рубки, ориентировочного ущерба, результатов натурной проверки, а также сведений о используемых материалах космической съемки текущего и предыдущего года. По результатам выполненных работ создаются альбомы выявленных нарушений лесного законодательства, производится оформление отчетов по дистанционному мониторингу лесов по субъекту Российской Федерации в разрезе лесничеств.

В табл. 2 приведены сводные данные о выявленных нарушениях Правил заготовки древесины в 2009 г. по результатам анализа материалов космической съемки 2009–2010 гг.

Результат проведенных работ показал, что существующая технология успешно применяется при мониторинге организации и состояния лесопользования с целью сокращения нарушений при незаконном использовании земель лесного фонда.

Таблица 2

## результатам анализа материалов дистанционного зондирования Земли 2009–2010 гг.

Нарушения при проведении работ по заготовке древесины										Общее количество случаев по видам нарушений
Несоблюдение предельных параметров основных организационно-технических элементов рубок спелых, перестойных лесных насаждений	Оставление компактных недорубов, площадью менее 10% площади деланки		Незаконная рубка							
			в том числе:							
			Итого		рубка без правоустанавливающих документов, рубка за пределами отвода лесосек		отвод и/или рубка леса в защитных участках леса и ООПТ, где рубки с целью заготовки древесины запрещены или ограничены			
кол-во случаев	кол-во случаев	га	кол-во случаев	га	кол-во случаев	га	кол-во случаев	га	кол-во случаев	га
18	28	27,5	393	1293,2	372	1242,3	21	50,9	439	
			11	61,8	8	29,3	3	32,5	11	
			1	11	1	11			1	
			111	285,6	96	268,9	15	16,7	111	
			23	28,3	20	26,6	3	1,7	23	
	28	27,5	69	145,2	69	145,2			97	
18			178	761,3	178	761,3			196	

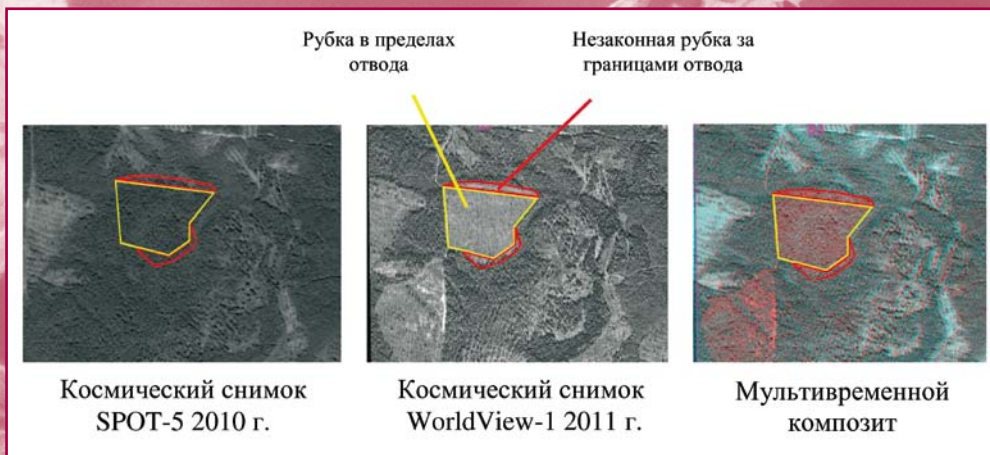


Рис. 3. Фрагмент космических снимков с нанесенными контурами лесосеки и выявленной незаконной рубки

Существует и ряд проблем, требующих дальнейшего решения:

- Отсутствие методики проведения дистанционного мониторинга выборочных рубок.
- Отсутствие отдельных материалов лесоустройства в электронном виде в связи с давностью лесоустройства.
- Нередкие случаи предоставления лесничествами материалов отводов низкого качества (небрежное оформление абрисов отводов, несоответствие площадей в лесных декларациях / договорах купли-продажи площадям на абрисах отводов, нечеткость выделения контуров неэксплуатационных участков и т.д.).
- Низкая оперативность обмена информацией с органами исполнительной власти субъектов РФ, уполномоченных в области лесных отношений, о выявленных в результате дистанционного мониторинга нарушениях лесного законодательства.
- Несвоевременная поставка материалов космической съемки, что чрезвычайно затрудняет оперативность и качество выполнения работ по дистанционному мониторингу.
- Отсутствие методики обработки материалов радарной космической съемки для дешифрирования лесных участков.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Итоги дистанционного мониторинга незаконных рубок и использования земель лесного фонда в 2009 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rosleshoz.gov.ru/media/news/313>.
2. Правила заготовки древесины, утвержденные приказом Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 16.07.2007 г. № 184.
3. Приказ Рослесхоза от 06.06.11 № 207 г. Москва «Об утверждении Порядка проведения государственной инвентаризации лесов» (зарегистрировано в Минюсте РФ 22.07.2011 № 21452).
4. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ.
5. Постановление Правительства РФ от 08.05.2007 № 273 (с изменениями от 26.11.2007 № 806) «Об исчислении размера вреда, причиненного лесам вследствие нарушения лесного законодательства».
6. Постановление Правительства РФ от 22.05.2007 № 310 «О ставках платы за единицу объема лесных ресурсов и ставках платы за единицу площади лесного участка, находящегося в федеральной собственности».



**А. М. Крылов (ФГУ «Рослесозащита»)**

В 2005 г. окончил Московский государственный университет леса по специальности «лесное хозяйство». С 2006 по 2009 гг. работал в специализированной лесоустроительной (лесопатологической) экспедиции ФГУ «Российский центр защиты леса» (ФГУ «Рослесозащита»). С 2009 г. по настоящее время — начальник отдела дистанционного лесопатологического мониторинга ФГУ «Рослесозащита».

**Н. А. Владимирова (ФГУ ВНИИЛМ)**

В 2003 г. окончила Санкт-Петербургский государственный университет, факультет географии и геоэкологии. В настоящее время — научный сотрудник сектора ГИС ФГУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и механизации» (ФГУ ВНИИЛМ).

## Дистанционный мониторинг состояния лесов по данным космической съемки

Ежегодно значительная часть лесов России подвергается воздействию ослабляющих факторов: пожаров, сильных ветров, засухи, повреждению вредителями и болезнями. ФГУ «Российский центр защиты леса» занимается мониторингом состояния лесов. Для этого заложена большая сеть постоянных пробных площадей, проводится подробная наземная оценка состояния лесов более чем на 1 млн га ежегодно. Однако этого недостаточно для того, чтобы контролировать состояние всех повреждаемых лесов. В дополнение к точным наземным методам необходим эффективный инструмент для обнаружения и оценки площади поврежденных лесных участков на большой территории.

В России проведены масштабные исследования по использованию данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) для определения состояния лесов. Первое изучение по черно-белым аэрофотоснимкам масштаба 1:8000 — 1:10 000 сухостойных насаждений и определение их степени усыхания в 1926 г. проводил Г.Г. Самойлович. Особенности лесопатологического дешифрирования аэрокосмических снимков изучали также С.В. Белов, А.А. Кирильцева, А.С. Исаев, Ю.А. Прокудин, В.Я. Ряполов, В.В. Киселев, Ю.П. Кондаков, П.А. Кропов, В.М. Жирин, С.Е. Ямбург, Л.А. Берснева и другие исследователи [1].

В производственных масштабах применялось аэровизуальное обследование; аэрофотосъемка с

целью определения состояния ограничивалась в основном опытными работами. При дешифрировании аэрофотосъемки достигалась высокая точность определения отпада, степени дефолиации, соответствующие нормы вошли в отраслевые руководства и инструкции. Однако применение аэрофотосъемки ограничивает высокая стоимость и низкая оперативность работ, сложное получение разрешительных документов. К моменту получения аэрофотосъемки информация на снимках часто уже не соответствует актуальному состоянию лесов. Космическая съемка в большинстве случаев дает более низкую точность определения состояния, однако она более оперативна, дешевле (данные некоторых сенсоров бесплатны). На сегодняшний момент мы имеем на большую часть территории России ежегодное многократное покрытие данными различного разрешения.

В то же время большую проблему представляет получение безоблачных данных. Из-за недостатка данных часто приходится использовать для разных частей объекта данные различных сенсоров, имеющие разные особенности отображения дешифрируемых объектов.

Наиболее успешный пример применения спутниковых данных в лесном мониторинге — системы мониторинга лесных пожаров. В России функционирует несколько таких систем, наиболее развита ИСДМ (Информационная система дистанционного мониторинга),

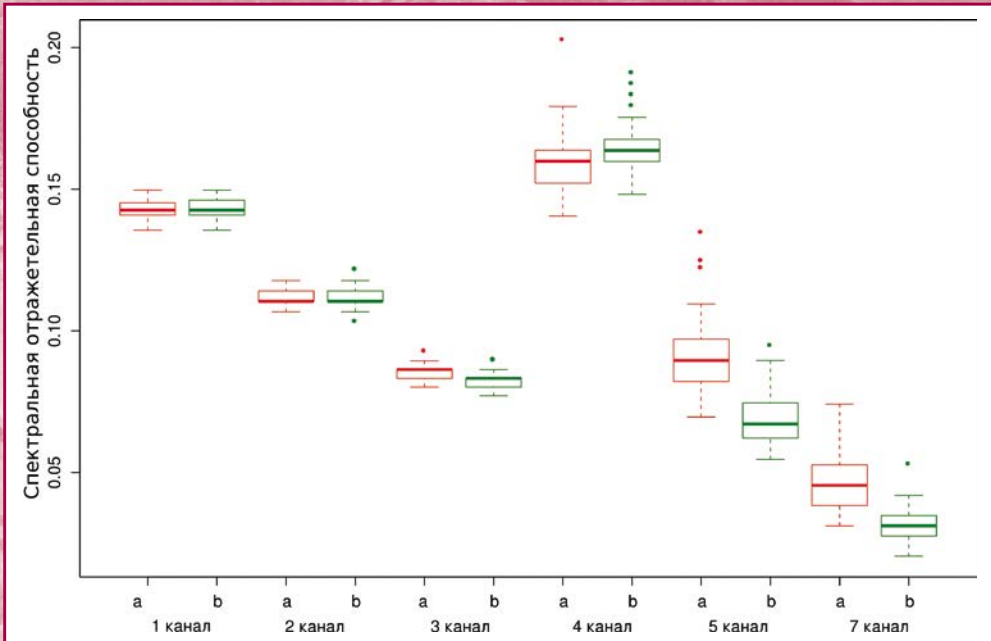


Рис. 1.

Спектральная отражательная способность поврежденных и здоровых насаждений по данным Landsat TM на примере очагов короеда типографа в Московской области.

По оси ординат отложена спектральная отражательная способность участков-эталонов. Столбцы соответствуют спектральному каналу Landsat TM (с 1 по 7) и группе эталонов: с индексом а (красные) относятся к поврежденным короедом участкам, с индексом b (зеленые) – к неповрежденным. Параллелепипед соответствует границам квантилей (x25, x75), горизонтальные штрихи – крайним значениям, жирная черта – медиана, звездочками обозначены выбросы.

разработанная ИКИ РАН по заказу Рослесхоза [2]. Она построена на использовании снимков AVHRR и MODIS. В развитие принципов системы был создан Блок лесопатологического мониторинга (БЛПМ). Его алгоритм обработки снимков MODIS хорошо показал себя на детектировании крупных очагов сибирского шелкопряда. Однако практика использования модуля показала, что разрешение MODIS недостаточно, чтобы надежно детектировать и идентифицировать большинство патологических нарушений в лесах. Для детектирования нарушений, которые проявляются как мозаика мелких пораженных участков, а также нарушений в сильно фрагментированных лесах необходимы снимки более высокого разрешения.

С 2008 г. ФГУ «Рослесозащита» ведется мониторинг территорий с наиболее напряженной лесопатологической ситуацией по снимкам Landsat TM/ETM+ с частичным привлечением снимков RapidEye, ALOS/AVNIR-2.

Главными объектами дистанционного мониторинга в 2007–2011 гг. являлись ветровалы года в европейской части России, очаги непарного шелкопряда в Краснодарском крае и очаги стволовых вредителей в Московской области.

### МЕТОДЫ ВЫЯВЛЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ

Визуальное дешифрирование обеспечивает более быстрые результаты и требует меньше наземных эта-

лонов, чем любой из алгоритмов автоматического выявления изменений. Однако достаточно сложна проблема пропуска участков, особенно мелких, нестабильность результатов дешифрирования разными людьми. Автоматическое дешифрирование требует больших затрат на подбор необходимого алгоритма и его параметров, достаточно большой обучающей выборки и трудоемкой верификации результатов, однако в перспективе обладает более высокой производительностью и стабильностью результатов. Целесообразность применения визуального или автоматического дешифрирования зависит от ситуации.

При автоматизированном выявлении поврежденных участков применяются различные методы компьютерной классификации изображений. Для одиночных снимков в основном используются алгоритмы классификации с применением эталонов, например, по методу максимального правдоподобия [3]. Выявление изменений с помощью анализа серий снимков обычно показывает более высокую точность. Различными исследователями использовались критерии на основе разницы вегетационных индексов NDVI, SWI и результатов преобразования Tasseled Cap [4, 5]. Также возможно применение метода опорных векторов (SVM), нейронных сетей.

При лесопатологическом дешифрировании необходимо выявить повреждение, оценить его площадь, степень, динамику и предположительную причину.

Для дешифрирования могут использоваться спектральные текстурные признаки, форма повреждений. Для выявления изменений используются в основном спектральные признаки, алгоритмы классификации по которым наиболее развиты. Для определения причины повреждения, отделения гибели и повреждения лесов от других нарушений (рубок, пожаров) часто необходимо использовать форму и текстуру объекта. Автоматизировать это несколько сложнее.

Следует отдельно рассматривать случаи, когда преимущественно происходит резкая гибель насаждений (ветровал, очаги стволовых вредителей), и ситуации, когда участки повреждаются в разной степени. В первом случае оправданно применение пороговых критериев и дискриминантного анализа, который позволяет разделить здоровые и погибшие насаждения, во втором целесообразно проводить регрессионный анализ для уточнения степени повреждения. В ходе работ по дистанционному мониторингу апробировались эти спо-

собы в различных вариациях (пороги изменения NDVI, SWI, использование дискриминантной функции и регрессионной функции по разным каналам).

### **НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДЕШИФРИРОВАНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЛЕСОВ**

Характерной особенностью растительности является относительно малое отражение в красной области спектра и большее в ближней инфракрасной. При повреждении растений и снижении фотосинтеза отражение в красной области спектра увеличивается, а в ближней ИК падает. Кроме того, значительно возрастает отражательная способность в среднем ИК канале, что связано с падением содержания влаги в поврежденных деревьях. Чем больше эти изменения спектральной отражательной способности, тем легче выявляются поврежденные насаждения (рис. 1).

Однако, кроме спектральных свойств поврежденных растений, на то, что мы видим на снимке, влияет еще ряд факторов. Крона одного дерева меньше размера пикселя, поэтому часто происходит смешение спектральных характеристик здоровых и поврежденных деревьев, что может существенно снижать контрастность изменений. Таким образом, чем выше мозаичность, неоднородность повреждений, тем выше требования к разрешению снимков.

Кроме того, следует иметь в виду, что сезонные изменения спектральной отражательной способности сельхозугодий, лугов, пойм гораздо более контрастны, чем изменения леса при повреждении. Поэтому при автоматизированном поиске участков поврежденного леса важно уже на первом этапе отделить покрытые лесом площади от непокрытых – создать маску лесов.

Следующий момент лесопатологического дешифрирования – высокие требования к временному разрешению. При повреждении насаждений хвоелистогрызущими насекомыми часто сразу же после повреждения начинается процесс восстановления листвы (хвои). В этой ситуации оценить степень повреждения можно только по снимкам на пике объедания. В массивах, повреждаемых стволовыми вредителями, требуется максимально быстрое выделение поврежденных участков, пока санитарно-оздоровительные мероприятия в них могут быть эффективны.

На сегодняшний момент не существует «идеального» спутника, изображения с которого имели бы пространственное, временное и спектральное разрешение и производительность, позволяющие решать все задачи мониторинга состояния насаждений. На практике необходимо использовать набор разных данных:

- **MODIS** — для оперативного выявления крупных повреждений в однородных лесных массивах труднодоступных районов в автоматическом режиме.
- **Landsat, SPOT-4** — для производительного и в высокой степени автоматизированного выявления и оценки площади относительно крупных повреждений один или несколько раз в год на больших площадях (вплоть до всей территории РФ).
- **RapidEye** — для выявления нарушений в смешанных, неоднородных насаждениях, повреждений, представляющих собой мозаику мелких поврежденных и здоровых участков, выявления дефолиации пород, быстро восстанавливающих листву.
- **GeoEye, WorldView-2** и т.п. — для мониторинга ограниченной площади особо ценных лесов (например, Московской области).

### ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ДЕШИФРИРОВАНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЛЕСОВ

За последние годы специалистами ФГУ «Рослесозащита» выполнено несколько крупных работ по дешифрированию поврежденных участков леса: составлены схемы расположения поврежденных ветром участков на территории европейской России, дефолиации насаждений в Краснодарском крае, ведется мониторинг очагов короеда-типографа в Московской области.

Основными применяемыми снимками являлись Landsat TM/ETM+. В дополнение к ним применялись RapidEye, ALOS/AVNIR-2, SPOT-5. Во всех случаях нарушения с приемлемой точностью выделялись по паре снимков с использованием порога изменения индекса SWI. Применение дискриминантного уравнения или метода опорных векторов (SVM) позволяет несколько улучшить точность.

Основные ошибки связаны не с пропуском данных, а с ложным детектированием. Большая часть ложных детектирований связана с нелесными участками. Для борьбы с этими ошибками производилось маскирова-

ние нелесных участков. Маска лесов создавалась по снимку, сделанному до начала повреждения, с помощью ISODATA с последующей переклассификацией или с помощью SVM. Следующей важной задачей являлось отделение повреждений леса вредителями, болезнями и ветром от рубок, пожаров и строительства. Отделение производилось вручную в основном по форме и времени появления.

При дешифрировании различных повреждений важными оказывались разные моменты. Прошедшие в 2009 и 2010 гг. по лесам европейской части России ветровалы представляют собой сочетание нескольких крупных и множества мелких полос. Самые крупные заметны даже на MODIS, на Landsat уверенно дешифрируется 50–70% площади ветровала [6]. Для дешифрирования остальных более мелких участков требуются снимки большего разрешения. Наиболее эффективно применение спектральнональных снимков: на панхроматических ветровалы плохо отделяются от полей, прогалов, выборочных рубок.

Как показало дальнейшее развитие событий, мелкими участками ветровала не стоит пренебрегать. В условиях засухи вокруг мелких участков ветровала в ельниках Московской области сформировалось множество очагов короеда-типографа. Очаги короеда-типографа представляют собой мозаику куртин усыхания разного размера.

Для выявления очагов типографа, так же как и для ветровалов, необходимы спектральнональные снимки. Процент выявленных участков линейно зависит от разрешения. На снимках Landsat выявляется около 60% куртин [7].

Повреждения лесов непарным шелкопрядом более однородны. Во многих случаях они достаточно хорошо детектируются MODIS, однако по данным MODIS затруднительно отделить их от рубок, пожаров, фенологических изменений. На снимках Landsat они видны лучше, однако периодичность съемки Landsat не всегда позволяет получить безоблачные снимки в период между максимальным объединением и восстановлением листвы. Нами использовался аппарат RapidEye, который смог выполнить съемку насаждений в период максимального повреждения в условиях малого количества ясных дней. Кроме того, снимки RapidEye позволяют лучше понять ситуацию в смешанных насаждениях, где повреждается только часть пород и дефолиация мозаична. Использо-



вание регрессионного анализа позволяет разделить насаждения на неповрежденные, поврежденные в средней степени (20–50% дефолиации) и сильно поврежденные (60–100% дефолиации) [6].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Благодаря непрерывно ведущейся съемке Landsat TM/ETM+, материалы которой свободно доступны, сложилась ситуация, когда возможно относительно оперативное и дешевое дешифрирование значительной части патологических процессов, происходящих в лесах Российской Федерации. На ограниченной территории это дешифрирование может проводиться с использованием относительно простых техник (использование критериев на основе разницы NDVI, SWI, метода опорных векторов) в полуавтоматическом режиме. Для охвата всей площади лесного фонда необходимо стремиться к созданию полностью автоматизированной системы дешифрирования.

Предпосылкой для создания такой системы является развитие алгоритмов обработки снимков: атмосферной коррекции, учета фенологических изменений, BRDF, фильтрации облачности и создания безоблачных композитов.

Другим необходимым фактором является накопление в базах данных стандартизированной наземной пространственной информации о состоянии лесов, которая играет роль эталонов при оценке информативности разных видов данных для анализа разных видов повреждений лесов, изучении дешифровочных признаков этих повреждений и верификации результатов работы алгоритмов автоматического дешифрирования. И наконец, успешное создание таких алгоритмов невозможно без участия развитого сообщества экспертов по визуальному дешифрированию повреждений лесов и накопления опыта работы полуавтоматическими методами.

Кроме того, опыт работ показывает, что для выявления многих типов повреждений (особенно в районах, где экономически целесообразно проводить санитарно-оздоровительные мероприятия и борьбу с вредителями) необходимо применение оперативных спектральнональных данных разрешением крупнее 10 м. К сожалению, такие данные не столь доступны, как Landsat или MODIS, и однако их закупка на территорию регионов с наиболее сложной лесопато-

логической ситуацией экономически оправдана. Ведь использование при лесохозяйственном планировании точных и актуальных данных о повреждении лесов, полученных с помощью космической съемки, один из самых эффективных способов снижения экономического, социального и экологического ущерба от болезней и вредителей лесов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методы мониторинга вредителей и болезней леса / Под общ. ред. В.К. Тузова. – М.: ВНИИЛМ, 2004. – с. 56.
2. Abushenko, N.A., Bartalev, S.A., Belyaev, A.I., Ershov, D.V., Zakharov, M.Y., Loupian, E.A., Korovin, G.N., Koshelev, V.V., Krashenninnikova, J.S., Mazurov, A.A., Min'ko, N.P., Nazipov, R.R., Semenov, S.M., Tashchilin, S.A., Flitman, E.V., Shchetinsky, V.Y. (1999). Near real-time satellite monitoring of Russia for forest fire protection. *Mapping Science and Remote Sensing*, 36, 1, 54–61.
3. Franklin, S.E., Waring, R.H., McCreight, R.W., Cohen, W.B., Fiorella, M. (1995). Aerial and satellite sensor detection and classification of western spruce budworm defoliation in a subalpine forest. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 21, 299–308.
4. Skakun, R.S., Wulder, M.A., Franklin, S.E. (2003). Sensitivity of the thematic mapper enhanced wetness difference index to detect mountain pine beetle red-attack damage. *Remote Sensing of Environment*, 86, 433–443.
5. Wulder, M.A., White, J.C., Bentz, B.J. & Ebata, T. Augmenting the existing survey hierarchy for mountain pine beetle red attack damage with satellite remotely sensed data// *The Forestry Chronicle* 2006 №82(2): 187–202.
6. Vladimirova N.A., Koroleva N.A., Krylov A.M. Ershov D.V., Malysheva N. V. Remote forest health monitoring in Russia // *Boreal Forests in Changing World: Challenges and Needs for Actions: Proceeding of international conference. August 15–21 2011, Krasnoyarsk, Russia – Krasnoyarsk: Sukachev Institute of Forest SB RAS* 2011: 404–410.
7. Крылов А.М., Соболев А.А., Владимировна Н.А. Выявление очагов короеда-типографа в Московской области с использованием снимков Landsat // *Вестник Московского государственного университета леса Лесной вестник* №4 2011 – с. 54–60.

**А. Маркс (A. Marx; RapidEye, Германия)**

Окончил Университет прикладных наук в Эберсвальде (Германия), Университет Южного Креста (Новый Южный Уэльс, Австралия), Варшавский сельскохозяйственный университет (Польша). Магистр по специальности «информационные технологии в лесном хозяйстве». С 2007 г. работает в компании RapidEye в департаменте развития в качестве эксперта по технологиям мониторинга лесов.

## Мониторинг лесов с помощью группировки спутников RapidEye\*

### ОПЕРАТИВНЫЙ МОНИТОРИНГ ЛЕСОВ ГРУППИРОВКОЙ СПУТНИКОВ RAPIDEYE

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) и мониторинг состояния окружающей среды с помощью спутников с оптической бортовой аппаратурой стали возможными благодаря нескольким десятилетиям технического совершенствования сенсоров и спутниковых платформ. В 1972 г. США вывели на орбиту спутник природно-ресурсного назначения Landsat со съемочной аппаратурой, обеспечивавшей получение мультиспектральных снимков. Примерно в это же время в СССР началась разработка, а позднее и эксплуатация спутников серии «Ресурс-Ф», снабженных камерами, изготовленными компанией Carl Zeiss Jena (ГДР), предназначенными для проведения мультиспектрального фотографирования поверхности Земли в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне с высокими геометрическими и фотометрическими характеристиками. Группировка спутников RapidEye была запущена на орбиту российской ракетой «Днепр-1» 29 августа 2008 г. Группировка состоит из 5 одинаковых микро-спутников, на каждом из которых установлена мультиспектральная камера высокого разрешения JSS56 (Jena Space Borne Scanner 56), изготовленная компа-

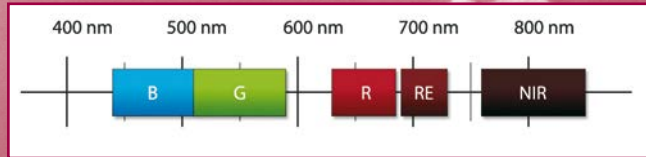
нией Jena Optronic GmbH (быв. Carl Zeiss Jena). Группировка RapidEye позволяет осуществлять мониторинг состояния окружающей среды, в частности состояния лесов из космоса (что прежде было невозможно). Это достигается благодаря трем уникальным характеристикам группировки:

- высокая повторяемость съемки, благодаря которой возможно многократное получение данных на интересующую территорию на протяжении всего вегетационного периода;
- большая площадь покрытий при высоком пространственном разрешении;
- 5-канальная мультиспектральная съемка, включая канал «крайний красный» (Red Edge)

Эта уникальная группировка спутников ДЗЗ позволяет сравнивать состояние больших площадей леса в различные периоды времени, используя снимки высокого разрешения. Кроме того, благодаря высокой повторяемости съемок повысилась возможность получения безоблачных и малооблачных снимков. Наличие 5 спутников позволяет оперативно реагировать на стихийные бедствия, включая крупные лесные пожары, обеспечивая заказчиков самой свежей информацией о причиненном ущербе. Временной анализ гарантирует оперативное получение данных о появлении насекомых-вредителей леса, та-

\* Перевод с английского языка. Перевод подготовлен к публикации Б.А. Дворкиным (Компания «Совзонд»)

Рис. 1.  
Спектральные каналы сенсора RapidEye



ких, как шелкопряд-монашенка (*Lymantria monacha*), непарный шелкопряд (*Lymantria dispar*), короед-типограф (*Ips typographus*). Аналогичным образом высокая повторяемость съемок со спутников RapidEye позволяет проводить и другие наблюдения, например контроль незаконных рубок леса или мониторинг деградации лесов. Проблема незаконных рубок леса особенно остро стоит в России, но нельзя сказать, что в других странах эта проблема решена. Причины этого явления могут быть различны, но его последствия для экологии и экономики всегда неблагоприятны. Используя возможности своей группировки, компания RapidEye разработала целый комплекс сервисов, связанных с мониторингом лесов, позволяющих не просто накапливать данные, но производить готовые к использованию геоинформационные продукты. В табл. 1 представлены главные сервисы RapidEye для лесного хозяйства.

Отдельные примеры использования этих сервисов подробно рассмотрены в конкретных практических примерах использования, представленных в настоящей работе.

### СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДАННЫХ RAPIDEYE И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЛЕСОВ

Чтобы применять космические снимки для решения задач лесного хозяйства, исследователь должен знать базовые основы ДЗЗ, а также принципы работы съемочной аппаратуры.

Технические характеристики сенсора RapidEye:

- Спектральные каналы:
  - синий (Blue; B) – 440-510 нм
  - зеленый (Green; G) – 520-590 нм
  - красный (Red; R) – 630-690 нм
  - крайний красный (Red Edge; RE) – 690-730 нм
  - Ближний ИК (Near IR; NIR) – 760-850 нм
- Пространственное разрешение: 5 м
- Ширина полосы съемки: 75 км
- Радиометрическое разрешение: 12 бит

На рис. 1 приведена шкала электромагнитного спектра с расположением на ней спектральных каналов RapidEye.

Таблица 1

#### Сервисы RapidEye для лесного хозяйства

Инвентаризация лесных ресурсов	Мониторинг состояния леса	Мониторинг антропогенного воздействия и поддержка международных программ по защите леса	Охрана природы
Картографирование лесных угодий	Картографирование ущерба, причиненного ураганскими ветрами	Мониторинг лесозаготовок и незаконных рубок леса	Картографирование фрагментации лесов
Картографирование породного состава лесов	Картографирование ущерба от лесных пожаров	Поддержка международной программы защиты от деградации лесов REDD (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation)	Картографирование лесополос
Оценка запаса древесины	Картографирование ущерба от насекомых-вредителей		Мониторинг охраняемых лесов

Синяя зона спектрального излучения активно поглощается хлорофиллом (в основном хлорофиллом b). Эта зона очень чувствительна к атмосферным условиям, таким, как туман или дымка. По сравнению с красным или красным каналом синий – менее чувствителен к изменениям в содержании хлорофилла и, как следствие, используется только в специальных целях, таких, как, например, мониторинг вод. Для решения задач лесного хозяйства лучше всего использовать композиты зеленого и красного каналов для получения высококачественных цветных изображений, служащих в качестве основы в геоинформационных системах. Синий канал облегчает распознавание лесных пожаров на безоблачных снимках.

Здоровая растительность поглощает больше излучения в синей и красной зоне, отражая при этом значительную часть зеленого цвета. Зеленый канал служит не только для формирования композитного RGB-изображения, но и позволяет классифицировать растительность при использовании в сочетании с другими спектральными каналами. Он также незаменим при оценке общего состояния леса.

Красный канал очень важен для анализа состояния растительности (главным образом лесов) и очень активно используется. Поглощение света хлорофиллом а фотосинтезирующих растений имеет пик в красной части видимого электромагнитного спектра. Длина волны красного канала больше, чем синего, по этой причине состояние атмосферы влияет на него значительно меньше. Красный канал играет решающую роль при проведении анализа изменения лесного покрова, например при картографировании ущерба от стихийных бедствий, классификации видов растительности, мониторинге состояния лесного покрова, оценке запаса древостоя, жизнеспособности леса, определении местонахождения дорог и просек.

Наличие крайнего красного канала – уникальная особенность съемочной аппаратуры спутников RapidEye. Он используется в сочетании с ближним инфракрасным каналом для расчета индекса NDVIRE [(NIR-RE)/(NIR+RE)]. Этот индекс весьма чувствителен к изменениям содержания растительного хлорофилла [1]. До недавнего времени NDVIRE использовался главным образом для оценки N-статуса сельскохозяйственных посевов. Недавние исследования показали, что при помощи индекса NDVIRE можно точно определить сни-

жение содержания хлорофилла в листе лесного полога на самых ранних стадиях, например при нашествиях лубоеда-стригуна, вызывающих преждевременное старение, а нередко и гибель деревьев.

Здоровая растительность в значительной степени отражает инфракрасное излучение, невидимое человеческому глазу. Отражение происходит за счет большой площади поверхности листьев. Если лес страдает от нашествия насекомых, вредящих листе, снижение излучения в этой зоне спектра показывает потерю листы.

Отражающая способность листы деревьев сильно различается у разных видов. Отражающая способность листы хвойных пород гораздо ниже, чем лиственных. Значения NIR молодого хвойного древостоя выше, чем старого. Поэтому канал NIR является очень важным для классификации лесов, определения породного состава, а также для мониторинга заражения лесов насекомыми-вредителями.

Канал NIR также играет ключевую роль при картографировании последствий ураганного ветра, а в настоящее время становится важной составляющей при расчете некоторых показателей, определяющих биофизические параметры растительности.

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ RAPIDEYE ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЛЕСОВ: ПРимеры ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ**

Повторные, регулярные или нерегулярные съемки позволяют получать комплекс разнообразных продуктов и обеспечивать различные сервисы. Можно привести следующие примеры: инвентаризация лесных угодий, мониторинг изменений, представляющих интерес, мониторинг общего состояния лесного покрова для государственных нужд или для частных компаний, контроль незаконных рубок. Кроме того, можно осуществлять контроль состояния окружающей среды в национальных парках и заповедниках, вести наблюдения в рамках международных программ по защите лесов, таких, как REDD (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation), и оперативно собирать информацию о последствиях природных или антропогенных (бури, лесные пожары) катаклизмов. Широкий спектр адаптационных возможностей позволяет подобрать специфический набор функций наблюдения для той или иной задачи. Мониторинг измене-



ний производится на основе повторных или многократных съемок.

Ниже мы приведем конкретные примеры использования решений RapidEye для мониторинга лесов. Все представленные решения в настоящее время находятся в рабочем состоянии.

### Мониторинг состояния лесов (Компания «Немлес»; Республика Коми, Россия)

На рис. 2–3 представлен снимок лесного массива в Республике Коми, сделанный RapidEye. На рис. 2а (естественная цветопередача, без увеличения) видны зеленая растительность (лес), дороги и просеки



Рис. 2.

Снимки RapidEye (естественные цвета)

а. 26 июля 2010 г.

б. 14 августа 2010 г.

в. Выделенный сектор со сторонами 420 м

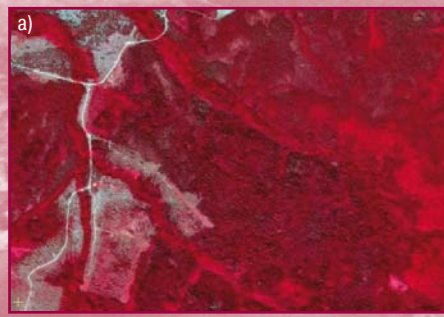


Рис. 3.

Снимки RapidEye (инфракрасный канал)

а. 26 июля 2010 г.

б. 14 августа 2010 г.

в. Выделенный сектор со сторонами 420 м

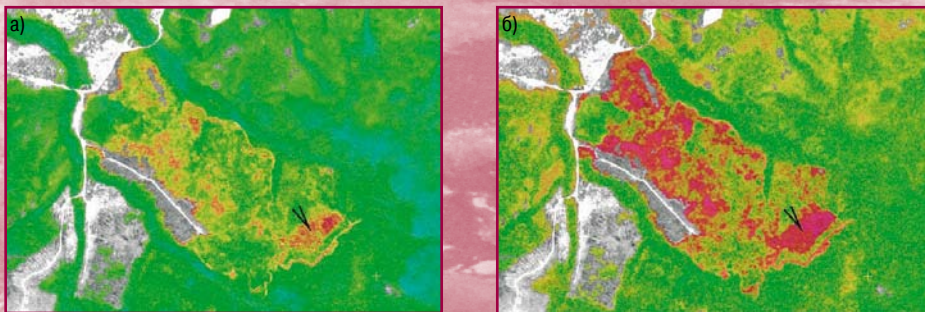


Рис. 4.

Снимок RapidEye, 14 августа 2010 г.

а. NDVIRE (лес). Видны тонкие различия степеней повреждения растительности; интерпретация цветовой гаммы: зеленый – здоровая, переходы от желтого к красному – снижение жизнеспособности

б. NRGDVI (лес). Можно разграничить сильно пораженную растительность и жизнеспособную; интерпретация цветовой гаммы: зеленый – здоровая, переходы от желтого к красному – снижение жизнеспособности

(1-я дата: 26 июля 2010 г.). Спустя 19 дней в том же лесном массиве заметно снижение жизнеспособности леса (рис. 2б, 2-я дата: 14 августа 2010 г.). Красновато-коричневые тона свидетельствуют о том, что растительность испытывает серьезный стресс, поскольку отражает относительно большое количество красного света. Возможно, что это изменившие цвет кроны хвойные деревья, засохшие в результате низового пожара. Вредители не могут вызвать столь быстрого изменения окраски. Поскольку данные наземного наблюдения отсутствуют, возможны лишь предположения.

Для оперативного анализа выделяется сектор со сторонами 420 м, с захватом пораженной и нормальной (рис. 2в) частей.

На рис. 3 представлены те же снимки, только в инфракрасном канале.

Для определения симптомов поражения используются параметры растительного покрова. RapidEye использует параметр NDVIRE (рис. 4а) для анализа состояния лесной и сельскохозяйственной растительности, NRGDVI (R-G)/(R + G) (рис. 4б) – для анализа жизнеспособности леса (CSI – показатель поражения полога).

График на рис. 5а показывает значения пикселей для определения индекса NDVIRE, определенного в обозначенном секторе. Низкие значения указывают на то, что растительность испытывает нагрузки. NRGDVI (показатель поражения полога; рис. 5б) указывает на то, что нагрузки на растительность возрастают, поскольку значения пикселей растут. На примере обоих параметров за-

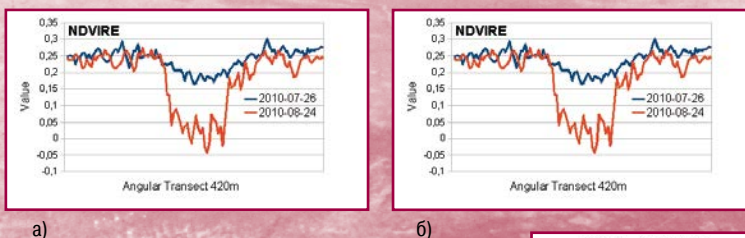
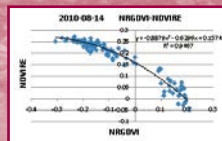


Рис. 5.

а. Индекс NDVIRE, двукратная съемка

б. Индекс NRGDVI, двукратная съемка

в. Сравнение индексов NDVIRE и NRGDVI



в)



метна разница между жизнеспособностью растительности в первый и второй дни съемки (26 июля и 14 августа). График на рис. 5в показывает, что оба параметра могут использоваться для определения жизнеспособности

леса. На этом примере видно, что разброс NRGDVI сильнее при более здоровой растительности и что он уменьшается, когда жизнеспособность снижается. NDVIRE используется для определения динамики повреждений, но в этом примере его разброс меньше при большей жизнеспособности.



Рис. 6.  
Снимки RapidEye  
а. 27 февраля 2010 г.  
б. 9 мая 2011 г.  
в. Изменения лесного покрова

### Мониторинг вырубки лесов в Чили

Мониторинг вырубки (или контроль лесозаготовок) основывается на сравнении снимков со спутников за две различные даты (рис. 6). С помощью этих снимков рассчитываются негативные изменения лесного покрова (вырубки леса). В зависимости от требований заказчика производится полигональный либо растровый мониторинг изменений. При благоприятных условиях достижима точность от 80 до 95% при минимальном выделе в 0,2 га, в зависимости от структуры леса и характера местности. Ограничения: облака, тени облаков, затененные области предгорий – могут давать ошибку. Алгоритм расчета динамики основывается на методе MAD (Multivariate Alteration Detection) [2]; алгоритм встроен в систему предварительной и окончательной обработки данных RapidEye.

### Мониторинг вырубки лесов в Российской Федерации

В данном примере рассмотрим ситуацию в Республике Коми. Как и в предыдущих случаях, для мониторинга вырубок здесь использованы снимки, полученные за две разные даты.

Для проведения анализа сравнивались снимки с индийского спутника IRS/LISS III и данные, полученные с RapidEye (рис. 7). Отметим, что из этого примера видно, что данные прошлых периодов с других спутников можно сравнивать со снимками RapidEye. Применялась обработка данных на основе алгоритма MAD; использовалась полигональная съемка при точности 95% с минимальным выделом 0,2 га. По полигонам легко вычисляются масштабы вырубки, которые в данном случае составили 935,45 га.

### Картографирование породного состава в Российской Федерации

Наземная инвентаризация отдаленных и обширных лесных районов и контроль вырубки в них требуют больших временных и трудовых затрат. Дистанционное зондирование не может полностью заменить наземного сбора данных, но может помочь в инвентаризации



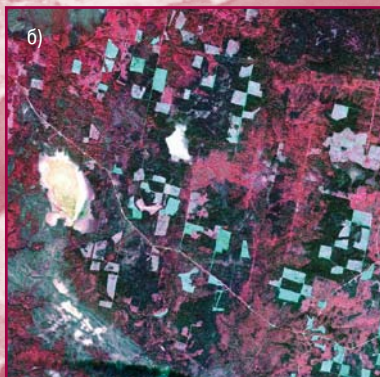
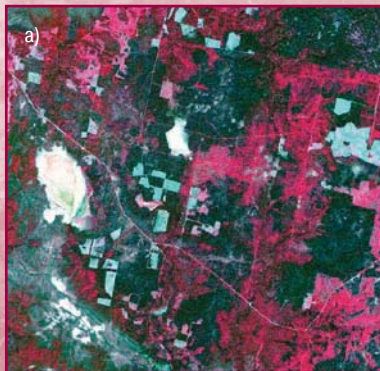


Рис. 7.  
а. Снимок IRS/LISS III, 2007 г., приведенное разрешение 5 м  
б. Снимок RapidEye, 2010 г., разрешение 5 м  
в. Автоматически полученные полигоны изменений



Рис. 8.  
Снимки RapidEye, 2009 г.  
а. ель  
б. сосна  
в. осина/береза



больших районов, поскольку позволяет описать распределение преобладающих пород древесной растительности при помощи геоestatистических моделей и получить достоверные инвентаризационные карты. Главным образом используются три метода оценки параметров леса: логистическая регрессия, метод kNN (ближайших соседей), вероятностный метод. В RapidEye используется метод оценки параметров леса [3]; расчет производится методом на основе данных вероятностей классов выборки [4, 5]. Для применения метода необходимо собрать как минимум 250 образцов, разбросанных по выбранной территории и представляющих широкий спектр возможных значений. При наличии точных не устаревших данных наземной съемки и при отсутствии дымки на космических снимках достижима точность до 80% при определении процентного распределения по-

род деревьев. На рис. 8 показаны примеры из тестового района в Республике Коми.

### Картографирование последствий ураганного ветра в Германии

Ураганные ветры случаются довольно часто. При помощи картографирования повреждений, причиненных ветром, в режиме реального времени можно оперативно оценить ущерб. По картам можно легко оценить ущерб на единицу площади или объема. Картографирование штормового ущерба является одним из сервисов RapidEye, который уже с успехом использовался на нескольких тестовых участках. Работа сервиса основана на анализе мониторинга изменений при двукратной съемке. Точность варьируется от 65 до 95% при минимальном 0,2 га, который зависит от характера леса и собственно повреждений.



Рис. 9.  
а. снимок RapidEye, 25 августа 2009 г.  
б. маска леса  
в. снимок RapidEye, 5 июня 2010 г.



Рис. 10.  
а. выделение основного компонента по двум снимкам RapidEye  
б. результат обработки  
в. совмещение выделенных полигонов со вторым снимком

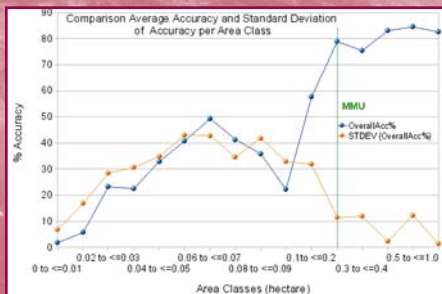


Рис. 11. Определение минимального выдела при картографировании последствий ураганного ветра

24 мая 2010 г. через Саксонию в юго-западном направлении пронесся ураган, оставив после себя бурелом, общий объем которого был оценен в 108 тыс. куб. м. Некоторые частные лесные владения были полностью разрушены. Крупные участки леса, уничтоженного катастрофой, пришлось на государственные леса. Были получены два снимка: от 25 августа 2009 г. и от 6 июня 2010 г. По первому снимку была выделена маска леса; для обоих снимков рассчитывались основные компоненты по всем каналам по этой маске. Результат анализа представлен на рис. 9 и 10.

Было установлено, что при минимальном выделе 0,2 га результат получается довольно точным. Это видно графика, приведенного на рис. 11. При сопоставлении данных наземного контроля (аэрофотоснимки с разрешением 20 см) с результатами классификации сравнивались минимальные выделы от 0,01 до 1 га по стандартным отклонениям от общей точности в данном классе площадей. Начиная с определенного класса площадей эти величины начинают сильно различаться, стандартное отклонение становится небольшим, точность возрастает. В точке, где расхождение вновь уменьшается, находится оптимальный выдел.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описание конкретных случаев практики ясно показывает, что спутниковая группировка RapidEye может применяться для оперативного мониторинга лесов. Высокое разрешение (размер пикселя 5 м) снимков системы RapidEye позволяет использовать минималь-

ный картографируемый выдел 0,2 га при высокой точности. Спектральные возможности группировки позволяют проводить анализ состояния растительности по самым различным параметрам. Например, можно рассчитать индексы NDVIRE и NRGDVI, которые позволяют оценить жизнеспособность лесного массива, зачастую отражающуюся на содержании хлорофилла в растениях. Поскольку группировка RapidEye состоит из 5 идентичных спутников, можно производить повторную съемку на больших площадях. Это позволяет производить анализ многих параметров лесов, для оценки которых требуется повторная или многократная съемка, например мониторинг лесозаготовок, незаконной рубки, жизнеспособности леса, бурелома.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Jan Eitel; Lee Vierling; Marcy Litvak; Dan Long; Urs Schulthess; Alan Ager; Dan Order of Authors: Jan Eitel; Lee Vierling/Krofcheck; Leo Stoccheck 2011: *Broadband, red-edge information from satellites improves early stress detection in a New Mexico conifer woodland*, Elsevier Editorial System(tm) for Remote Sensing of Environment, in Print
2. Allan Aasbjerg Nielsen et al. 1998: *Multivariate Alteration Detection (MAD) and MAF Postprocessing in Multispectral, Bitemporal Image Data: New Approaches to Change Detection Studies*, Remote Sensing of Environment, 1998 Vol 64 No. 1 pp. 1-19, Elsevier
3. Heikki Astola, Catherine Bounsaythip, Jussi Ahola, Tuomas Häme, Eija Parmes, Laura Sirro, Brita Veikkanen. *Highforest – Forest parameter estimation from high resolution remote sensing data*. Technical Research Centre of Finland, Information Technology (2003), Information Systems, P.O. Box 1201, FIN-02044 VTT, Finland
4. Häme, T.; Stenberg, P.; Rauste, Y. *A methodology to estimate forest variables at sub-pixel level*. – Conference on Remote Sensing and Forest Monitoring. Rogow, PL, 1 – 3 June 1999. European Communities (2000), s. 451 – 461.
5. Häme, T.; Stenberg, P.; Andersson, K.; Rauste, Y.; Kennedy, P.; Folving, S.; Sarkeala, J. *AVHRR-based forest proportion map of the Pan-European area*. – Remote Sensing of Environment. (2001) 77, s. 76 – 91.

Ф. Кавайяс (F. Cavayas),  
Ю. Рамос (Y. Ramos), А. Бойе (A. Boyer)  
Монреальский университет, кафедра географии (Канада).

# Инвентаризация городских зеленых насаждений и их мониторинг с использованием данных WorldView-2\*

## ВВЕДЕНИЕ

По мере роста городского населения во всем мире все более очевидной становится необходимость разработки эффективных программ по смягчению воздействия климатических изменений и улучшению качества городской среды. Многие исследования подтверждают, что зеленые насаждения в городах, особенно деревья, являются важным элементом таких программ. Для планирования увеличения площади зеленых насаждений необходимо, чтобы специалисты по городской экологии могли иметь точное представление о фактическом распределении растительности, включая ее типы, видовой состав, биомассу и т.д. Однако во многих городах кадастры зеленых насаждений отсутствуют или являются неполными. Там, где такие кадастры существуют, они обычно недостаточно часто обновляются. Кроме того, практически отсутствуют системы контроля условий, в которых находится городская растительность (недостаток воды, вспышки массового размножения насекомых, устойчивость различных видов растений к загрязнению воздуха и т.д.).

Космические снимки могут оказаться очень полезными для ведения городских кадастров зеленых насаждений и создания автоматизированных систем их обновления, а также для контроля растительности. Это особенно важно для крупных мегаполисов, где кадастр охватывает тысячи квадратных километров. Данное исследование проведено для Монреаля – крупнейшего мегаполиса Канады. По очень приблизительной оценке, на его территории, охватывающей примерно 3000 кв. км, произрастает около 30 миллионов деревьев.

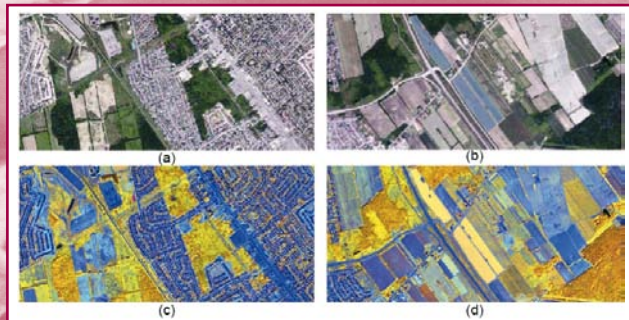


Рис. 1.  
Примеры цветковых композиций, созданных с использованием различных спектральных каналов

\* Сокращенный перевод с английского языка. Статья была представлена на конкурс «8-Band Research Challenge», проведенный компанией DigitalGlobe, и отмечена жюри как одна из лучших. Оригинал статьи опубликован на сайте компании DigitalGlobe ([http://www.digitalglobe.com/downloads/8bc/ARTICLE\\_CAVAYAS.pdf](http://www.digitalglobe.com/downloads/8bc/ARTICLE_CAVAYAS.pdf)). Перевод подготовлен к публикации Б.А. Дворкиным (Компания «Совзонд»)



Как показали исследования, для эффективного использования космических снимков в работе с кадастрами растительности они должны обладать рядом характеристик: 1) точность геопозиционирования в диапазоне нескольких метров и менее, особенно в районах плотной застройки; 2) высокое спектральное и радиометрическое разрешение для определения видового состава; 3) хорошие стереоскопические качества для точной оценки биомассы и других структурных параметров, особенно в лесопарковых зонах.

Исследовательские работы проводились по мультиспектральному ортотрансформированному снимку WorldView-2 на часть города Лаваль (пров. Квебек, Канада), полученному 3 июля 2010 г. Кроме того, привлекались и другие источники, в т. ч. топографические карты и карты лесов, а также цифровое ортомозаичное изображение, созданное

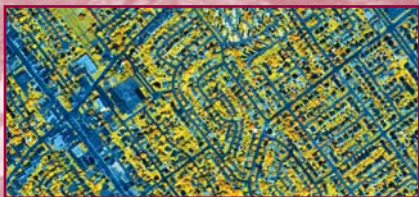


Рис. 2.

Отдельные деревья хорошо различимы внутри жилой зоны; различные цвета деревьев явно указывают на возможность идентификации древесных пород

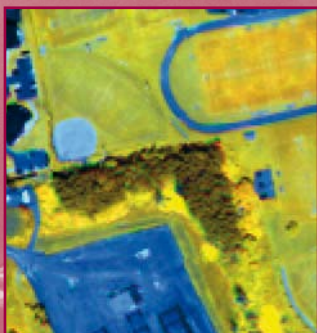


Рис. 3.

Более низкие коэффициенты отражения в инфракрасных областях позволяют легко отличать хвойные деревья от остальных растительных покровов; напротив, кустарники лиственных пород имеют спектральное выражение, схожее с травяными участками (оранжевый оттенок)

на основе цветных аэрофотоснимков, полученных в апреле 2005 г. (разрешение 1 м).

Для того чтобы оценить практическую применимость автоматизированной системы для работы с кадастрами зеленых насаждений, на основе ранее опубликованных результатов с использованием снимков высокого разрешения, была разработана трехэтапная схема. Цель первого этапа (преобразование данных в коэффициенты отражения Земли) состоит в получении точных сигнатур спектра объектов, находящихся на исследуемой территории, с целью оптимального использования потенциальных преимуществ восьмиканальной съемки WorldView-2 (напомним, что спутник ведет съемку в следующих спектральных каналах: фиолетовый или coastal, синий, зеленый, красный, крайний красный или red-edge, ближний ИК-1, ближний ИК-2). Второй этап – разделение участков, покрытых зелеными насаждениями, от территорий, не покрытых растительностью, водных объектов и т. д. Многие исследователи предлагают использовать вегетационные индексы как средство дифференциации растительного покрова от остальных территорий. Этот метод рассмотрен и в данном исследовании. После определения зон растительности можно разделить их на «сегменты растительности» путем группирования соответствующих пикселей. Для каждого растрового многоугольника рассчитываются различные геометрические атрибуты (площадь, периметр, плотность и т. д.). Затем геометрические характеристики наряду со спектральными и текстурными атрибутами, рассчитанными внутри каждого многоугольника, анализируются с целью разбиения этих многоугольников (или частей многоугольников) на несколько классов, включая лесные зоны, кусты и травяную растительность. Результаты классификации могут быть подвергнуты дальнейшему анализу – с использованием панхроматических данных – для идентификации древесных пород и структурных параметров растительного покрова. Полезность спектральных и текстурных характеристик, выделенных из многоспектральных данных, анализируется в данном исследовании.

## АНАЛИЗ И РЕЗУЛЬТАТЫ

### Этап 1:

#### Преобразование данных в коэффициенты отражения Земли

Преобразование цифровых данных в пикселях в коэффициенты отражения Земли состоит из трех шагов:

(1) преобразование цифровых данных в коэффициенты отражения верхних слоев атмосферы;





Рис. 4.

Цветовой композит, полученный путем комбинирования NDVI, рассчитанного для крайнего красного канала (красный цвет на рисунке), канала ближнего ИК-1 (зеленый цвет на рисунке) и канала ближнего ИК-2 (синий цвет на рисунке); объяснения приведены ниже



Рис. 5.

Исходное изображение (а) и идентификация участков с растительным покровом на основе трех NDVI (б; зоны без растительности маскированы)

(2) оценка атмосферных помех, включенная в коэффициенты отражения ТОВА, основанная на упрощенном решении уравнения проникновения излучения через атмосферу, структура и состав которой в момент съемки описываются определенной моделью;

(3) устранение атмосферных помех и вычисление коэффициентов отражения земной поверхности.

Расчеты показали, что состав атмосферы влияет на крайний красный канал и еще больше — на ближний ИК-2, в то же время, как и ожидалось, эффекты рассеивания более всего влияют на фиолетовый канал. В видимых областях, при низких коэффициентах отражения растительности, планетарный коэффициент отражения завышает коэффициент отражения земной поверхности вследствие совокупных атмосферных эффектов ( $R_{atm}$ ). В инфракрасных зонах, при высоких коэффициентах отражения растительности, атмосферное пропускание (мультипликативное воздействие) приводит к занижению коэффициента отражения. Таким образом, важно скорректировать атмосферные эффекты перед обработкой снимка. Как показано на рис. 3, даже при достаточно условных предположениях о поведении атмосферы и поверхностного отражения полученные коэффициенты отражения поверхности для различных объектов вполне точно отражают ожидаемое спектральное поведение, зарегистрированное при наземных измерениях.

Использование значений коэффициента отражения позволяет достичь улучшенного баланса цветов в случаях, когда для визуализации создается цветовой композит. Различные эксперименты со снимками в коэффициентах отражения показали, что можно добиться более естественного цвета для менее насыщенного зеленого оттенка путем замены красного канала желтым (рис. 1а–б). Кроме того, удалось получить очень хорошее выделение растительного покрова путем объединения ближнего ИК-1, крайнего красного и красного каналов (рис. 4с–д). В этом композите желтый цвет, отображающий различные растительные покровы, контрастирует с синим, отображающим свободные от растительности территории. Используя этот цветовой композит, можно легко отличать отдельные деревья различных пород внутри жилой зоны (рис. 2), а также участки хвойного леса от других растительных насаждений (рис. 3).

### Этап 2:

#### Распознавание растительного покрова

Обычно для выделения на снимках пикселей, отображающих растительный покров, используются вегетационные индексы, такие, как NDVI:

Снимки WorldView-2 позволяют рассчитать индексы NDVI в спектральных каналах ближний ИК-1 или ближний ИК-2. Однако, анализируя доступные данные, мы обнаружили, что некоторые искусственные объекты имеют NDVI, схожий с растительным покровом. Некоторые объекты хорошо отличаются от растительного покрова по индексу NDVI, вычисленному на основе коэффициента отражения в крайнем красном канале. Другие объекты, напротив, имеют значения NDVI (крайний красный), схожие с NDVI растительного покрова, но их удается отличить с помощью NDVI, вычисленного для каналов ближний ИК-1 или ближний ИК-2. Пиксели в последнем случае проявляются, как правило, на краях крыш зданий или затененных областей; по нашему мнению, это происходит из-за смещения исходных спектральных полос. Таким образом, совместное использование трех индексов NDVI обеспечивает более точное разделение растительного покрова. На рис. 4 показан цветовой композит трех NDVI для части рассматриваемого изображения. Участки серых и черных оттенков представляют не занятую растительностью землю, а белые участки — пиксели с ценным растительным покровом. Примеры объектов, неотличимых от растительного покрова при любом NDVI, выделены кругами различных цветов. Стоит отметить, что это сочетание NDVI обеспечивает очень хорошее выделение заболоченных мест (светло-коричневый цвет), а также хорошо обозначает присутствие водных растений (красновато-коричневый цвет).

Используя ряд пороговых значений, адаптированных к каждому NDVI, можно отделить участки с растительным покровом от других территорий с достаточно высокой точностью, как показано на рис. 5.

### Этап 3:

#### Классификация растительного покрова

Эксперименты, проведенные в данной работе, включают различные тесты со стандартными классификациями растительности. Были использованы спектральные и текстурные параметры. Текстура является важным элементом для дифференциации различных пород деревьев на снимках высокого разрешения. В настоящем исследовании использовалась концепция выделения текстур на основе использования двух и более спектральных каналов, а не одного, как обычно. Этот принцип более успешно применяется для мультиспектральных изображений, где учитываются не только изменения «интенсивности», но также и изменения «оттенка».





Рис. 6.  
 а) нормальный цветовой композит; б) цветовой композит каналов ближний ИК-2, красный и зеленый после декорреляции

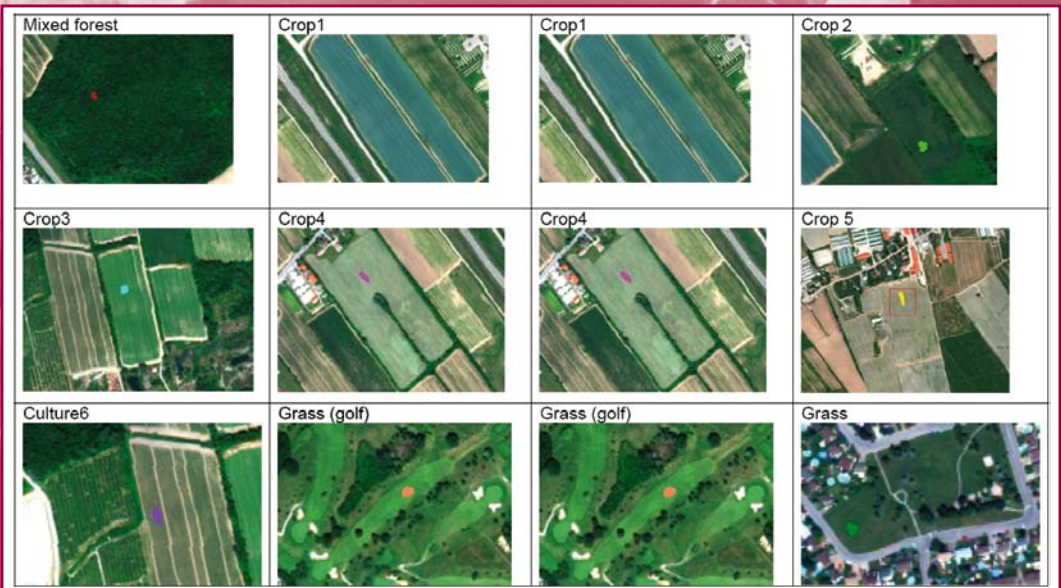


Рис. 7.  
 Выбор участка для эксперимента





Рис. 8.

- а) классификация по принципу максимального правдоподобия (ML) с использованием набора из 8 спектральных каналов;  
 б) отображение каналов ближний ИК-2, красный и зеленый после проведения декорреляции;  
 в) отображение в естественных цветах

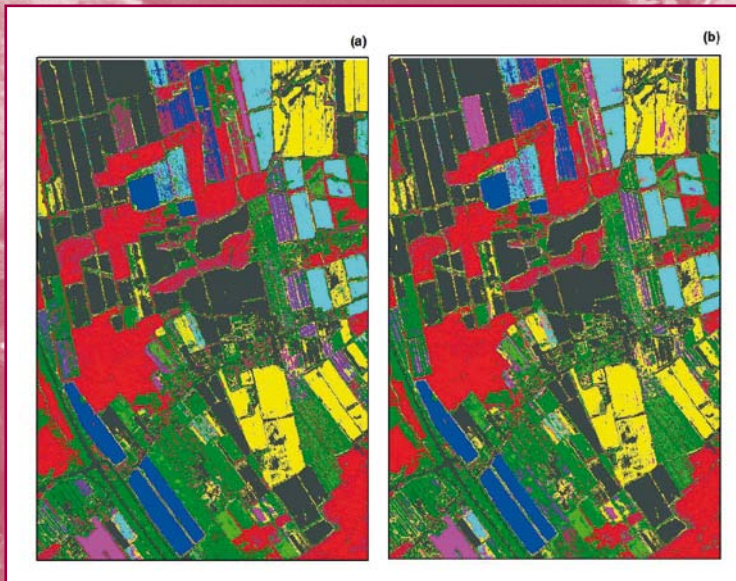


Рис. 9.

- а) классификация по принципу максимального правдоподобия (ML) с использованием набора из 8 спектральных каналов;  
 б) классификация по принципу ML с использованием стандартного набора из 4 каналов синий, зеленый, красный, ближний ИК-1



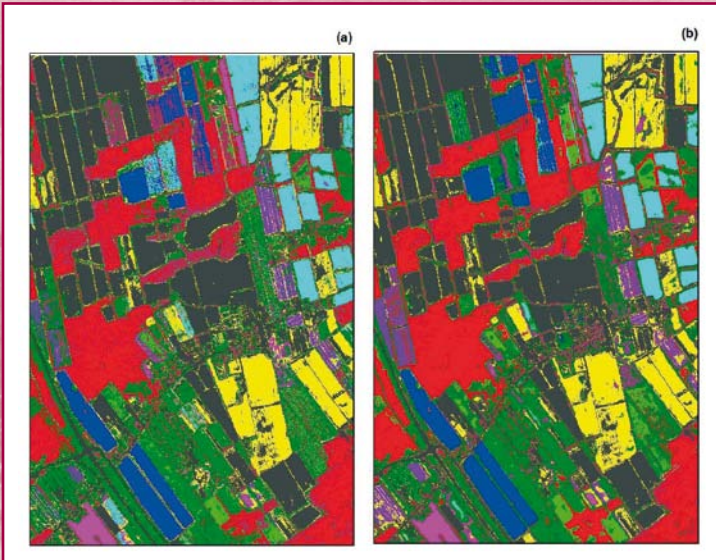


Рис. 10.

а) классификация по принципу ML с использованием набора из 8 спектральных каналов;  
 б) классификация по принципу ML с использованием набора из 8 диапазонов и текстурного канала (контрастность; красный и крайний красный каналы)

Для выделения текстурных характеристик используют обобщенные матрицы смежности. В стандартном случае матрицы смежности создаются путем вычисления частоты смежности пар значений пикселей, разделенных заданным вектором (расстояние, ориентация) в «скользящем окне». В общем случае (два канала) пары значений создаются при одновременном исследовании двух различных спектральных каналов.

Для лучшего понимания эффективности использования новых спектральных каналов WorldView-2, а также цветных текстурных изображений был выполнен ряд автоматических классификаций (на основе принципа максимального правдоподобия). Для этих экспериментов был выбран ряд экспериментальных участков с различными типами растительного покрова (рис. 6). При выборе участков мы обнаружили, что использование метода декорреляции в целях визуализации значительно облегчает решение этой задачи. На рис. 6 приведен соответствующий пример.

На рис. 7-10 показаны некоторые результаты экспериментов по классификации. Как видно на рис. 8, хорошо идентифицируются отдельные деревья, тем не менее присутствует некоторое смещение классов, в особенности сельскохозяйственных культур и газонов. До-

полнительные спектральные полосы не оказывают заметного влияния на результаты классификации по сравнению со стандартным набором (рис. 9). Это указывает на то, что на снимках WorldView-2 высока избыточность спектральных каналов. Наконец, на рис. 10 заметно, что дополнительный текстурный канал оказывает влияние на однородность тематических классов.

### ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ВЫВОДЫ

Эксперименты, выполненные с использованием доступных снимков WorldView-2, доказали целесообразность применения автоматической системы для работы с кадастрами зеленых насаждений в урбанизированных зонах. Необходимо провести дальнейшее исследование для улучшения радиометрических качеств снимков и для разработки системы, использующей средства и методы искусственного интеллекта, умеющей интерпретировать значения различных характеристик, выделенных по космическим снимкам. Простые методы малоприменимы для классификации разнообразных растительных покровов и разнообразных условий окружающей среды, особенно в городских зонах плотной застройки.

**Л. Руис** (L. Ruiz),  
**Т. Эрмосилла** (T. Hermosilla),  
**Г. Сериса** (G. Serisa) и др.

Научно-исследовательская группа по геоэкологическому картографированию и дистанционному зондированию Земли. Политехнический университет, г. Валенсия (Испания).

## Многовариантная и объектно-ориентированная стратегия обновления базы данных земельных ресурсов и растительного покрова по снимкам WorldView-2\*

### ВВЕДЕНИЕ

Одна из стратегических задач, возникающих при разработке геоинформационных систем, заключается в разработке и применении новых методов, позволяющих учитывать создание и обновление баз географических данных по космическим снимкам и другим источникам информации. Создание и поддержка баз геоданных земельных ресурсов и растительного покрова в различных масштабах являются обязательными для эффективного управления на региональном и общегосударственном уровне. Доступность, точность и актуальность таких баз данных являются основой для решения задач в различных областях, таких, как использование природных ресурсов, защита окружающей среды, контроль городской застройки и т.п. Тем не менее существующие способы обновления баз данных являются довольно медленными и дорогостоящими из-за трудоемкого процесса дешифрирования фотоснимков и большого объема полевых работ, требующихся в большинстве

случаев. В последние годы особенно остро ощущается необходимость в улучшении качества данных дистанционного зондирования Земли, повышении их пространственного, спектрального и радиометрического разрешения, а также степени их доступности. Новые условия требуют развития новых методов и алгоритмов для работы с такой информацией и для ее эффективного использования при решении конкретных задач, связанных с картографированием и обновлением баз геоданных.

Космические снимки используются для картографирования земельных ресурсов и растительного покрова уже много лет из-за высокой периодичности получения данных, а зачастую также из-за более низкой стоимости по сравнению с аэрофотоснимками. Традиционные методы дешифрирования снимков предусматривают присваивание каждому пикселю тематической характеристики, основанной на различных цифровых значениях пикселя в разных спектральных каналах. Этот метод подходит для однородных классов или категорий, но не под-

\* Сокращенный перевод с английского языка. Статья была представлена на конкурс «8-Band Research Challenge», проведенный компанией DigitalGlobe, и отмечена жюри как одна из лучших. Оригинал статьи опубликован на сайте компании DigitalGlobe ([http://www.digitalglobe.com/downloads/8bc/Paper8bandWW2Challenge\\_LARuiz\\_et\\_al\(CGAT\).def.pdf](http://www.digitalglobe.com/downloads/8bc/Paper8bandWW2Challenge_LARuiz_et_al(CGAT).def.pdf)). Перевод подготовлен к публикации Б.А. Дворкиным (Компания «Совзонд»)

Рис. 1.  
Космический снимок WorldView-2  
(ближний инфракрасный канал)  
на исследуемый район



ходит для классов, характеризующихся высокой степенью спектрального смешения или неоднородным распределением элементов ландшафта. Использование текстурного анализа и текстурных характеристик (Haralick et al., 1973; Laws, 1985; Curran, 1988; etc.) улучшает результаты в таких областях, но также имеет ряд ограничений.

Благодаря новым спутниковым сенсорам, обладающим высоким разрешением, за последнее десятилетие увеличилось количество проектов в области землепользования, инициированных различными министерствами и ведомствами, нацеленных на создание и обновление баз геоданных на региональном, национальном и международном уровнях. Однако в случае использования космических снимков высокого разрешения для этого класса задач возникают две основные практические и методологические проблемы. Во-первых, чем выше детализация изображений, тем выше внутренняя вариативность соответствующих областей или участков. Во-вторых, спектральные характеристики большинства космических снимков высокого разрешения обычно ограничиваются тремя видимыми и одним инфракрасным каналами в дополнение к одному панхроматическому каналу, которые во многих случаях используются только для получения цветного изображения. Эта про-

блема особенно актуальна для картографирования растительности, а также для проектов, охватывающих крупные географические объекты с разнообразной растительностью.

Проблему внутренней вариативности можно решить, используя объектно-ориентированные методы классификации. Они позволяют учитывать и, более того, эффективно использовать пространственное распределение элементов, составляющих конкретный ландшафт или административную единицу, с целью повышения точности классификаций земельных ресурсов и растительного покрова. При использовании этих методов каждая пространственная единица (например, многоугольник) анализируется в целом, что позволяет связывать значения пикселей внутри границ и создавать новые дескриптивные характеристики, дающие информацию о внутренней вариативности и распределении элементов в объекте. При этом, с одной стороны, могут быть рассмотрены текстурные характеристики в виде уникального значения для объекта и могут быть выделены новые структурные характеристики, что дает информацию о пространственном расположении элементов внутри объектов. С другой стороны, проблема ограничения спектральной информации, типичная для спутниковых сенсоров высокого разрешения, может



быть решена путем использования новых космических снимков, полученных со спутника WorldView-2, в которых имеется 8 спектральных каналов в видимой и инфракрасной областях электромагнитного спектра, а разрешение в панхроматическом режиме составляет примерно 0,5 м.

Цель данной работы состояла в изучении объектно-ориентированных методов классификации по космическим снимкам с высоким спектральным и пространственным разрешением, полученным со спутника WorldView-2, и в оценке эффективности этих методов в классификации земельных ресурсов

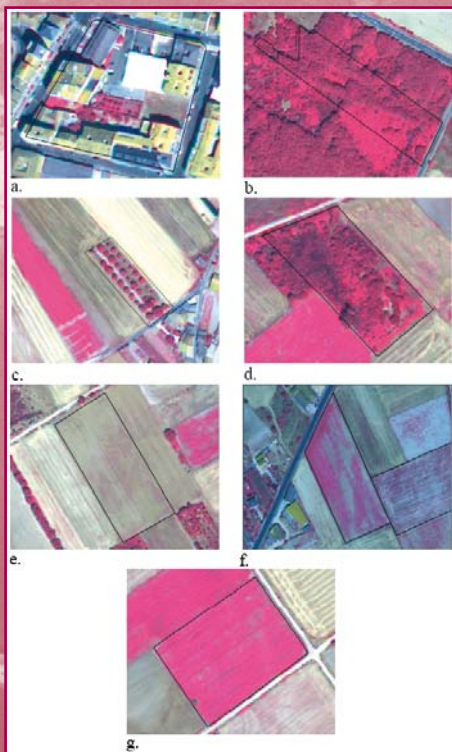


Рис. 2.

Цветные инфракрасные композиты эталонных участков:  
а) городская застройка; б) леса; в) фруктовые сады;  
д) кустарники; е) пашни; ф) редкая растительность;  
г) орошаемые поля

и растительного покрова для автоматического создания и обновления базы геоданных. Использовался снимок, покрывающий площадь в 100 кв. км. Исследуемая область расположена в Галисии (северо-запад Испании). Эта область выбрана из-за разнообразия ландшафта (рис. 1) и доступности данных полевых наблюдений.

Сенсор WorldView-2 обеспечивает получение панхроматических (разрешение 0,46 м) и мультиспектральных изображений в восьми каналах видимой и ближней инфракрасной областях спектра (разрешение 1,84 м): фиолетовый или coastal (0,400–0,450 нм), синий (0,450–0,510 нм), зеленый (0,510–0,580 нм), желтый (0,585–0,625 нм), красный (0,630–0,690 нм), крайний красный или red-edge (0,630–0,690 нм), ближний ИК-1 (0,770–0,895 нм), ближний ИК-2 (0,860–1,040 нм).

Границы исследуемых участков были получены из испанского земельного кадастра SIGPAC. Площадки составляют сплошную область, входящую в участок сельскохозяйственного назначения. Кроме того, использовались эталоны, полученные при проведении полевых исследований. Эти эталоны имеют форму прямоугольников со сторонами от 350 до 500 м.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

### Выделение классов и отбор эталонов

Было выделено в общей сложности семь классов с учетом классификаций, используемых местными и национальным картографическими агентствами, разрабатывающими базы геоданных в исследуемой области (рис. 2). Большая часть проверочных эталонов была выбрана по результатам полевых исследований. Кроме того, были использованы дополнительные данные, полученные путем дешифрирования снимков, для обеспечения полноты представления некоторых классов. В общей сложности было использовано 1172 пробных участка.

Для обеспечения точности классификации участки площадью менее 60 кв. м были исключены.

### Выделение характеристик по объектам

Использование эффективных дескриптивных характеристик очень важно для точной классификации. На этом этапе каждый участок был обработан

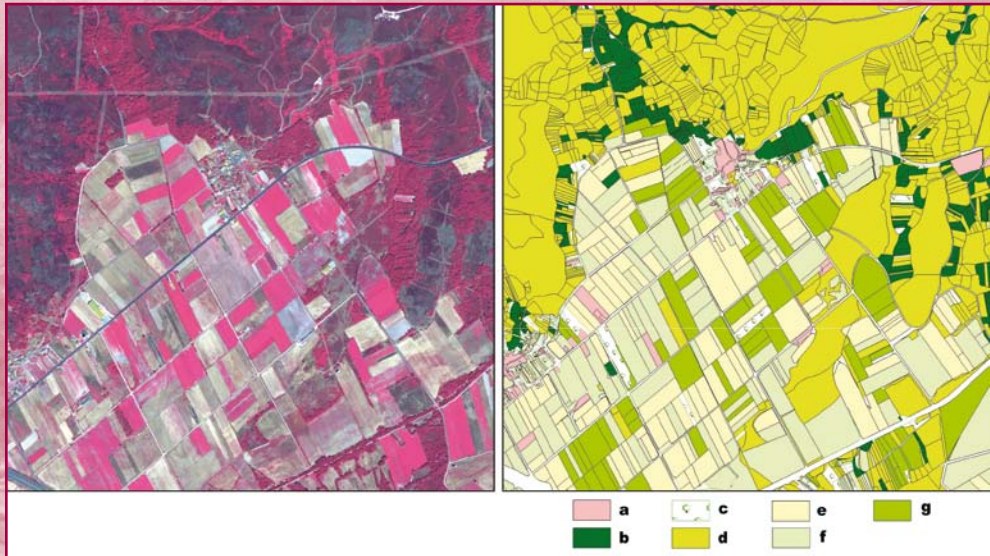


Рис. 3. Пример результата классификации. Слева – цветной композит (ближний инфракрасный канал), справа – тематическая карта (условные обозначения: а) городская застройка; б) леса; с) фруктовые сады; д) кустарники; е) пашни; ф) редкая растительность; г) орошаемые поля)

отдельно для выделения дескриптивных характеристик, определяющих текущий тип его землепользования. Подход, использованный в данном исследовании при расчете характеристик, можно считать многосторонним, т.к. было выделено три категории характеристик: спектральные, текстурные и структурные.

**Спектральные характеристики**, использованные в исследовании, дают информацию об отражательных свойствах объектов в видимой и ближней инфракрасной областях, которые зависят от типа земной поверхности, состояния растительности, состава почвы, строительных материалов и т.д. Эти характеристики особенно полезны для определения спектрально однородных классов, таких, как зеленые культуры или земли под паром; при этом снимки WorldView-2 предоставляют более конкретную спектральную информацию по сравнению с другими доступными сенсорами. Среднее отклонение, стандартное отклонение, минимальное и максимальное значения были рассчитаны на основе восьми спектральных

каналов WorldView-2, а также на основе приведенной разности вегетативного индекса (NDVI), вычисленной для красного и ближнего ИК-1 каналов.

**Текстурные характеристики** дают информацию о пространственном распределении параметров интенсивности в изображении, они полезны для количественного определения таких свойств, как однородность, контрастность, однородность, для каждого объекта. Эти свойства дают дополнительную информацию об объекте. Текстурные характеристики были рассчитаны для каждого объекта по панхроматическому каналу для оптимального использования его высокого пространственного разрешения.

**Структурные характеристики** дают информацию о пространственном расположении различных элементов внутри объекта, выраженную в хаотичности или равномерности распределения элементов. Например, упорядоченность, или правильный рисунок в схемах искусственных ландшафтов, таких, как схемы посадки зерновых культур и деревьев на сельскохозяйственных площадях.



### Классификация с использованием дерева решений

Объекты были классифицированы с использованием дерева решений, представляющего собой набор условий, организованных в иерархическую структуру таким образом, что класс, присвоенный объекту, может быть определен с помощью прослеживания условий, которые выполняются от корней дерева (начальный набор данных) к любому из его листьев (присвоенный класс).

Процесс построения дерева решений начинается с разделения набора эталонов с использованием взаимоисключающих условий. Каждая из образованных подгрупп итерационно разделяется до тех пор, пока все новые сформированные подгруппы не станут однородными, т. е. когда все элементы в подгруппе будут принадлежать одному классу. Этот процесс повторяется до тех пор, пока не будет выполнено разделение исходных данных на однородные подгруппы с использованием соотношения прироста информации в качестве критерия разбиения. Этот критерий использует информационную теорию для оценки размера поддеревьев для каждого возможного атрибута и выбирает атрибут с наибольшим ожидаемым приростом информации, т.е. атрибут, приводящий к наименьшему ожидаемому размеру поддеревьев.

В общей сложности для классификации были сформированы десять деревьев решений с использованием метода возрастания с несколькими классификаторами, позволяющего повысить точность классификаторов. Метод возрастания с несколькими классификаторами основан на соотношении весов с проверочными пробами. Чем выше вес пробы, тем сильнее его влияние в классификаторе. После каждого построения дерева вектор весов корректируется с целью определения эффективности модели. Таким образом, проба, классифицированная ошибочно, увеличивает свой вес, в то время как вес правильно классифицированной пробы уменьшается. Соответственно модель, полученная при следующей итерации, учитывает пробы, ошибочно классифицированные в предыдущем шаге. После построения набора деревьев решений каждому объекту назначается класс с учетом расчетной погрешности, определенной при построении каждого дерева.

### Оценка

Оценка классификации основывалась на анализе матрицы неточностей путем сравнения класса, назначенного каждому эталону, с информацией, содержащейся в эталонной базе данных. Была рассчитана общая точность классификаций, а также точность производителя и точность пользователя для каждого класса.

Поскольку область исследования была небольшой и для корректной оценки требовался представительный набор испытательных данных, использовался метод перекрестной проверки достоверности с исключением объектов по одному (leave-one-out). Этот метод основан на единственном наблюдении исходной пробы в качестве данных для проверки достоверности и оставшихся наблюдений в качестве проверочных данных. Процесс повторяется таким образом, что каждое наблюдение в пробе используется один раз в качестве данных для проверки достоверности.

Из-за большого количества определенных параметров некоторые характеристики могут оказаться избыточными для эффективного описания объектов, используемых в нашем исследовании. Включение этих параметров может внести помехи в классификацию. Поэтому было выполнено исследование связей между характеристиками и их вкладом в точность классификации. Был использован статистический линейный дискриминационный анализ для определения важности характеристик для конкретной задачи классификации и для каждого конкретного случая применения.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И КОММЕНТАРИИ

Анализ точности для каждого независимого класса при использовании спектральных, текстурных и структурных характеристик показывает, что классы «городская застройка», «кустарники» и «фруктовые сады» выделяются с высокой точностью (около или более 80). Начальная точность для классов «леса» и «орошаемые поля» составляет 50%, но после добавления характеристик в модель их точность повышается. Класс «редкая растительность» по расчетам характеризуется очень низкой точностью при использовании двух дополнительных дискриминационных характеристик, но при использовании среднего значения характеристики для крайнего красного кана-

Таблица 1

**Общая точность классификации при использовании различных сочетаний дескриптивных характеристик**

Характеристики	Общая точность
Спектральные	84,0
Спектральные и текстурные	87,2
Спектральные, текстурные и структурные	89,0

ла расчетная точность значительно возрастает (до 90%). Для достижения максимальной расчетной точности класса «пашни» требуется наибольшее число дескриптивных характеристик.

Общая точность классификации при использовании различных сочетаний дескриптивных характеристик указана в табл. 1.

При использовании только спектральных характеристик достигается общая точность 84%, но при этом для класса «фруктовые сады» достигается очень низкая точность. Этот класс характеризуется высокой степенью смешиваемости с классами «леса», «кустарники» и «редкая растительность». Это объясняется тем, что участки фруктовых садов часто имеют маленькие площади и характеризуются смешанным типом землепользования. Классы «леса» и «кустарники» часто смешиваются при классификации из-за сходных спектральных свойств. По этой же причине при классификации «редкая растительность» и «орошаемые поля» также характеризуются заметной степенью смешиваемости.

Сочетание спектральных и текстурных характеристик позволяет достичь повышения общей точности классификации до 87,2%, главным образом за счет значительного улучшения результатов классификации класса «фруктовые сады». В результате наблюдается некоторый прирост точности для классов «леса» и «кустарники».

При последующем включении структурных характеристик в процесс классификации наблюдается умеренный прирост точности для всех классов. В результате общая точность классификации достигает 89% (рис. 3).

## ВЫВОДЫ

Использование крайнего красного спектрального канала сенсора WorldView-2 однозначно повышает точность классификации участков сельскохозяйственных культур и является одним из самых эффек-

тивных средств дифференциации этих классов земельных участков. Учитывая тот факт, что область исследования представляет собой сочетание участков с растительностью и без растительности, можно утверждать, что полный набор спектральных каналов дает разнообразную спектральную информацию, повышая общую точность классификации для представленной задачи, в которой были выделены семь классов землепользования.

Тектурные и структурные характеристики, выделенные по панхроматическому каналу для каждого отдельного участка, обеспечивают очень интересный синергетический эффект со спектральной информацией при классификации объектов. Информация, которую они добавляют, является дополнительной к спектральной, что позволяет извлечь преимущество из внутренней вариативности при характеристике участков. Это объясняется не только очень высоким пространственным разрешением панхроматического изображения, но также радиометрическим разрешением 11 бит, которое повышает чувствительность расчетных переменных и контрастность захваченной информации.

Проведенное исследование показало, что используемая методика является репрезентативной для многих текущих проектов, связанных с созданием и обновлением базы данных земельных ресурсов и растительного покрова. Полученные хорошие результаты (общая точность близка к 90%) позволяют с оптимизмом рассматривать перспективу использования данных со спутника WorldView-2. Сочетание высокого спектрального, пространственного и радиометрического разрешения данных и исчерпывающего извлечения информации при использовании объектно-ориентированных методов и многовариантного подхода, основанного на спектральных, текстурных и структурных характеристиках, обеспечивает многообещающие перспективы для их практического применения.

**В.Н. Елаев** (Министерство имущественных и земельных отношений Республики Бурятия)  
В 1994 г. окончил географический факультет Иркутского государственного университета. В настоящее время – первый заместитель министра имущественных и земельных отношений Республики Бурятия.

**С.В. Любимцева** (Компания «Совзонд»)  
В 2002 г. прошла обучение по курсу «Информационные системы», в 2010 г. получила степень «Мастер делового администрирования» (Master of Business Administration) в Финансовой академии при Правительстве РФ. С 2005 г. работает в компании «Совзонд», в настоящее время – директор по маркетингу.

**М.Ю. Кормщикова** (Компания «Совзонд»)  
В 2008 г. окончила Уфимский государственный авиационный технический университет по специальности «информационные системы в технике и технологиях». В настоящее время – руководитель отдела ГИС-проектов компании «Совзонд».

## Геопортал имущественно-земельного комплекса Республики Бурятия

Современный этап развития Республики Бурятия требует внедрения новейших инновационных технологий управления информацией и предоставления ее всем заинтересованным министерствам, другим органам государственной власти, предприятиям, компаниям и населению региона. Космические технологии, включая дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) из космоса и глобальные навигационные спутниковые системы, а также геоинформационные системы и геопорталы открывают широкие возможности для развития информационного общества. Использование пространственных данных и их сопряжение с другими видами информации приобретает стратегическое значение для дальнейшего ускорения социально-экономического развития республики.

Чтобы обеспечить эффективное управление земельными ресурсами и объектами недвижимого имущества Республики Бурятия, необходимо наличие полной, достоверной и согласован-

ной пространственной информации. Эта информация должна быть открытой и доступной, т. е. должен быть обеспечен свободный удаленный доступ к ней. В связи с этим разработка механизмов взаимодействия между органами государственной власти и населением (в том числе и юридическими лицами) республики на основе геоинформационных технологий приобретает особую актуальность.

Отчасти создание единой геоинформационной системы (ГИС) по земельным ресурсам и объектам недвижимости обусловлено потребностями юридических и физических лиц, а также самих сотрудников министерства имущественных и земельных отношений Республики Бурятия (МИЗО РБ) и сотрудников администраций муниципальных образований районного и поселенческого уровня в данной сфере деятельности. Потребность в такой ГИС ощущалась уже давно. Во-первых, все карты, имеющиеся в МИЗО РБ, не унифицированы и не были объединены в единую систему; во-вторых, карты не име-



Рис. 1.  
Интерфейс геопортала имущественно-земельного комплекса Республики Бурятия

ли статус «для открытого опубликования»; в-третьих, все оцифрованные данные хранились в различных форматах, что затрудняло оперативный поиск нужного района на карте. Говоря о населении республики, нужно отметить, что для пользователей были доступны только бумажные карты и атласы, так как ни на одном онлайн-ресурсе до сих пор нет цифровых планов и схем на территорию республики. Это делает невозможным также ввод и получение атрибутивной информации, характеризующей объекты, например, для строений это этажность, материал стен, год постройки и т. д. Отсутствие доступных цифровых карт, в том числе и в сети Интернет, не дает также возможности построения кратчайших маршрутов и пользоваться другими сервисами, доступными при работе с векторными картографическими данными.

Учитывая стремительную информатизацию и компьютеризацию нашей страны, геоинформационные технологии, получив широкое распространение среди населения республики, дадут новые возможно-

сти, сократится, например, время для оформления получения участков и исчезнут соответственно очереди. Зачем ехать в министерство в строго отведенный для этого день, чтобы подать заявку на бесплатное получение свободного участка, если этот запрос можно послать по электронной почте в любое удобное время, даже не выходя из дома? Подобные преимущества получает и само министерство.

На базе МИЗО РБ было реализовано простое и эффективное решение проблемы: создание единого онлайн-ресурса, консолидирующего базовую пространственную информацию и данные о земельных участках и объектах недвижимости республики. В качестве ядра системы была выбрана платформа ArcGIS Server 10, которая на данный момент является одной из наиболее функциональных и простых в использовании. Результатом такого решения явилось создание **веб-приложения (геопортала)**, доступного всем пользователям сети Интернет (рис. 1).





Рис. 2.  
Навигация по кадастровым участкам



Рис. 3.  
Тематические карты кадастровых участков



Рис. 4.  
Сервисы для работы с кадастровой информацией

В настоящее время геопортал имущественно-земельного комплекса Республики Бурятия выступает единым информационным центром для всего министерства имущественных и земельных отношений. Этот ресурс предоставляет оперативный доступ всем ответственным и заинтересованным лицам к картографической и кадастровой информации, а также дает возможность объективно оценить ситуацию с точностью и полнотой имеющихся данных.

Такой подход позволит значительно повысить показатели предоставления земельных участков в 2011 г. по отношению к показателям 2010 г., а также увеличит заинтересованность инвесторов в размещении финансовых средств в республике.

В результате создания геопортала МИЗО РБ все имеющиеся данные (карты, аэрофотоснимки, сведения Росреестра и др.) приведены к единому формату. Также геопортал обеспечивает доступ к космическим снимкам, предоставленным в 2010 г. компанией «Совзонд». Это данные со спутника

ДЗЗ ALOS (PRISM) с пространственным разрешением 2,5 м на часть территории республики (земли сельскохозяйственного назначения) в виде бесшовной панхроматической мозаики (продукт ОРТОРЕГИОН™).

В геопортале МИЗО РБ представлен целый набор слоев, содержащих различную пространственную информацию. В первую очередь это цифровая топографическая карта, включающая в себя множество слоев (гидрография, растительность и т. д.), отражающих все особенности местного ландшафта. Во-вторых, продукт ОРТОРЕГИОН™, покрывающий огромную часть территории республики. В-третьих, ортофотопланы масштаба 1:1000 с точной геодезической привязкой, полученные путем аэрофотосъемки с последующим преобразованием аэрофотоснимков почти на все населенные пункты Республики Бурятия. Вся эта информация дает практически точное и полное представление о географии любого выбранного населенного пункта.

Также необходимо отметить сервисы, предоставляемые пользователям геопортала:

- получение актуальной и постоянно обновляемой информации о кадастровых участках, которая отражает полную и реальную кадастровую ситуацию во всем регионе (рис. 2);
- доступ к тематическим картам (рис. 3); этот сервис основан на классификации земельных участков в соответствии с выбранной тематикой, среди которых можно выделить: тип собственника, статус земельного участка, разрешенное использование и категорию земель.
- интуитивно понятный поисковый сервис и получение справочной информации для всех объектов цифровой топографической карты.

Сотрудники МИЗО РБ получили возможность:

- взаимодействовать в интерактивном режиме с потенциальными владельцами земельных участков, предоставляемых в собственность;
- оперативно обнаруживать неточности картографической информации (недопустимые наложения, пересечения и т. д.);
- рассчитывать экономический ущерб от простоя земельных участков (на основании кадастровой стоимости);
- отслеживать изменения на кадастровой карте (плане) территории, что позволит своевременно подавать все необходимые документы в регистрационные службы.

В ближайшем будущем планируется совершенствование этого ресурса и создание дополнительных сервисов для различных целевых аудиторий. Дальнейшее развитие геопортала позволит физическим лицам получить наглядный поисково-информационный сервис: в первую очередь здесь можно будет просмотреть все свободные сформированные земельные участки, прошедшие государственный кадастровый учет, и оставить заявку на получение выбранного участка (рис. 4). Сейчас на геопортале можно рассмотреть любой населенный пункт республики в масштабе 1:2000, а также получить атрибутивную информацию. Предполагается предоставление справочной информации по объектам культурного наследия, памятникам и т. д., так называемой «исторической справки».

Туристы также смогут найти много интересной и полезной информации. Им больше не нужно будет на множестве разных сайтов в сети Интернет искать достопримечательности Республики Бурятия. На геопортале можно будет найти описания всех достопримечательных мест с фотографиями и краткой исторической справкой о них, а также оперативно проложить маршрут от одного культурно-исторического памятника к другому, что сократит время при подготовке маршрута мероприятия (экскурсионная программа, отпуск и т. д.).

Геопортал будет полезен для инвесторов: на нем планируется отображать земельные участки, находящиеся в активе Республики Бурятия, а также земельные участки, для которых предоставлено преимущественное право выкупа арендуемого имущества из государственной собственности для субъектов малого и среднего предпринимательства.

Потенциальные инвесторы смогут получить информацию о земельных участках для инвестиционных проектов. В данном ключе планируется создать сервис для получения списка доступных земельных участков вне существующих зон ограничения хозяйственной деятельности – санитарно-защитных, водоохранных, культурного наследия и других. Также в перспективе целесообразно добавить для удобства населения контактные данные коммерческих организаций, государственных учреждений и т. д.

Основные показатели эффективности от внедрения геопортала:

- увеличение сбора налоговых и неналоговых платежей от использования объектов недвижимости;
- повышение инвестиционной привлекательности региона (через доступность информации о свободных земельных участках и их стоимости);
- открытость размещенных на геопортале пространственных данных и, как следствие, возможность их использования для любых целей широкого круга населения;
- облегчение работы для всех уровней власти: от сельских и городских администраций до региональных и федеральных органов управления, министерств и ведомств.



**Н.П. Бобер** (РУП «Проектный институт Белгипрозем», Республика Беларусь)

В 1992 г. окончил Белорусскую государственную сельскохозяйственную академию. В настоящее время – главный инженер РУП «Проектный институт Белгипрозем». Кандидат экономических наук.

## Создание геопортала земельно-информационной системы Республики Беларусь\*

РУП «Проектный институт Белгипрозем» совместно со своими дочерними предприятиями, расположенными в каждом областном центре, выполняет землеустроительные, геодезические и картографические работы на всей территории Республики Беларусь.

В задачи предприятия входит широкий спектр вопросов, касающихся качественного и количественного учета земель, их рационального использования и перераспределения между различными категориями землепользователей.

Одним из видов работ, выполняемых предприятиями, является создание земельно-информационных систем (ЗИС), предназначенных для информационного обеспечения и автоматизации землеустроительной деятельности на территории страны.

ЗИС представляет собой географическую информационную систему с земельно-кадастровым содержанием и состоит из девяти основных слоев, отражающих административно-территориальное деление, границы земельных участков, мелиоративное состояние и хозяйственное использование земель и т.д.

ЗИС создается на территории административных районов с точностью топографических карт масштаба 1:10 000 (рис. 1) и на территории крупных населенных пунктов с точностью топографических карт масштаба 1:2000 (рис. 2).

Основная задача земельно-информационной системы – создание и поддержание в актуальном виде кар-



Рис. 1.  
Фрагмент топографической карты масштаба 1:10 000



Рис. 2.  
Фрагмент топографической карты масштаба 1:2000

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





Рис. 3.  
Фрагмент ортофотоплана на основе аэрофотосъемки

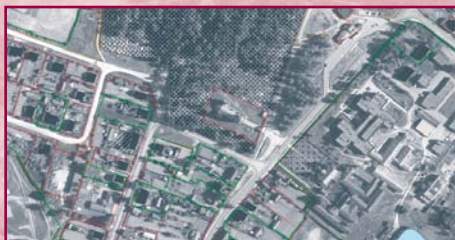


Рис. 4.  
Фрагмент данных ЗИС, наложенных на ортофотоплан



Рис. 5.  
Фрагмент данных растровой ЗИС

тографической модели состояния и использования земельных ресурсов республики.

В целях создания единой системы обеспечения пространственной информацией для принятия управленческих решений организаций, подчиненных Государственному комитету по имуществу Республики Беларусь (Госкомимущество), на «Белгипрозем» возложена ответственность за создание и развитие геопортала пространственных данных.

Единая автоматизированная геоинформационная система объединит все государственные информационные ресурсы подведомственных Госкомимуществу предприятий, что позволит повысить эффективность их использования в различных отраслях народного хозяйства страны посредством предоставления электронных услуг на основе веб-технологий. К примеру, работники строительной индустрии, геодезисты и землеустроители, топографы и энергетики, мелиораторы и специалисты других отраслей в режиме онлайн смогут получать всю необходимую пространственную и картографическую информацию, характеристики тех или иных интересующих их объектов, находящихся в любой точке Беларуси. Кроме того, с созданием портала пространственных данных Госкомимущества у заинтересованных предприятий – пользователей системы появится возможность преобразования полученной ин-



Рис. 6.  
Фрагмент ортофотоплана на основе космической съемки

формации для решения своих прикладных профессиональных задач.

Что же собой представляет геопортал?

Геопортал — это интернет-ресурс, который является единой точкой доступа ко множеству информационных ресурсов с инструментами просмотра, поиска географической информации, ее визуализации, загрузки, распространения и, возможно, поиска геосервисов.

Портал представляет собой интернет-сайт, который содержит обобщенную информацию, ссылки на данные в виде метаданных, ссылки на информационные ресурсы и предназначен для объединения множества источников данных и информации о данных в одном месте.

Пространственной основой для создания геопортала являются ортофотопланы, космические снимки, топографические карты и т.д. (рис. 3–6), а также земельно-информационная система, создаваемая предприятиями системы «Белгипрозем», включающая:

- векторные данные, представленные в виде информационных слоев ЗИС;
- растры с привязкой: планы землепользований, ортофотопланы, топографические карты и т.п.;
- метаданные;
- электронные архивы;
- космические снимки.

Основными целями создания геопортала являются:

- автоматизация работ по созданию, обновлению и оперативному представлению актуальных пространственных данных, формированию и выводу материалов статистической отчетности, справок, экспликаций, планов и т.п. для различных министерств и ведомств для поддержки принятия управленческих решений;
- геоинформационная поддержка прогнозирования, планирования и проектирования мероприятий на уровне хозяйствующего субъекта.

Основными задачами, решаемыми геопорталом, являются:

- обмен пространственной информацией между головной организацией и дочерними предприятиями;
- оперативный доступ из удаленных предприятий к актуальной пространственной информации;
- наличие удобных средств отображения растровых и векторных данных;
- возможность использования при работе с пространственной информацией базового ГИС-инструментария (выполнение поисковых запросов, нахождение расстояний и площадей и др.).

Для решения вышеперечисленных задач геопортал реализуется посредством технологии «клиент-сервер». Это многоуровневая иерархическая система, объединяющая несколько сетей.



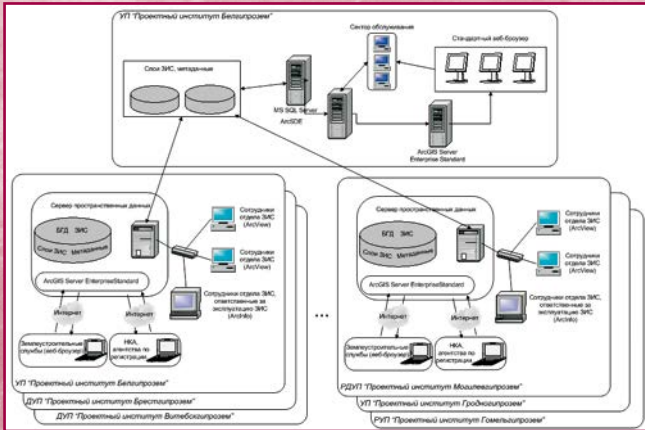


Рис. 7.

Схема взаимодействия серверов РУП «Проектный институт Белгипрозем» и его дочерних предприятий

В каждом дочернем предприятии установлен свой сервер, отвечающий за хранение, предоставление информации в пределах своей области. Далее информация аккумулируется со всех серверов дочерних предприятий и передается в головную организацию, где непосредственно и происходит предостав-

ление информации конечному пользователю.

Серверы сетей взаимодействуют между собой с помощью механизмов репликации данных, открепленного редактирования, выгрузки данных в виде файлов, экспорта/импорта данных в разных форматах (рис. 7)

На данный момент на всех предприятиях «Белгипрозема» реализован и действует прототип геопортала Госкомимущества – геопортал земельно-информационной системы Республики Беларусь со следующими функциями:

- авторизованный доступ к геопорталу;
- отображение снимков и векторных слоев;
- навигация по карте (рис. 8);
- выполнение поисковых запросов (рис. 9);
- доступ к атрибутивной информации по интересующим объектам на карте (рис. 10);
- отображение тематических карт;
- редактирование существующих векторных слоев;



Рис. 8.

Навигация по карте

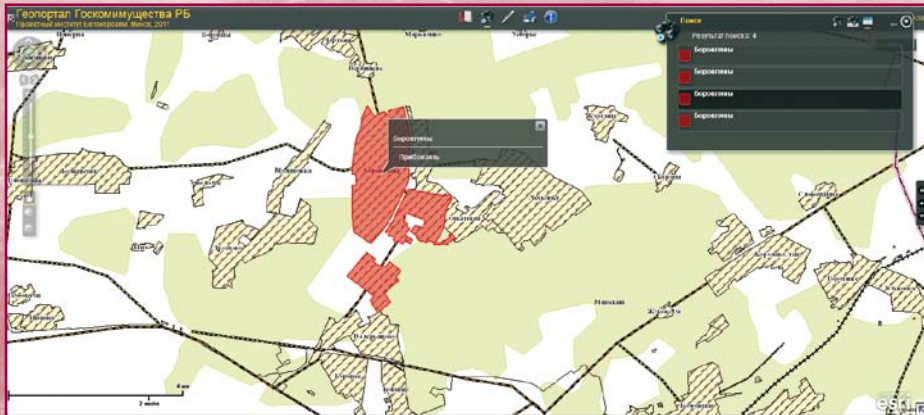


Рис. 9.  
Выполнение поисковых запросов



Рис. 10.  
Доступ к атрибутивной информации по интересующим объектам на карте

- проведение измерений на карте (рис. 11);
- подготовка и печать карт с соответствующим оформлением документов (рис. 12).

В рамках создания геопортала Госкомимущества разрабатывается новый подход к ведению кадастровой карты.

Проблемы, возникающие при ведении кадастровой карты и эксплуатации земельно-информационной системы, — нестыковки, наложения и несоответствия границ земельных участков в кадастровой карте еди-

ного государственного регистра недвижимого имущества (ЕГРНИ) и земельно-информационной системе — вызваны как субъективными, так и объективными причинами.

К объективным причинам следует отнести:

- отсутствие в технологии ведения кадастровой карты механизмов анализа допустимости расхождений координат поворотных точек границ земельных участков при осуществлении государственной регистрации;



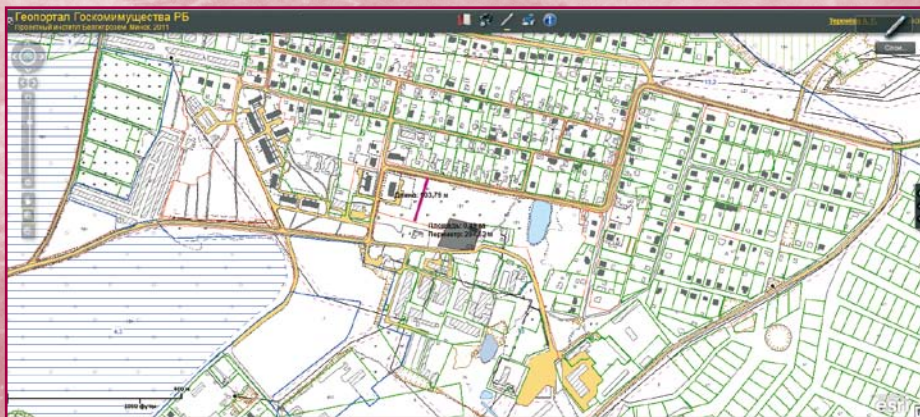


Рис. 11.  
Проведение измерений на карте

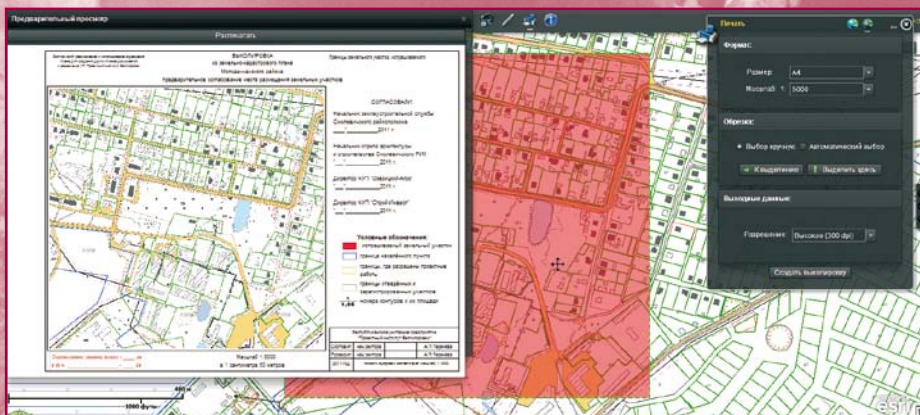


Рис. 12.  
Подготовка и печать карт

- отсутствие в технологии ведения кадастровой карты механизмов корректировки (уточнения в пределах допуска) координат поворотных точек границ земельных участков, необходимость которой возникает по объективным причинам: более точные измерения границы, ранее измеренной менее точным способом; модернизация государственной геодезической сети и сетей сгущения и т.п.

Именно в этом и кроется одна из объективных причин расхождений в границах земельных участков

в кадастровой карте и земельно-информационной системе. Организации, эксплуатирующие ЗИС, получив информацию о границах зарегистрированных земельных участков из ЕГРНИ, осуществляют их корректировку с учетом анализа точности измерений, расположения объектов местности и т.д., тогда как в кадастровой карте эти границы зафиксированы раз и навсегда (это противоречит законам геодезии — невозможно определить площадь и координаты поворотных точек границ земельных участков с

абсолютной точностью, всегда присутствует объективная погрешность, которая при последующих измерениях уменьшается, а следовательно, могут изменяться и площади, и координаты в пределах допустимой величины).

Другая причина – наличие в кадастровой карте границ земельных участков, которые были зарегистрированы в условной системе координат. Для того чтобы «разобраться» с такими земельными участками, потребуются достаточно продолжительное время и совместные усилия организаций, эксплуатирующих ЗИС, и землеустроительных служб.

Основными субъективными причинами являются ошибки, допускаемые исполнителями работ при выполнении и обработке геодезических измерений, в том числе связанные с неправильным использованием геодезического оборудования, систем отсчета координат и ключей перехода из одной системы отсчета координат в другую и т.п.

В связи с этим было принято решение о необходимости совершенствования порядка ведения кадастровой карты. Информация о границах земельных участков, подлежащих регистрации, должна поступать в кадастровую карту ЕГРНИ из слоя БД ЗИС «Установленные границы земельных участков» со следующей атрибутивной информацией:

- признак системы координат;
- способ определения границ;
- площадь по решению исполкома;
- исполнитель работ;
- уникальный идентификатор земельного участка в слое БД ЗИС «Установленные границы земельных участков»;
- целевое назначение согласно классификатору назначений и вид земель.

Ведение этого слоя должны осуществлять специалисты предприятий, которые способны профессионально проанализировать корректность отображения границ земельных участков с учетом представляемой для регистрации документации, метода и точности выполненных геодезических измерений, допустимых невязок и т.п. После проведения регистрации земельного участка автоматизированная информационная система регистрации недвижимости национального кадастрового агентства (АИС РН НКА) обогащает слой границ земельных участков присвоенным в процессе регистрации кадастровым номером.

Такой подход позволит исключить дублирование работ по ведению слоя границ земельных участков, как в процессе формирования земельного участка, так и в процессе исправлений, вызванных техническими причинами в разных информационных ресурсах. Для этого необходимо перейти на использование единой картографической основы и предоставление этой информации посредством геопортала.

Внесение границ земельных участков в «Установленные границы земельных участков» должно осуществляться в государственной системе отсчета координат специалистами организаций, эксплуатирующих ЗИС. В ЕГРНИ необходимо фиксировать площадь земельного участка по решению исполнительного комитета, а для изготовления кадастрового плана передавать в электронном виде земельно-кадастровый план из землеустроительного дела с уникальным идентификатором из слоя «Установленные границы земельных участков». При отображении слоя зарегистрированных земельных участков в кадастровой карте ЕГРНИ слой зарегистрированных земельных участков должен формироваться на основе границ земельных участков из слоя «Установленные границы земельных участков», который должен реплицироваться в базу данных ЕГРНИ с установленной периодичностью. Такой способ обмена между базами данных позволит без изменения в законодательстве внести технические исправления в слой границ земельных участков, хранить историю изменений слоя границ земельных участков, повысить степень защищенности информации.

Для реализации сформулированных положений РУП «Проектный институт Белгипрозем» на основе геопортала Госкомимущества ведет работу по введению в ЗИС слоя «Установленные границы земельных участков» и определению единой системы контроля выполненных работ всеми организациями и индивидуальными предпринимателями, осуществляющими геодезические измерения на территории Республики Беларусь.

Для практической реализации изложенных положений в настоящее время РУП «Проектный институт Белгипрозем» ведет экспериментальные работы по внедрению данной технологии для взаимодействия при выполнении работ по предоставлению земельных участков и государственной регистрации создания участков и возникновения прав на них.

Целью работы является апробация технологии организации электронного документооборота между НКА, территориальными организациями по регистрации недвижимого имущества, прав на него и сделок с ним и УП «Проектный институт «Белгипрозем» на основе геопортала Госкомимущества при выполнении работ по предоставлению земельных участков и государственной регистрации создания участков и возникновения прав на них.

В рамках разработки планируется решить следующие задачи:

1. Совершенствование технологии создания и ведения электронных архивов;
2. Организация электронного документооборота, посредством геопортала Госкомимущества с использованием современных WEB- и ГИС-технологий;
3. Внедрение технологии использования электронной цифровой подписи для удостоверения землеустроительных материалов и других документов в электронном виде, необходимых для осуществления регистрации возникновения прав на земельный участок;
4. Совершенствование процедуры регистрации возникновения прав на земельный участок;
5. Совершенствование работы по принципу «Одно окно» путем организации выдачи копии свидетельства о регистрации возникновения прав на земельный участок, заверенного в установленном законодательством порядке, организацией по землеустройству;
6. Организация доступа к геопорталу Госкомимущества НКА, территориальных организаций по государственной регистрации и иных подведомственных организаций, землеустроительных служб облисполкомов с целью повышения эффективности работы в области рационального использования и охраны земельных ресурсов;
7. Совершенствование системы защиты информации и контроля за использованием данных информационных ресурсов Госкомимущества;
8. Совершенствование системы контроля качества и сроков выполнения работ по предоставлению земельного участка и регистрации возникновения прав на него;
9. Оказание новых услуг для юридических и физических лиц республики в виде онлайн-информирования о процедуре оформления матери-

алов по предоставлению земельного участка и регистрации возникновения прав на него.

Еще одной из приоритетных задач на данный момент является разработка специализированных приложений для мобильных устройств, в которых задействованы все возможности интерфейса iPhone, встроенный датчик позиционирования GPS, а также широкий спектр картографических функций и сервисов геокодирования и геообработки серверов ArcGIS. При этом следует отметить, что ресурсоемкие вычисления, обработка данных и поддержка визуализации проводятся непосредственно на сервере, что снимает проблемы, связанные с ограниченностью аппаратных ресурсов и вычислительной мощности мобильных устройств.

С помощью ArcGIS API для iPhone мы получили доступ к картографическим сервисам сервера предприятия, а также онлайн-ресурса ArcGIS.com. Картографические сервисы представлены географическими картами, планами населенных пунктов, аэрофотоснимками, которые позволяют накладывать на карту информацию, имеющую пространственную привязку, а также получать дополнительные данные по выбранному объекту. Благодаря полной поддержке встроенного GPS-приемника и пользовательского интерфейса iPhone очень легко выполняются любые манипуляции с картами: навигация, «зум», создание меток, выбор объектов и получение по ним дополнительной информации.

В последующем планируется использовать эту технологию для совершенствования процедуры установления границ земельных участков путем использования геопространственной информации в онлайн-режиме при проведении геодезических измерений с использованием GPS-приемников непосредственно в поле.

Развитие геопортала Госкомимущества в будущем должно способствовать повышению эффективности управления государственными информационными ресурсами путем создания глобальной автоматизированной системы сбора, обработки и хранения геопространственных данных с целью их оперативного предоставления заинтересованным пользователям. Помимо этого, данная система обеспечит контроль не только за использованием этих данных и их актуализацией, но и за теми работами, при выполнении которых они применяются.





**KONGSBERG**

## НАЗЕМНЫЕ СТАНЦИИ СБОРА ДАННЫХ

Компания Kongsberg Spacotec является ведущим поставщиком наземных станций для сбора данных со спутников наблюдения Земли и дополнительных решений, таких как: оптические системы и РЛС с синтезированной апертурой.

- Полностью готовые к эксплуатации Метеорологические системы и дополнительные решения
- Системы экологического наблюдения и морского наблюдения
- Системы непосредственного приёма и обработки данных
- Системы управления станциями
- Проектирование, монтаж, обучение, обслуживание и техническая поддержка

Установленное оборудование в России: Москва, Долгопрудный, Новосибирск, Хабаровск, Обнинск и Санкт-Петербург/Баренцбург

Контактная информация:

**[www.spacotec.no](http://www.spacotec.no)**

### Наш представитель в России:

Г-н Гану Адхикари  
ganu@gsgroups.ru  
Тел. +7 (903) 799 3276  
[www.gs-meteo.ru](http://www.gs-meteo.ru)

### Kongsberg Spacotec AS

Tromsø - NORWAY  
Коммерческий директор:  
Лотте Кроер Мирвольд  
lotte@spacotec.no  
Тел. +47 77 66 08 00

**MEOS**

**WORLD CLASS**

*through people, technology and dedication*





# Итоги V Международной конференции «Космическая съемка — на пике высоких технологий»

В Подмоскowie 13–15 апреля 2011 г. состоялась V Международная конференция «Космическая съемка — на пике высоких технологий», организованная компанией «Совзонд» (рис. 1).

Платиновым спонсором конференции выступила компания DigitalGlobe (США), золотыми — компании Trimble INPHO (Германия) и TTSystems (Россия), серебряными — компания RapidEye (Герма-

ния) и GeoEye (США). Официальный партнер конференции — ФГУП «Рослесинфорг» (Россия). В качестве партнера в конференции приняла участие также ГИС-Ассоциация (Россия). Генеральным информационным спонсором выступил Российский информационный канал «Россия 24». Информационную поддержку конференции оказали журналы «Аэрокосмический курьер», «Вестник Росрее-



Рис. 1.  
«Атлас Парк-Отель». Регистрация участников V Международной конференции «Космическая съемка — на пике высоких технологий»



Рис. 2.  
Открытие конференции. Вступительное слово первого заместителя генерального директора компании «Совзонд» М.А. Болсуновского

стра», «Геология нефти и газа», «ГЕОМАТИКА», «Гео-профи», «Глава местной администрации», «Землеустройство, кадастр и мониторинг земель», «Информация и Космос», «Нефтегазовая вертикаль», «Новое сельское хозяйство», «Новости космонавтики», «Пространственные данные», «Российский космос», Geoinformatics, GEOconnexion, GIM International, Oil market, Vector1, электронный каталог GeoTop.

Международная конференция «Космическая съемка – на пике высоких технологий» является традиционным местом встречи руководителей и специалистов российских и зарубежных компаний, работающих в области космических и геоинформационных технологий. Среди участников – представители различных сфер деятельности, активно использующих данные дистанционного зондирования Земли и геоинформационные системы: муниципальное и региональное управление; нефтегазовый комплекс и энергетика; сельское и лесное хозяйство; экология и охрана окружающей среды; управление чрезвычайными ситуациями и т. д.

В 2011 г. увеличилось количество делегатов и расширилась география: в конференции приняли уча-

стие около 400 человек (в 2010 г. – 350) из 14 стран (в 2010 г. – 13). Помимо российских специалистов, гостями конференции стали представители Азербайджана, Белоруссии, Казахстана, Латвии, Таджикистана, Украины, Великобритании, Германии, Италии, Канады, Норвегии, США, Франции.

Открыл V Международную конференцию «Космическая съемка – на пике высоких технологий» первый заместитель генерального директора компании «Совзонд» М.А. Болсуновский (рис. 2). В своем выступлении он отметил, что в настоящее время космическая съемка настолько глубоко и всеобъемлюще вошла в нашу жизнь, что мы уже даже этого не замечаем. На орбите находится более 100 космических аппаратов, снабженных оптико-электронными и радарными сенсорами, выполняющими съемку практически в любое время суток, в разных спектральных каналах и с различным разрешением, с высокой точностью, периодичностью и производительностью. Юбилей конференции, отметил также М.А. Болсуновский, совпадает со знаменательным событием – 50-летием полета в космос Юрия Гагарина, которое отмечает наша страна и все человечество.



Рис. 3.  
Пленарное заседание

В рамках конференции прошли пленарные заседания (рис. 3), семинары, выставка, круглые столы, подведение итогов конкурса на лучший геоинформационный проект, а также другие мероприятия.

В первый день работы конференции (13 апреля) пленарное заседание было посвящено современному состоянию и тенденциям развития российских и зарубежных программ ДЗЗ и интегрированным решениям в области ДЗЗ и ГИС. Будущему отрасли ДЗЗ был посвящен доклад М.А. Болсуновского. Он подтвердил, что наиболее перспективным методом наблюдения, анализа и прогноза природных и антропогенных объектов и процессов является космический мониторинг. Бурное революционное развитие отрасли ДЗЗ требует пересмотра традиционных подходов к космическому мониторингу. Новый подход, предлагаемый компанией «Совзонд» предполагает активное использование инструментов прямого доступа. Эффект от синергии космических и геоинформационных технологий наи-

более существенно проявляется в создании региональных центров космического мониторинга и их информационно-аналитическом обеспечении. Внедрение в отрасль самых современных информационных технологий, таких, например, как облачные вычисления и других, даст новый мощный импульс развитию ДЗЗ и геоинформационных технологий.

В ходе пленарного заседания с докладами выступили представители ведущих мировых поставщиков космических данных ДЗЗ и программных средств для их обработки (DigitalGlobe, RapidEye, GeoEye, MDA, e-GEOS, Trimble INPHO и др.).

С большим вниманием было выслушано сообщение директора по продажам компании DigitalGlobe (США) М. Кури, посвященное самой производительной на сегодняшний день группировке спутников сверхвысокого разрешения, состоящей из трех космических аппаратов (QuickBird, WorldView-1,2). В настоящее время общая производительность спутников компании



DigitalGlobe достигает 1,5 млн кв. км в сутки. Докладчик отметил, что сейчас архив космических снимков компании превышает 1 млрд кв. км покрытия земной поверхности. Докладчик рассказал о планах компании, в том числе о запуске в 2014 г. спутника WorldView-3.

Вице-президент германской компании RapidEye AG Дж. Алрихс посвятил свой доклад уникальным мониторинговым возможностям группировки спутников RapidEye, геоинформационным проектам компании, примерам реализованных программ.

О новой платформе GeoEye для интернет-сервисов и новых инновационных решениях по поиску, организации и обмену геопространственными данными в рамках предприятий, а также о работах по подготовке нового спутника GeoEye-2 и его характеристиках рассказал старший менеджер компании GeoEye (США) А. Шумаков.

Возможностям группировки итальянских радарных спутников COSMO-SkyMed посвятил свой доклад М. Костантини, руководитель отдела по развитию компании e-GEOS. Высокоточный мониторинг подвижек земной поверхности, зданий и сооружений по данным с этих спутников был проиллюстрирован на примере проекта для ОАО РЖД по мониторингу объектов железнодорожной инфраструктуры в районе Туапсе-Адлер.

С деятельностью канадской многопрофильной компании MDA — оператора радарных спутников RADARSAT-1,2 — ознакомил делегатов М. Видеманн, директор по международному развитию компании.

О геоинформационном подразделении Trimble и линейке новых программных продуктов рассказал менеджер по международным продажам компании Trimble INPHO (Германия) В. Зирн. В докладе было отмечено, что ГИС-подразделение компании Trimble сложилось в результате присоединения компаний INPHO (фотограмметрия), Rollei Metric (аэрофотосистемы), Toposys (интегрированные лидарные платформы), Geo-3D (картографирование), eCognition Business Area (геоинформационные системы). Подробно было рассказано о новых возможностях ПО INPHO.

С планами развития отечественной группировки спутников ДЗЗ ознакомил собравшихся В.А. Заичко, начальник отдела Роскосмоса. Он, в частности, отметил, что к 2020 г. российская орбитальная группировка средств ДЗЗ будет включать 27 космических аппаратов гидрометеорологического, природноресурсного и картографического назначения.

Использованию материалов дистанционного зондирования Земли при государственной инвентаризации лесов посвятил свой доклад О.Н. Солонцов, заместитель генерального директора ФГУП «Рослесинфорг». Было отмечено, что Государственная инвентаризация лесов (ГИЛ) — это новый для России вид лесочетных работ. Одним из важнейших направлений ГИЛ является дистанционный мониторинг использования лесов. Общая площадь мониторинга в 2010 г. составила 106,5 млн га.

Генеральный директор компании TTSystems А.И. Гусев рассказал о программно-аппаратных комплексах визуализации информации коллективного пользования TTS и привел примеры их успешного использования для решения самых разных задач.

Требованиям к специализированным картографическим космическим аппаратам и их влиянию на создание инфраструктуры пространственных данных был посвящен доклад генерального директора Госцентра «Природа» В.П. Седелникова.

С большим интересом делегаты выслушали доклады представителей региональных администраций об использовании геоинформационных и космических технологий для повышения эффективности руководства. Министр информационных технологий Ульяновской области Е.В. Балашова рассказала о комплексном использовании ГИС для решения задач регионального управления. Ульяновская область занимает 3-е место в России по использованию технологий электронного правительства в органах исполнительной власти. Дальнейшее повышение эффективности управления и переход на инновационный путь развития неразрывно связаны с более активным внедрением геоинформационных и космических технологий. Начальник отдела департамента сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Краснодарского края И.С. Козубенко доложил о впечатляющих результатах регионального пилотного проекта по космическому мониторингу земель сельхозназначения.

Итоги проектной деятельности компании «Совзонд» за последние пять лет подвел заместитель главного инженера А.В. Абросимов. Был отмечен ежегодный рост реализованных проектов. Если в 2007 г. (2-й год существования отдела главного инженера) было выполнено 8 проектов (из них 4 крупных), то в 2010 г. — уже 97 (51 крупный). Наибольшее количество проектов выполнено для предприятий нефтегазового и лесного комплексов.



С интересом были заслушаны доклады представителей ГНПРКЦ «ЦСКБ-ПРОГРЕСС», ОАО «Российские космические системы», НИИКС им. А.А. Максимова, ОАО «НПК «РЕКОД», НИИ точных приборов и др. Президент ГИС-Ассоциации С.А. Миллер рассказал о динамике развития и основных проблемах рынка получения и использования данных ДЗЗ России.

Во второй день конференции (14 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 разработчиков программных комплексов и аппаратных средств. Использованию космических снимков в ГИС на основе нового программного обеспечения ENVI и ArcMap посвятила свой доклад технический специалист по маркетингу компании ПТ VIS (США) г-жа Ш. Дарнел.

Делегаты со вниманием заслушали доклады генерального директора компании «Ракурс» В.Н. Адрова о новых возможностях PHOTOMOD 5.1.

На втором пленарном заседании были заслушаны доклады специалистов ООО «Газпром ВНИИГАЗ», ГП ХМАО-Югры «НАЦРН им. В.И. Шпильмана», ОАО «ТомскНИПИнефть».

Пленарное заседание заключительного дня конференции (15 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, а также представители Азербайджана, Белоруссии, Казахстана, Таджикистана.

Более активное участие по сравнению с предыдущими годами в конференции приняли представители вузов. С докладами выступили профессора, преподаватели, аспиранты и научные сотрудники Российского государственного университета нефти и газа им. И.М. Губкина, Омского государственного аграрного университета, Иркутского государственного технического университета, Московского государственного университета леса, Пермского государственного университета и др. Они рассказали об опыте использования космических технологий для решения учебных и научных задач. Особое внимание было уделено вопросам обеспечения вузов космическими снимками, обучения студентов новым программным средствам и технологиям обработки и анализа данных.

Практически все доклады на пленарных заседаниях вызвали большой интерес. Докладчикам задавалось много вопросов, дискуссии продолжались в кулуарах и кофе-брейках.

В рамках конференции были проведены специализированные семинары (рис. 4), в которых приняло участие большое количество делегатов:

- Уникальные мультиспектральные возможности спутника WorldView-2 (семинар компании DigitalGlobe).
- Эффективная обработка снимков — от привязки до создания ортофотомозаики (семинар Trimble INPHO).
- Технология автоматического выделения зданий из облака точек (семинар Trimble INPHO).
- Практический опыт использования программного обеспечения компании Trimble INPHO в проектах регионального масштаба компании «Совзонд».
- Новое в линейке программных продуктов ENVI: ENVI 5.0, серверное приложение ENVI for ArcGIS Server.
- Новая версия программного комплекса для обработки радиолокационных снимков SARscape 4.3.
- Использование ArcGIS Desktop для решения задач лесного хозяйства (практический семинар).
- Создание геопорталов с использованием технологии ESRI ArcGIS Server (практический семинар).
- Обзор настольных и серверных решений компании ESRI. Новые возможности ArcGIS 10.
- Опыт использования данных дистанционного зондирования Земли из космоса и современных методов их автоматизированной обработки при инвентаризации лесного фонда.
- Применение данных дистанционного зондирования Земли и геоинформационных технологий для информационно-аналитического обеспечения сельского хозяйства.
- Крупномасштабное картографирование с применением космической съемки сверхвысокого разрешения. Мифы и реальность.
- ГЕОСЕРВЕР «Совзонд» — современное WEB-решение геоинформационного обеспечения территориальных проектов.
- Применение радиолокационных данных для задач нефтегазовой отрасли.
- Применение радиолокационных данных для задач оперативного (до 20 раз в сутки) всепогодного, не зависящего от облачности и освещенности мониторинга судоходства и ледовой обстановки в акваториях.

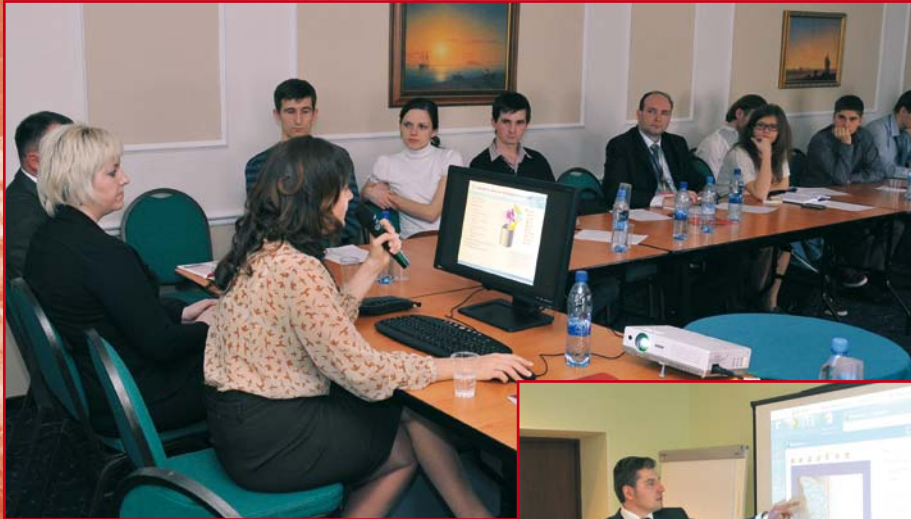


Рис. 4.  
Проведение специализированных семинаров

- Применение радиолокационных данных для решения задач сельского хозяйства.
- Применение радиолокационных данных для решения задач лесного хозяйства.

Семинары проводили представители компаний-спонсоров конференции и ведущие специалисты компании «Совзонд». Особо отметим интересную презентацию, которую представил старший научный сотрудник компании DigitalGlobe Дж. Марчизо. В рамках семинара он продемонстрировал на многочисленных примерах уникальные возможности новейшего мультиспектрального спутника WorldView-2.

Большой интерес вызвали семинары по лесному и сельскому хозяйству, радарным съемкам. В них приняли участие многие делегаты, которые делились своим опытом, задавали острые вопросы, активно участвовали в возникавших дискуссиях.

На семинаре «Применение данных ДЗЗ и геоинформационных технологий для информационно-

аналитического обеспечения сельского хозяйства» были представлены примеры региональных и отраслевых проектов. Представители Краснодарского края рассказали о космическом мониторинге земель региона. Было отмечено, что мониторингом охвачено около 4 млн га, учитывается более 150 тыс. сельскохозяйственных полей. Выявлены неэффективные собственники, нарушения соблюдения севооборота и т. д. По результатам работы администрацией края сделаны соответствующие выводы и приняты организационные решения, вплоть до увольнения некоторых руководителей сельских муниципальных округов.

Заместитель генерального директора Института космических исследований РАН Е.А. Лупян рассказал о большой работе, проделанной институтом, по космическому мониторингу состояния посевов сельхозкультур в России. Созданная система работает в оперативном режиме и может снабжать пользователей объективной информацией о состоянии посевов практиче-



Рис. 5.  
Круглый стол «Центры космического мониторинга. Использование современных систем ДЗЗ и геоинформационных технологий в региональном управлении»

ски в реальном режиме времени. В системе используются в основном данные MODIS, однако докладчик отметил, что по мере накопления достаточно длинных рядов данных более высокого разрешения разработанные технологии будут адаптироваться к возможностям новых спутниковых систем.

Радарные съемки в последнее время вызывают повышенный интерес в связи с их уникальными (практически всепогодными и круглогодичными) возможностями и появлением радиолокационных спутников нового поколения. С учетом этого было решено посвятить вопросам и проблемам применения радиолокационных данных целый день работы конференции. В течение восьми часов были рассмотрены и обсуждены примеры реальных проектов с использованием радарных данных, выполненных компаниями «Совзонд», MDA (Канада) и Kongsberg (Норвегия). Семинары собрали большое число участников. Особый интерес вызва-

ли технологии использования радарных данных в нефтегазовой промышленности на суше (смещения земной поверхности, мониторинг эффективности закачки флюидов в пласт по результатам мониторинга поднятий земной поверхности, деформации зданий и сооружений, мониторинг трубопроводов и т.д.) и в акваториях (всепогодный мониторинг судоходства и ледовой обстановки, поиск нефтеразливов и природных нефтяных пленок, поиск месторождений углеводородов, оперативный заказ, прием и получение исходных и обработанных радарных снимков и т.д.), горнодобывающей промышленности (мониторинг деформаций стенок карьеров) и других отраслях.

Горячая дискуссия разгорелась на круглом столе «Центры космического мониторинга. Использование современных систем ДЗЗ и геоинформационных технологий в региональном управлении» (рис. 5). Тема оказалась настолько актуальной и интересной, что мно-



гие участники эмоционально делились своим опытом, рассказывали о проблемах. Организаторам круглого стола, представителям компании «Совзонд» и НПК «РЕКОД», пришлось отвечать на многочисленные, зачастую острые вопросы. Особое внимание участники дискуссии обратили на вопросы финансирования, распределения полномочий при создании центров между федеральными и региональными организациями. Представители регионов рекомендовали всесторонне учитывать имеющийся на местах научный потенциал и уже реализованные проекты в области отраслевого космического мониторинга. Для продолжения дискуссии и выработки согласованной с регионами концепции организации центров космического мониторинга и их дальнейшего развития было решено в ближайшее время провести специализированный семинар в расширенном составе, пригласив представителей регионов, наиболее успешно внедряющих геоинформационные и космические технологии для повышения эффективности управления.

В последний день конференции компанией «Совзонд» совместно с ГИС-Ассоциацией был проведен круглый стол «Место и роль данных дистанционного зондирования в развитии и формировании инфраструктуры пространственных данных РФ». Основной темой дебатов стал вопрос: «Что в ИПД РФ должно являться официальной цифровой основой для картометрического координатного описания пространственных объектов: цифровая картографическая основа или сшитое геометрически корректное ортофотоизображение территории?» Выступили представители Росреестра, ведущих компаний и организаций отрасли. Подводя итоги дискуссии, президент ГИС-Ассоциации С.А. Миллер резюмировал, что не на все вопросы удалось дать однозначный ответ и что очевидно, что Концепция ИПД РФ требует актуализации с учетом задач инновационного развития и построения правового государства.

Второй раз на конференции проводился конкурс «Лучшие проекты в области геоинформационных технологий и дистанционного зондирования Земли». Победители, которым в торжественной обстановке были вручены оригинальные призы, определялись в четырех номинациях:

- «Лучший региональный инновационный проект с использованием космических данных ДЗЗ». Победитель – РУП «Проектный институт Белгипрозем», Белоруссия.

- «Лучший отраслевой инновационный проект с использованием космических данных ДЗЗ». Победитель – Иркутский государственный технический университет, Россия.
- «Уникальная разработка технологий в области ДЗЗ и ГИС». Победитель – НИИ ТП, Россия.
- «Значимый вклад в развитие сферы геоинформационных технологий и ДЗЗ». Победитель – Департамент сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Краснодарского края (совместно с ООО «Информационно-аналитические консалтинговые системы»), Россия.

В рамках конференции работала выставка. На стендах компании демонстрировали свои новейшие разработки. Участие в выставке приняли российские и зарубежные компании: DigitalGlobe, ITT VIS (обе – США), RapidEye, Trimble INPHO (обе – Германия), Kongsberg Spacetec (Норвегия), TTSYSTEMS, ОАО «Российские космические системы», НИИ ТП, «Рослесинфорг», ЗАО «ТОМКО», «Совзонд» (все – Россия).

В течение всех дней конференции работал демонстрационный вариант прототипа ситуационного центра космического мониторинга. Участники конференции могли ближе ознакомиться с принципами его работы и наглядно убедиться в высокой эффективности использования данных ДЗЗ в качестве информационной 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.

Все участники конференции получили новый буклет компании «Совзонд», свежие номера журнала «ГЕОМАТИКА», сувениры на память о конференции.

На конференции работала съемочная группа телеканала «Россия». Подробный репортаж о конференции был представлен в программе «Россия 24» в одном из выпусков новостей.

Компания «Совзонд» благодарит всех участников за активную работу и приглашает принять участие в VI Международной конференции «Космическая съемка – на пике высоких технологий», которая состоится в апреле 2012 г.

# 5<sup>Я</sup> МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

## Integrated Systems Russia

Профессиональное аудио-видео оборудование и системная интеграция для корпоративного и домашнего сектора

**Новые даты и место проведения:**

**8-10 ноября 2011, Москва, Экспоцентр, павильон 1**



аудио



системы управления



видео



свет



информационные технологии

НАЦИОНАЛЬНАЯ ПРЕМИЯ

**PRO**Integration awards

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

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



РЕКЛАМА

Купон на **бесплатное** посещение выставок Integrated Systems Russia 2011 и HI-TECH Building 2011

## Integrated Systems Russia

**Новые даты и место проведения:**

**8-10 ноября 2011**

**Москва, Экспоцентр, пав.1**

Время работы выставки:

8 ноября 11.00-18.00

9, 10 ноября 10.00-18.00

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

### ПЯТАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

Профессиональное аудио-видео оборудование и системная интеграция для корпоративного и домашнего сектора.

Программа выставки:

- Национальная Премия **ProIntegration Awards 2011**
- Проект «Цифровое образование»
- Конференция «Российский опыт внедрения передовых аудиовизуальных и информационно-коммуникационных технологий в высшее образование, науку и культуру»
- Проект Digital Signage
- Обучающие курсы профессиональных ассоциаций InfoComm International и CEDIA

**7 ноября 2011** Международная конференция «Digital Signage – эффективный инструмент для продвижения бизнеса»  
**Москва, Президент-Отель**, ул. Б. Якиманка, 24  
 Подробнее на: [www.isrussia.ru](http://www.isrussia.ru)

**7 ноября 2011** Международный Форум «Инновационные технологии для спортивных объектов»  
**Москва, Президент-Отель**, ул. Б. Якиманка, 24  
 Подробнее на: [www.sport-hitech.ru](http://www.sport-hitech.ru)

Организаторы:

**MIDexpo**  
 МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА И ФОРУМ

**Integrated Systems Events LLC**



Правительство города Москвы



Торгово-промышленная палата РФ



Министерство культуры РФ



CEDIA



InfoComm INTERNATIONAL



АССОЦИАЦИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ АССОЦИАЦИЙ



InfoComm INTERNATIONAL



MITSUBISHI ELECTRIC



CRESTRON



CRESTRON



CRESTRON



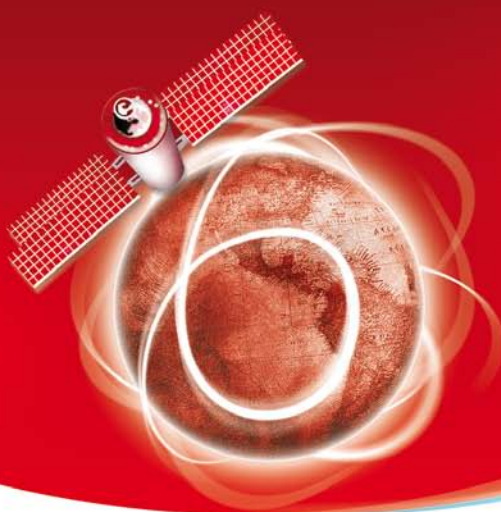
CRESTRON



BIATEK

Технический спонсор:

ГОЛОСОВАЯ



# VI Международная конференция «Космическая съемка – на пике высоких технологий»

25–27 апреля 2012 г.

Москва

Целью конференции является широкий обмен опытом использования данных дистанционного зондирования Земли для решения картографических задач, целей кадастра, создания геоинформационных систем (ГИС), решения тематических задач для нефтегазовой отрасли, энергетики, городского, административного и муниципального управления и т.д.



## МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ:

«Атлас Парк-Отель», Московская область, Домодедовский район

## ОСНОВНЫЕ ТЕМЫ:

- Перспективные национальные и международные программы ДЗЗ, совершенствование технологий космической съемки в мире, новые космические системы мониторингового назначения.
- Центры космического мониторинга отраслевого и регионального назначения – источник актуальной и объективной пространственной информации для решения задач эффективного управления.
- Практические аспекты реализации проектов на основе автоматизированных программно-технологических комплексов с использованием данных ДЗЗ в различных сферах.
- Вопросы создания и развития инфраструктуры пространственных данных; использование данных ДЗЗ в качестве основы для создания и обновления топографических, навигационных и тематических карт.
- Обработка космических снимков (фотограмметрическая, тематическая, составление карт, создание трехмерных моделей). Облачные вычисления и распараллеливание процессов обработки данных ДЗЗ.
- Серверные геоинформационные решения, геопорталы и распределенные ГИС.

## УЧАСТНИКИ:

- ОАО «Российские космические системы» (Россия)
- ФГУП ГНПРКЦ «ЦСКБ-ПРОГРЕСС» (Россия)
- ФГУП ГКНПЦ им. М.В.Хруничева (Россия)
- DigitalGlobe (США)
- GeoEye (США)
- RapidEye (Германия)
- MDA (Канада)
- e-GEOS (Италия)
- PASCO (Япония)

## ОРГАНИЗАТОР КОНФЕРЕНЦИИ:



Компания «Совзонд»  
115563, г. Москва, Шипиловская, д. 28а  
Тел: +7 (495) 988-7511, 988-7522. Факс: +7 (495) 988-7533  
E-mail: conference@sovzond.ru  
Web-site: www.sovzondconference.ru

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПОНСОРЫ:





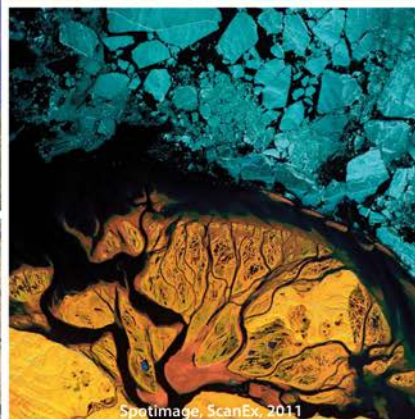


9-я Международная промышленная выставка

13 – 15 марта 2012 года  
Москва, ЭЦ «Сокольники»

объединяя опыт


помогаем найти решение





Spotimage, ScanEx, 2011


получите электронный билет на сайте


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

 Геодезия  
Картография  
Геоинформационные системы

 Технологии и оборудование  
для инженерной геологии  
и геофизики

 Современное управление  
Situational Awareness  
Геопортал и геоинтерфейс

 Интеллектуальные транспортные  
системы  
и навигация

 Технологии  
и оборудование  
для строительства тоннелей

Организатор:

  
В составе группы компаний ПТЕ  
Тел.: +7 (495) 935 81 00  
E-mail: Zhukov@mvk.ru

Генеральный экспертный  
партнер выставки:

- when it has to be right 

Генеральный  
информационный спонсор:



# Возможности использования космических снимков для решения задач мониторинга лесов

Сравнительная дешифрируемость космических снимков среднего (2,5 м) и высокого (0,5–0,6 м) разрешения в рамках выполнения работ по мониторингу

Панхроматический снимок с разрешением 2,5 м

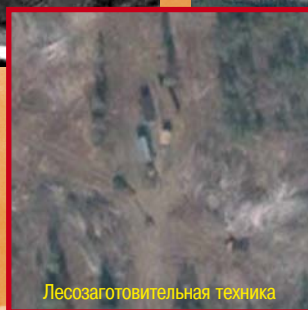


20 июля 2008 г.

Многозональный снимок с разрешением 0,6 м  
Синтез красный – зеленый – синий



5 сентября 2009 г.



ХМАО, Красноленинское лесничество.

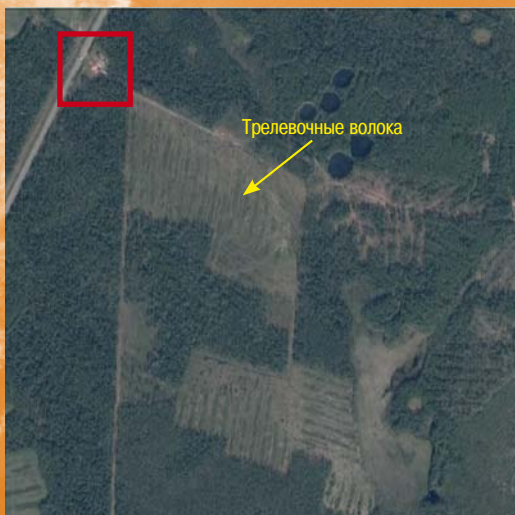


Панхроматический снимок с разрешением 2,5 м

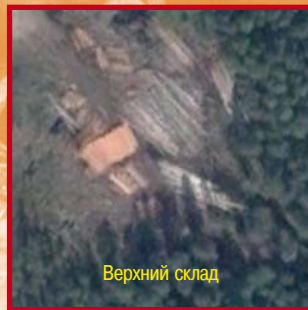


20 июля 2008 г.

Многозональный снимок с разрешением 0,6 м  
Синтез красный – зеленый – синий



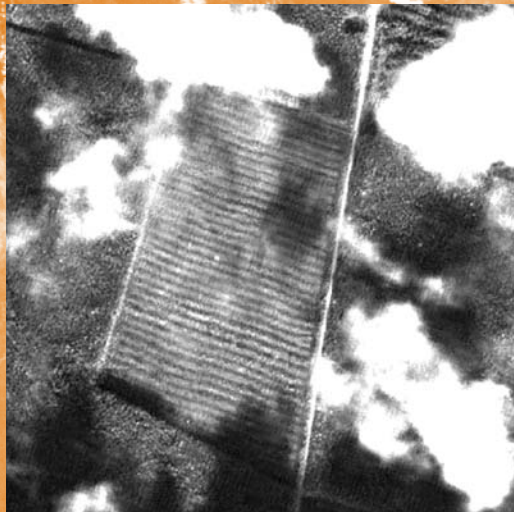
5 сентября 2009 г.



ХМАО, Красноленинское лесничество

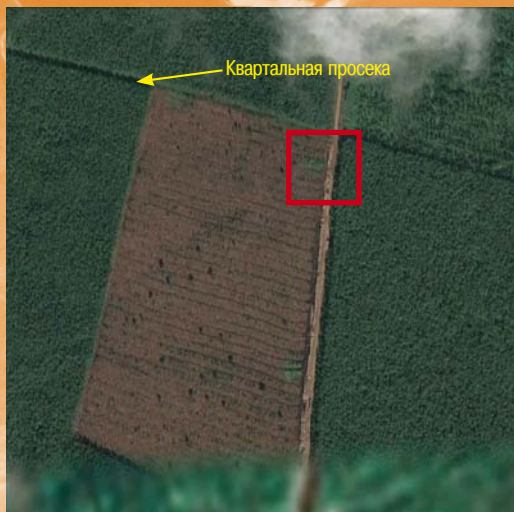


Панхроматический снимок с разрешением 2,5 м



1 октября 2009 г.

Многозональный снимок с разрешением 0,6 м  
Синтез красный – зеленый – синий

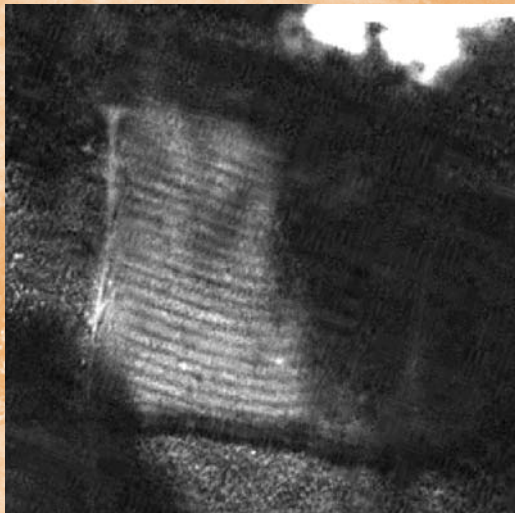


5 сентября 2009 г.

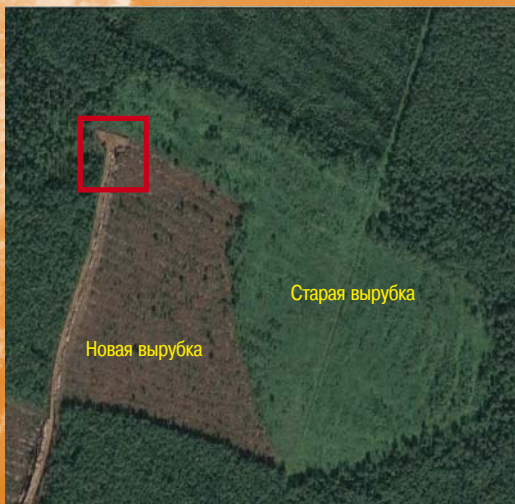


Республика Коми, бывший Прилузский лесхоз

Панхроматический снимок с разрешением 2,5 м



1 октября 2009 г.

Многозональный снимок с разрешением 0,6 м  
Синтез красный – зеленый – синий

5 сентября 2009 г.



Республика Коми, бывший Прилузский лесхоз



Панхроматический снимок с разрешением 2,5 м



25 мая 2008 г.

Многозональный снимок с разрешением 0,6 м  
Синтез красный – зеленый – синий

10 сентября 2009 г.



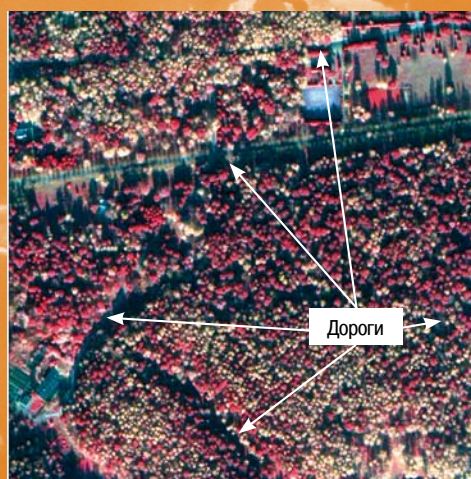
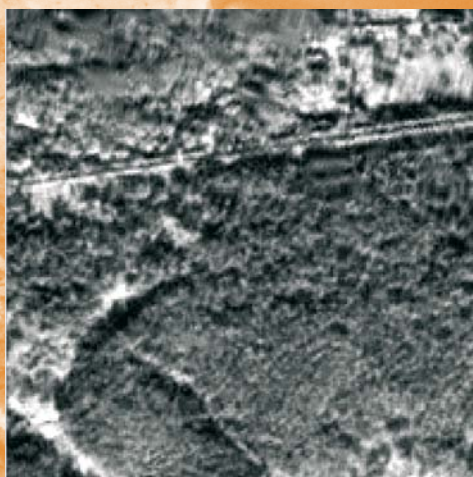
Кировская область, бывший Юрьянский лесхоз.



Панхроматический снимок  
с разрешением 2,5 м



Многозональный снимок с разрешением 0,6 м  
Синтез: Ближний ИК – красный – зеленый



Московская область, Подольское лесничество

Справочный раздел подготовлен по материалам А.В. Абросимова, заместителя  
главного инженера компании «Совзонд», кандидата географических наук.

# ПОДПИСКА

## на журнал «Геоматика» 2012

### 1. На почте в любом отделении связи

Каталог агентства «Роспечать»

Полугодовой подписной индекс **20609**, цена – 435 руб. / 2 номера

### 2. По системе адресной подписки

1. Заполните платежный документ (указав количество журналов, общую стоимость).

Стоимость 1 номера: 217 руб. 50 коп., периодичность выхода: 4 номера в год.

2. Отправьте копию квитанции об оплате:

**По факсу:** +7(495)988-75-33

**По e-mail:** info@geomatica.ru

**По адресу:** 115563, г. Москва, ул. Шипиловская 28а, Компания «Совзонд»

Подписка оформляется с ближайшего номера после поступления оплаты.

В стоимость подписки включена доставка журналов.

ИЗВЕЩЕНИЕ          Кассир	<p><b>ООО «Компания Совзонд»</b> ИНН 7720568664 / КПП 772001001 Р/с № 40702810038120110056 В Московском банке Сбербанка России (ОАО) г. Москва БИК 044525225 К/с № 30101810400000000225</p> <p>Ф.И.О. _____ Адрес _____ Организация _____ Тел. _____</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Название журнала</th> <th>Количество номеров</th> <th>Сумма</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Геоматика</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Плательщик</td> <td>Дата</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Название журнала	Количество номеров	Сумма	Геоматика			Плательщик	Дата	
Название журнала	Количество номеров	Сумма								
Геоматика										
Плательщик	Дата									
КВИТАНЦИЯ          Кассир	<p><b>ООО «Компания Совзонд»</b> ИНН 7720568664 / КПП 772001001 Р/с № 40702810038120110056 В Московском банке Сбербанка России (ОАО) г. Москва БИК 044525225 К/с № 30101810400000000225</p> <p>Ф.И.О. _____ Адрес _____ Организация _____ Тел. _____</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Название журнала</th> <th>Количество номеров</th> <th>Сумма</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Геоматика</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Плательщик</td> <td>Дата</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Название журнала	Количество номеров	Сумма	Геоматика			Плательщик	Дата	
Название журнала	Количество номеров	Сумма								
Геоматика										
Плательщик	Дата									

# ПОДПИСКА

## на журнал «Геоматика» 2012

### 1. На почте в любом отделении связи

Каталог агентства «Роспечать»

Полугодовой подписной индекс **20609**, цена – 435 руб. / 2 номера

### 2. По системе адресной подписки

1. Заполните платежный документ (указав количество журналов, общую стоимость).

Стоимость 1 номера: 217 руб. 50 коп., периодичность выхода: 4 номера в год.

2. Отправьте копию квитанции об оплате:

**По факсу:** +7(495)988-75-33

**По e-mail:** info@geomatica.ru

**По адресу:** 115563, г. Москва, ул. Шипиловская 28а, Компания «Совзонд»

Подписка оформляется с ближайшего номера после поступления оплаты.

В стоимость подписки включена доставка журналов.

ИЗВЕЩЕНИЕ          Кассир	<p><b>ООО «Компания Совзонд»</b> ИНН 7720568664 / КПП 772001001 Р/с № 40702810038120110056 В Московском банке Сбербанка России (ОАО) г. Москва БИК 044525225 К/с № 30101810400000000225</p> <p>Ф.И.О. _____ Адрес _____ Организация _____ Тел. _____</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Название журнала</th> <th>Количество номеров</th> <th>Сумма</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Геоматика</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Плательщик</td> <td>Дата</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Название журнала	Количество номеров	Сумма	Геоматика			Плательщик	Дата	
Название журнала	Количество номеров	Сумма								
Геоматика										
Плательщик	Дата									
КВИТАНЦИЯ          Кассир	<p><b>ООО «Компания Совзонд»</b> ИНН 7720568664 / КПП 772001001 Р/с № 40702810038120110056 В Московском банке Сбербанка России (ОАО) г. Москва БИК 044525225 К/с № 30101810400000000225</p> <p>Ф.И.О. _____ Адрес _____ Организация _____ Тел. _____</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Название журнала</th> <th>Количество номеров</th> <th>Сумма</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Геоматика</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Плательщик</td> <td>Дата</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Название журнала	Количество номеров	Сумма	Геоматика			Плательщик	Дата	
Название журнала	Количество номеров	Сумма								
Геоматика										
Плательщик	Дата									





# ПОИСК СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ\* [catalog.sovzond.ru](http://catalog.sovzond.ru)

\* Поиск спутниковых снимков по 12 космическим аппаратам: Alos, RapidEye, QuickBird, WorldView-1, WorldView-2, Formosat-2, Ikonos, GeoEye, TerraSAR, Монитор-Э, Ресурс-ДК, Ресурс-Ф.



**Компания «Совзонд»**  
115563, г. Москва, ул. Шипиловская, 28а  
Тел.: +7(495) 988-7511, +7(495) 988-7522  
Факс: +7(495) 988-7533  
E-mail: [sovzond@sovzond.ru](mailto:sovzond@sovzond.ru)

Карта породного состава леса,  
полученная путем автоматической  
классификации по космическим снимкам

