

ГЕОМАТИКА

GEOMATICS #3(28)

2015

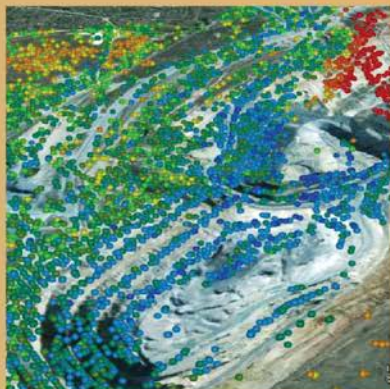
ЖУРНАЛ О ГЕОИНФОРМАТИКЕ И ДИСТАНЦИОННОМ ЗОНДИРОВАНИИ ЗЕМЛИ



ВОПРОСЫ ПРАКТИЧЕСКОГО
ВНЕДРЕНИЯ BIG GEO DATA
НА ПРИМЕРЕ РАЗВИТИЯ
ТЕХНОЛОГИЙ ДИСТАНЦИОННОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ



«ГЕОАНАЛИТИКА.АРХИВ» — ОСНОВА
КОРПОРАТИВНОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ
ИНФРАСТРУКТУРЫ



РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕСТИРОВАНИЯ
КЛАСТЕРНОЙ ВЕРСИИ
SARSCAPE, ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ
ДЛЯ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ
ОБЪЕМОВ ДАННЫХ РАДАРНЫХ
КОСМИЧЕСКИХ СЪЕМОК

BIG DATA
И СУПЕР-
КОМПЬЮТЕРЫ





Уважаемые коллеги!

В информационном обществе, в котором мы сейчас живем, постоянно растет объем информации, требующей систематизации, классификации, обработки и анализа. Появилось новое понятие — «большие данные» (Big Data). Оно включает в себя не только количественный показатель (терабайты, петабайты и т. д.), но и набор технологий, позволяющий работать с громадными массивами данных. Количество пространственных данных как немаловажной части общего потока информации (достаточно отметить, что около 80% всех данных, которыми оперирует бизнес, являются пространственными) также непрерывно увеличивается. Это происходит за счет появления новых источников таких данных: увеличение числа спутников (в том числе группировок малых спутников, например, уже сейчас только группировка мини-спутников Flock насчитывает более 100 аппаратов), ведущих непрерывный мониторинг земной поверхности, включая видеосъемку, аэрофотосъемку с беспилотных летательных аппаратов и т. д. Все более актуальной становится разработка технологий хранения больших пространственных данных, их быстрой автоматической обработки (Fast Data) и извлечения из них новых знаний (Data Mining). Инструментами доведения результатов обработки и анализа пространственных данных до потребителя являются геоинформационные системы и базирующиеся на их основе аналитические комплексы и онлайн-сервисы. Использование технологий Fast Data и Data Mining в деятельности компа-

ний геоинформационной сферы позволяет заказчику получать требуемую ему информацию в день обращения.

Принимая во внимание актуальность темы, связанной с большими пространственными данными и необходимыми для их хранения и обработки большими вычислительными мощностями и объемами компьютерной памяти, этот выпуск журнала мы решили посвятить теме «Big Data и суперкомпьютеры».

О задачах и решениях, связанных с хранением и обработкой больших данных рассказывает в интервью нашему журналу А. Яковлев, менеджер по развитию бизнеса СХД компании Fujitsu, одного из мировых лидеров рынка информационных и коммуникационных технологий, активно работающий в области разработки систем хранения данных.

Главной теме номера посвящены статьи специалистов «Совзонда» и других компаний: «Вопросы научно-практического применения Big Geo Data в географических исследованиях» (О. С. Сизов) и «Геоаналитика. Архив» — основа корпоративной геоинформационной инфраструктуры» (А. А. Глотов), «Результаты тестирования кластерной версии SARscape, предназначенной для обработки больших объемов данных радарных космических съемок» (Ю. И. Кантемиров и А. Петернье) и др.

Появление на орбите одного из самых совершенных на настоящий момент спутников дистанционного зондирования Земли — WorldView-3 — существенно расширило круг приложений данных, получаемых в результате космической съемки. На страницах нашего журнала специалисты компании DigitalGlobe рассказывают об уникальных возможностях сенсора SWIR для создания минералогических карт.

В журнале также представлены статьи и материалы по другим актуальным проблемам геоинформатики и ДЗЗ, в частности о работах по созданию системы Единого геоинформационного пространства Москвы, автоматизированной геоинформационной системы дежурного плана столицы Казахстана Астаны и др.

*Борис Дворкин,
главный редактор*

СОДЕРЖАНИЕ

Новости	4
----------------------	----------

Актуальное интервью

Интервью с А. Яковлевым, менеджером по развитию бизнеса СХД компании Fujitsu.....	12
---	----

Данные дистанционного зондирования

О.С. Сизов Вопросы практического внедрения Big Geo Data на примере развития технологий дистанционного зондирования.....	16
А.Круз, У. Боу, С. Перри Тестирование данных сенсора SWIR спутника WorldView-3 для создания минералогических карт.....	26

Обработка данных ДЗЗ

Ю.И. Кантемиров, А. Петернье Результаты тестирования кластерной версии SARscape, предназначенной для обработки больших объемов данных радарных космических съемок.....	44
А.И. Баскаков Использование ПО INPHO для задач съемки подробностей и моделирования форм горной геометрии открытых разработок.....	50

Использование данных ДЗЗ

В.Н. Губин Сейсмоактивные геодинамические зоны Старобинского месторождения калийных солей по данным дистанционного зондирования Земли.....	56
--	----

Геоинформационные технологии

С. А. Зубков Единое геоинформационное пространство Москвы. Итоги второго этапа.....	64
А. А. Глотов «Геоаналитика.Архив» — основа корпоративной геоинформационной инфраструктуры.....	68
К. К. Айтимов Автоматизированная информационная система «Дежурный план города Астаны».....	72

Выставки и конференции

Итоги 11-й международной выставки и научного конгресса «Интерэкспо ГЕО-Сибирь 2015».....	76
--	----

Справочный раздел

Глобальные цифровые модели рельефа.....	79
---	----

CONTENT

News 4

Hot Interview

Interview with A. Yakovlev, Data Storage System Business Development Manager at Fujitsu.....12

Remote Sensing Data

O.S. Sizov

Big Geo Data practical implementation by the example of remote sensing technologies development..... 16

A. Kruse, M. Baugh, L. Perry

Validation of DigitalGlobe WorldView-3 Earth Imaging Satellite Shortwave Infrared Bands for Mineral Mapping.....26

Remote Sensing Data Processing

Yu.I. Kantemirov, A. Peternie

Testing results of SARscape cluster designed for processing large amounts radar satellite observation data.....44

A.I. Baskakov

Using INPHO software for comprehensive survey and modelling upland topography of opencast mining.....50

Application of Remote Sensing Data

V.N. Gubin

Seismically active geodynamic zones of Starobin Potassium Salt Deposit according to the Earth remote sensing data.....56

Geoinformation Technologies

S.A. Zubkov

United Geoinformation Space of Moscow. Second stage results.....64

A.A. Glotov

'Geoanalytics.Archive' is a basis for corporate geoinformation infrastructure.....68

K.K. Aitimov

"Astana Duty Plan" Automated Information System.....72

Exhibitions and Conferences

Results of the 11th international exhibition and scientific congress Interexpo GEO Siberia 2015.....76

Reference

Global Digital Elevation Models.....79



Редакционная коллегия:

М. А. Болсуновский
А. М. Ботрякова
Б. А. Дворкин
С. А. Дудкин
О. Н. Колесникова
С. В. Любимцева
М. А. Элердова

Ответственный за выпуск:

Б. А. Дворкин

Дизайн макета и обложки:

О. Н. Рябова

Компьютерная верстка:

О. Н. Рябова

Информационно-рекламная служба:

М. А. Агаркова
Н. Л. Евченко

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

Тел.: +7 [495] 642-88-70

+7 [495] 988-75-11

+7 [495] 988-75-22

Факс: +7 [495] 988-75-33

E-mail: geomatrics@sovzond.ru

Web-site: www.geomatrics.ru

Перепечатка материалов допускается
только по согласованию с редакцией.

Журнал зарегистрирован
в Россвязькомнадзоре.

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

Номер подписан в печать 12.10.2015 г.

Отпечатано ООО «Юнион-Принт»



Учредитель –
компания «Совзонд»

Тираж 3000 экземпляров.

Рекомендованная цена – 217 р. 50 к.

КОМПАНИЯ «СОВЗОНД» ВОШЛА В ЧИСЛО ВЕДУЩИХ ИТ-КОМПАНИЙ РОССИИ

Международная группа рейтинговых агентств RAEX и «Российская газета» опубликовали результаты совместного проекта — ранжирования крупнейших групп и компаний в области информационных и телекоммуникационных технологий по итогам 2014 г., в котором компания «Совзонд» на 3 позиции улучшила свое положение по сравнению с результатами 2013 г. заняв 39-е место.

Эксперты RAEX подсчитали выручку ведущих ИТ-компаний по итогам 2014 г. — она увеличилась на 8% по сравнению с результатами 2013 г. Общая выручка участников ранжирования составила по итогам 2014 г. 404,8 млрд р., увеличившись за год на 8%. Это меньше официальной годовой инфляции (11,2%), но гораздо лучше показателей прошлого ранжирования, когда сопоставимый прирост суммарной выручки оказался нулевым. Свои надежды на будущее игроки рынка связывают с курсом на импортозамещение и реализацией государством масштабных проектов в сфере информатизации и создания баз данных.

По оценкам экспертов, положительные темпы роста отмечаются во всех направлениях ИТ-деятельности:



дистрибуции, ИТ-услугах, телекомсервисах, разработке ПО, поставке ПО и оборудования, производстве оборудования (см. график). Рост рынка связан с созданием и развитием государственных информационных систем.

В июне 2015 г. рейтинги крупнейших ИТ-компаний России по итогам выручки за 2014 г. представили агентства CNews Analytics и «РИА Рейтинг». Специалисты сходятся во мнении — кризис, вызванный известными политическими событиями 2014 г., сказался на ИТ-отрасли так же, как и на остальной российской экономике.

Большинство лидеров российского ИТ-рынка констатировали, что результаты могли быть хуже. Как и в предыдущие годы, часть компаний показала увеличение выручки за год, часть — снижение,

но средний рублевый рост говорит о ровном завершении 2014 г. у большинства ведущих игроков рынка.

Компания «Совзонд» заняла 79-е место из 100 в рейтинге CNews 100 крупнейших ИТ-компаний России 2014 г., поднявшись в списке на 4 позиции по сравнению с результатами 2013 г., и 52-е место из 60 в рейтинге крупнейших ИТ-компаний России, который впервые проводило агентство «РИА Рейтинг».

В отличие от прошлых лет, в 2014 г. компании российской ИТ-отрасли демонстрировали слабую динамику, близкую к результату остальной российской экономики. При этом большинство ИТ-компаний России в 2014 г. смогло увеличить свои доходы, однако темпы роста были ниже уровня инфляции.

«СОВЗОНД»: ПОДПИСАНЫ СОГЛАШЕНИЯ О СОТРУДНИЧЕСТВЕ С КОМПАНИЯМИ OMNIEARTH И RESTEC



В августе 2015 г. компании «Совзонд» и **OmniEarth** подписали соглашение о намерениях сотрудничества в сфере реализации проектов и решений на базе современных космических систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и информационных технологий.

Главной целью компании **OmniEarth** является обеспечение непрерывного потока данных о процессах, происходящих на земной поверхности, для решения научных и практических задач. Для этого предусмотрено создание уникальной группировки из 18 малых спутников ДЗЗ для обеспечения непрерывного космического мониторинга в интересах гражданских и военных организаций, коммерческих потребителей.

Группировка спутников планируется к запуску в 2018–2020 гг. Спутники будут способны охватить съемкой всю поверхность Земли в течение суток. Разрешение съемочной аппаратуры будет 2,5 м в панхроматическом режиме и 5 м в пятиканальном мультиспектральном режиме. Важная отличительная

характеристика спутников — возможность ежедневной повторной съемки любой территории. Также стоит отметить мощные коммуникационные возможности группировки: спутники будут способны обеспечивать получение и передачу на земные сегменты более 38 Тбайт данных в день.

Космические снимки с группировки **OmniEarth** и результаты их анализа позволят заказчикам проводить регулярный мониторинг антропогенных и природных изменений в режиме, близком к реальному времени, и своевременно реагировать на них. Данные со спутников можно использовать для повышения качества управленческих решений в областях сельского и лесного хозяйства, нефте- и газодобычи, экологии и многих других.



В июле–августе 2015 г. компания «Совзонд» подписала также два соглашения с компанией **RESTEC** (Япония).

Компания **RESTEC** (Remote Sensing Technology Center of Japan), основанная

в 1975 г., занимается разработкой и развитием систем наблюдения Земли и соответствующего программного обеспечения для обработки данных ДЗЗ, является поставщиком данных с космической системы наблюдения Земли **ALOS**.

Заключено дистрибьюторское соглашение, в соответствии с которым компания «Совзонд» будет поставлять данные со спутников **ALOS** и **ALOS-2**.

Космический аппарат **ALOS** вел съемку с января 2006 по апрель 2011 г. После возникших технических проблем с управлением 12 мая 2011 г. спутник прекратил свою работу. **ALOS** был снабжен радаром L-диапазона (**PALSAR**), предназначенным для круглосуточной и всепогодной съемки Земли с разрешением 10–100 м; картографической стереокамерой (**PRISM**), позволяющей получать моно- и стереоснимки с разрешением до 2,5 м, а также мультиспектральной камерой (**AVNIR-2**) для получения снимков с разрешением 10 м.

24 мая 2014 г. на орбиту был выведен радарный спутник **ALOS-2**, снабженный радаром с синтезированной апертурой (**PALSAR-2**) — единственным из действующих спутниковых радаров,

который выполняет съемку земной поверхности в L-диапазоне. Съемка в L-диапазоне просвечивает растительность, в том числе не слишком плотный лес. Излучение данного диапазона может частично (на глубину до нескольких метров) проникать в сухой снег, лед и почву. Номинальное пространственное разрешение

в зависимости от режима съемки — от 1 до 100 м.

Подписано дистрибьюторское соглашение, в соответствии с которым компания «Совзонд» будет поставлять продукт **ALOS World 3D**.

Глобальная цифровая модель рельефа (ЦМР) ALOS World 3D (AW3D) — новый продукт от компаний RESTEC и NTT DATA (Япония),

полученный в результате применения алгоритмов потоковой обработки данных с нового радарного спутника ALOS-2 и архивных оптических снимков со спутника ALOS, выведенного из эксплуатации. Подробные характеристики ЦМР ALOS World 3D приводятся в справочном разделе этого номера журнала (с. 80).

ВСЕ НОМЕРА «ГЕОМАТИКИ» ДОСТУПНЫ ТЕПЕРЬ НА МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ

У читателей журнала «Геоматика» появилась новая возможность — достаточно скачать бесплатное мобильное приложение «Геоматика» в App Store или Google Play, и можно читать журнал на любом мобильном устройстве.

Редакция журнала стремится к тому, чтобы читатели всегда имели круглосуточный доступ к интересующей информации, где бы они ни находились: на рабочем месте, в поездках или дома. Имея мобильные приложения «Геоматика» для iOS (доступно через App Store; рис. 1) или для ОС Android (доступно через Google Play; рис. 2), читатели смогут изучать новые номера журнала сразу же после их выхода в свет.

В приложениях можно найти и прочитать также все номера, вышедшие ранее. Для более удобной



Рис. 1. Интерфейс мобильного приложения «Геоматика» для iOS

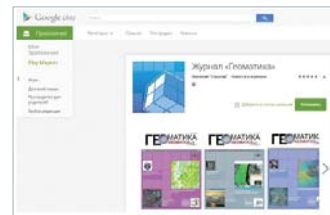


Рис. 2. Интерфейс мобильного приложения «Геоматика» для ОС Android

навигации при просмотре каждого номера на страничке с содержанием предусмотрены гиперссылки, что существенно облегчает



Рис. 3. Архив всех номеров журнала «Геоматика» в мобильном приложении

поиск интересующих статей. Достаточно навести курсор на название статьи, кликнуть и можно начинать читать нужную статью.

В настоящее время в мобильные приложения «Геоматика» добавлены все архивные номера журнала, начиная с первого года издания — 2008 (рис. 3).

НОВЫЕ ВЕРСИИ ПО ENVI И INPHO

Вышла новая версия программного комплекса ENVI 5.3. ENVI — эффективное и доступное программное решение для полного цикла обработки оптико-электронных и радарных данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), а также их интеграции с данными геоинформационных систем.

В новой версии реализована интеграция ENVI LiDAR в базовую комплектацию ПК ENVI, поддержка новых типов данных. Кроме того, произошел ряд существенных изменений в модуле ENVI Orthorectification.

Среди новых возможностей стоит отметить следующие:

- Поддержка операционных систем X Yosemite и Windows 10.
- Поддержка взаимодействия с версией ArcGIS 10.3.
- Новый инструмент редактирования метаданных растра — Edit Raster Metadata tool (заменяет инструмент Edit ENVI Header): появилась возможность редактирования названий и цветов классов растра.
- Ряд значительных улучшений производительности программных приложений:
 - улучшена производительность при работе с большим количеством изображений (больше 50);

- значительно улучшена производительность инструмента анимации изображений по времени/каналу (инструмент Raster series);

- увеличена скорость экспорта в формат CADRG, а также улучшено качество выходного изображения.

- Поддержка данных:
 - чтение векторных объектов из данных формата OGC GeoPackage (GPKG);
 - тайловые продукты Pleiades и SPOT в формате NITF (для работы с ними необходимо наличие дополнительного модуля ENVI NITF);
 - Deimos-2 и DubaiSat-2;
 - SkySat-1/2: новые продукты компании Google (Image Frames и Geo Imagery);
 - Sentinel-2A MSI — уровень обработки Level 1C.
- Возможность просмотра профиля серии пространственно-временных растров.
- Экспорт всех растровых слоев из любого заданного вида в Geospatial PDF.
- Определение сетки для серии растров (пользовательское задание пространственной сетки).
- Спектральные индексы:
 - нормализованный разностный индекс мутности воды — Normalized Difference Mud Index (NDMI);
 - улучшенный нормализованный разностный водный индекс — Modified Normalized

Difference Water Index (MNDWI);

- в списке индексов отображаются только индексы, применимые к загруженному в инструмент снимку.

- Программные API теперь можно запустить по команде `e=ENVI()`, таким образом, доступ к ним стал гораздо проще. Кроме того, в версии ENVI 5.3 реализована поддержка новых программных API:

- создание бесшовных мозаик;
- перепроецирование в любые системы координат;
- возможности переключения вида функции Chip View To... (в файле, презентации, Geospatial PDF, Google Earth);
- уведомление о ходе/отмене процесса;
- работа со спектральными библиотеками;
- маскирование растров, задание порога растра, вырезание;
- сохранение и восстановление файлов диапазонов цветов формата .dsr;
- копирование отдельных векторов в области интереса ROI.
- Интеграция LiDAR в ENVI: все возможности выявления данных ENVI LiDAR (зданий, деревьев, линий электропередачи) вошли в модуль ENVI Feature Extraction, который

теперь поддерживает работу как с двумерными, так и с трехмерными объектами. Все остальные возможности программного продукта ENVI LiDAR входят в базовую комплектацию ПК ENVI:

- мощные возможности визуализации и обработки облака точек (рис. 1);
- интегрированный в ENVI инструмент просмотра данных лазерного сканирования для улучшенной визуализации данных;
- возможность создания большинства производных продуктов по облаку точек (например, ЦМР) и аналитических функций (например, линий прямой видимости).

Работу с облаками точек теперь также поддерживает и модуль строгого ортотрансформирования ENVI Photogram-metry Module (ранее — ENVI Orthorectification).

Начиная с новой версии ENVI 5.3 работа в программном комплексе поддерживается только на 64-битных операционных системах. Пользователям, уже имеющим лицензии ENVI и действующую техническую поддержку, предоставляются обновления до версии ENVI 5.3.

Вышла новая версия программного обеспечения INPHO 6.1.2. INPHO — это полнофункциональная фотограмметрическая система для решения

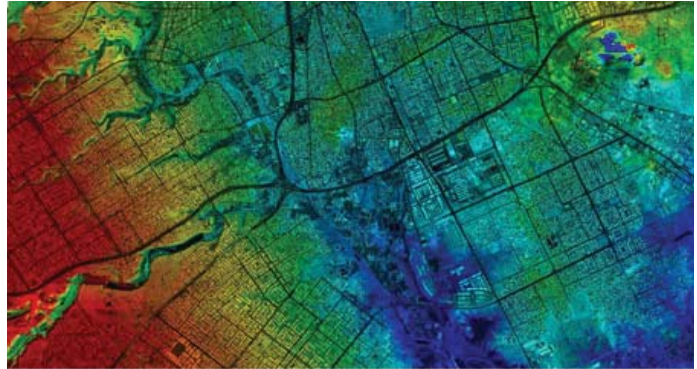


Рис. 1. Облако точек, наложенное на полученный со спутника WorldView-1 снимок столицы Саудовской Аравии — города Эр-Рияд

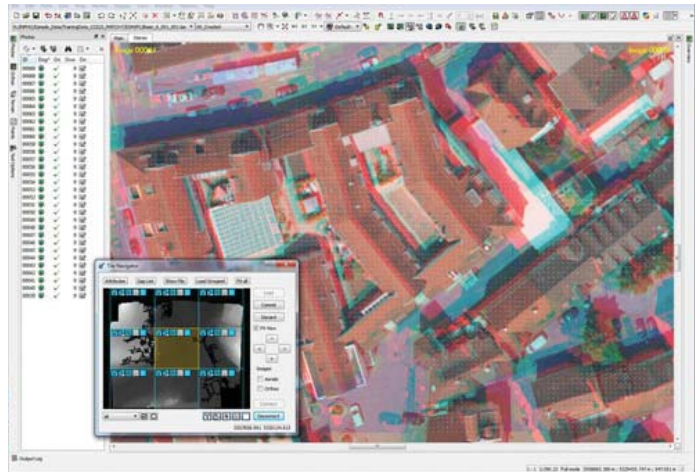


Рис. 2. Загрузка тайла автоматически полученного облака точек в DTMaster для редактирования

всех стандартных задач в цифровом фотограмметрическом проекте, включая создание цифровых моделей рельефа (ЦМР), ортотрансформирование и построение 3D-моделей. ПО INPHO по праву занимает лидирующие позиции среди профессиональных продуктов для фотограмметрической

обработки данных дистанционного зондирования Земли.

Ключевые особенности программы:

- Изменен формат файла проекта, измерения точек на снимках хранятся в пиксельных координатах (ApplicationMaster).
- Снято ограничение на количество узлов в полигоне

(ранее существовало ограничение до 5000 узлов, модуль DTMaster).

- Внесены изменения в процесс калибровки камер, позволяющие выполнять более точное моделирование геометрии сенсоров (модуль MATCH-AT).

- В диалоговом окне проекта появилась дополнительная информация, описывающая загруженные в модуль Georeference (геопривязка) отображает имя файла привязки, точку отсчета, размер пикселя и угол поворота файла. Новый столбец Image (снимок) отображает имя рас-

четочного файла, размер в пикселях и тип изображения (RGB или gray, модуль OrthoVista).

- Окна дополнительных настроек всегда отображаются поверх главного окна модуля и всегда находятся у пользователя перед глазами (модуль OrthoVista).

Добавлены новые функции:

- Rematch Selected Points (повторное отождествление выбранных точек) — проецирует точки/линии на рельеф (модуль DTMaster).

- Create Point Cloud (создать облако точек) — автоматически создает новые точки в пределах измеренного

полигона (модуль DTMaster) (рис. 2).

- Complement by Least-Squares-Matching (дополнить по методу наименьших квадратов) — выполняет автоматизированное интерактивное измерение дополнительных связующих и контрольных точек (модуль MATCH-AT).

- Track Point Selection (перенести выбранные точки) — автоматически переносит выбранные точки блока (например, измеренные только на двух снимках) на все перекрывающиеся снимки, чтобы получить более высокую избыточность (модуль MATCH-AT).

АНАЛИТИКА ENVI СТАЛА ДОСТУПНА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПЛАТФОРМЕ GEOSPATIAL BIG DATA КОМПАНИИ DIGITALGLOBE



Компании Exelis и DigitalGlobe подписали соглашение о предоставлении облачной аналитики ENVI для коммерческого использования в платформе DigitalGlobe Geospatial Big Data (GBD). ENVI — один из самых востребованных аналитических программных комплексов для обработки данных дистанционного

зондирования Земли (ДЗЗ), который активно используется государственными, коммерческими и научными организациями для извлечения полезной информации из космических снимков.

Соглашение позволит пользователям данных ДЗЗ применять мощные возможности геопространственной аналитики ENVI, работая с обширной библиотекой снимков DigitalGlobe.

«Это соглашение между Exelis и DigitalGlobe создает единую платформу, которую клиенты могут эффективно использовать для решения сложных проблем и опреде-

ления новых рыночных возможностей, — говорит Chris Young, президент Exelis Geospatial Systems. — Эта платформа избавляет от проблем, которые возникают с развитием технологий, таких, как вычислительные мощности, хранение данных и затраты на оборудование».

Программный комплекс для обработки космических снимков ENVI от компании Exelis используется уже более 25 лет для извлечения полезной информации из геопространственных данных. ENVI позволяет пользователям принимать более обоснованные решения в

области разведки полезных ископаемых, высокоточном сельском хозяйстве, охране окружающей среды, национальной обороне и др.

Облачная платформа в качестве услуги (PaaS) GBD компании DigitalGlobe позволяет значительно облегчить доступ к данным со спутниковой группировки

DigitalGlobe, создать дополнительные возможности для выполнения геоинформационных проектов.

«Мы очень рады предоставить наш 15-летний каталог спутниковых снимков высокого разрешения в качестве базы для использования высокотехнологичных возможно-

стей ENVI, — сказал Hyune Hand, старший вице-президент DigitalGlobe по маркетингу. — Сочетая наши снимки с этим передовым аналитическим инструментом, пользователи смогут извлекать невероятно ценную информацию и новые знания о нашей постоянно меняющейся планете».

НА ОРБИТЕ УЖЕ 101 НАНОСПУТНИК ДЗЗ СЕРИИ FLOCK

19 августа 2015 г. японская ракета H-II/B, стартовавшая с космодрома Танэгашима, вывела на орбиту 14 спутников Flock (Dove).

В 2014 г. компания Planet Labs начала разворачивать космическую группировку наноспутников дистанционного зондирования Земли Flock (Dove). Всего с 11 по 28 февраля 2014 г. с борта

Международной космической станции на низкие орбиты было выведено 28 космических аппаратов каждый весом по 5 кг. Последний запуск довел количество спутников до 101. Спутники находятся на разных орбитах высотой 380–410 км и ведут съемку с пространственным разрешением 3–5 м.

Группировка обеспечит большую оперативность и высокую периодичность съемки интересующих территорий. Данные со спутников Flock будут использоваться для мониторинга чрезвычайных ситуаций, сельскохозяйственного мониторинга, наблюдения лесов. В будущем запуск спутников продолжится.



СКАЧИВАЙТЕ БЕСПЛАТНОЕ МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ



Удобно

----- Доступно в -----



Оперативно



Доступно



+7 (495) 988-7511
geomatrica.ru



Большие данные — это не проблема, а набор задач и решений, доступных уже сегодня

Создание технологий работы с большими данными (Big Data), включая большие геопространственные данные (Big Geo Data), — важнейшая задача современной ИТ-отрасли из-за постоянного колоссального увеличения потока информации, требующей обработки и анализа. Одним из лидеров рынка информационных и коммуникационных технологий, активно работающих в области разработки систем хранения данных, является компания Fujitsu, наработка и продукция которой, на наш взгляд, представляют большой интерес для геоинформационной отрасли и сферы космического мониторинга. Мы попросили рассказать о компании и ее решениях менеджера по развитию бизнеса СХД Александра Яковлева.



А. Яковлев. Блицпортрет

А. Яковлев работает в сфере информационных технологий более 12 лет. В Fujitsu он пришел в 2005 г. на должность менеджера по маркетингу продукции, отвечал за продвижение систем хранения и резервного копирования, критически важных серверов и программно-аппаратных комплексов. До прихода в Fujitsu работал в компании HP, где занимался технической поддержкой, инсталляцией и настройкой UNIX-серверов и систем хранения данных. А. Яковлев — выпускник МИФИ, который он окончил в 1999 г. по специальности «Автоматика и электроника физических установок». В 1999–2002 гг. обучался в аспирантуре МИФИ.

Редакция: Расскажите, пожалуйста, о компании Fujitsu, основных направлениях ее деятельности. Каковы особенности ее работы в России?

А. Яковлев: Fujitsu — это японская компания, лидер рынка информационных и коммуникационных технологий (ИКТ), предлагающая полный спектр технологических продуктов, решений и услуг. В активе компании большой коллектив

экспертов мирового уровня в области систем и сервисов, высоконадежная ИТ и телекоммуникационная продукция, а также передовая микроэлектроника, обеспечивающие заказчикам реальную выгоду. Fujitsu поставляет ИТ-решения более чем в 70 стран мира, является четвертым по величине поставщиком ИТ-услуг в мире, а также одним из пяти крупнейших мировых поставщиков серверов.

Подразделение компании в России существует с 2000 г. Сегодня представители Fujitsu работают не только в Москве, но и в других крупнейших городах России, а также на территории стран СНГ. Мы способны удовлетворить запросы различных заказчиков: государственных структур, крупных корпораций, малого и среднего бизнеса. Стратегическим направлением деятельности компании является разработка динамических инфраструктур и их внедрение в масштабе всего предприятия. Fujitsu предлагает широкий спектр ИТ-продуктов, решений и сервисов — от рабочих мест до решений для Центров обработки данных (ЦОД) и услуг по управлению ИТ-инфраструктурами, а также инфраструктуру как услугу (IaaS).

Благодаря высокой квалификации своих специалистов и многолетнему опыту в области разработки комплексных ИТ-решений компания Fujitsu выполнила ряд крупных проектов на территории России. Так, ИТ-инфраструктура известной торговой сети «Юлмарт» практически полностью построена на основе серверных систем Fujitsu, включая оборудование для функционирования ERP-системы «Юлмарт», работающей на базе продуктов SAP. А для Северного Арктического федерального университета имени М. В. Ломоносова (САФУ) специалисты Fujitsu создали суперкомпьютер с пиковой производительностью вычислительных узлов в 11,68 ТФлопс.

Р.: Fujitsu в России — один из ведущих поставщиков инфраструктурных решений. Что Вы можете сказать о проблеме больших данных (Big Data), возникающей при реализации проектов? Какие технологии Вы применяете при создании центров обработки данных?

А. Я.: Компании уже достигают конкретных бизнес-результатов на основании анализа больших данных, принимая оптимальные

решения, которые позволяют увеличивать обороты и прибыльность. Поэтому большие данные — это, скорее, не проблема, а набор задач и решений, доступных уже сегодня. Требования к Системам хранения данных (СХД) предъявляются повышенные, причем не только и не столько к их размеру, сколько к эффективности, возможности динамически перераспределять ресурсы, к их пропускной способности, которая должна быть, без преувеличения, огромной, в частности при анализе данных продуктивных систем. С одной стороны, есть жесткие требования по скорости доступа к ним со стороны, например, ERP-системы, в плане гарантированного времени отклика и достаточности полосы пропускания продуктивных систем. С другой стороны, к тем же данным (или смежным с ними, лежащим в том же хранилище) должны иметь доступ и аналитические системы, которые также могут создавать серьезную нагрузку на базу данных. То есть возникает задача разграничения доступа к одним и тем же данным. И здесь у компании Fujitsu имеются очень серьезные наработки как в сегменте специализированных хранилищ, так и для обычных дисковых СХД.

На сегодня очевидно, что для создания эффективного хранилища для больших данных нужно использовать всю сумму технологий — и хранение и на дисках, и на лентах, и применение современных технологий дедупликации данных. При этом нужно предусмотреть масштабируемость решения и возможность создания катастрофоустойчивых конфигураций и множественное хранилище отдельных объемов данных в соответствии с заданным уровнем обслуживания.

Система Fujitsu ETERNUS CS8000 позволяет организовать эффективное хранение больших объемов данных, работать как мощный архив и при этом реализовать эффективную процедуру резервного

копирования. Система обладает высокой производительностью благодаря GRID-архитектуре и может масштабироваться до 20 процессорных узлов. При этом без прерывания работы хранилища может увеличиваться как емкость хранения, так и производительность хранилища. Если заказчику необходимо не только увеличить емкость и производительность хранилища, но и повысить его надежность, в системе можно организовать зеркалирование данных и создание необходимого количества копий хранимых данных в соответствии с заданным соглашением об уровне предоставления услуги (Service Level Agreement — SLA). При этом уникальность решения состоит в том, что при его использовании можно не только гарантировать скорость записи в архив или скорость создания резервной копии, но и гарантировать скорость восстановления или извлечения данных из архива.

Потребности бизнеса — главное, но не единственное условие успешного внедрения и использования технологий больших данных. Важно, чтобы современная ИТ-инфраструктура могла гибко подстраиваться под особенности бизнес-процессов. Конечно, производители стараются максимально учесть эти требования при разработке нового оборудования. Например, во всех наших новых системах были реализованы возможности временного увеличения производительности систем в моменты возрастания нагрузки на базу данных, создаваемой аналитическими приложениями. Благодаря ряду новшеств стало возможным эффективно балансировать характеристики работы системы в зависимости от внешних условий и текущих требований бизнеса.

Р.: Какие сервисы на основе облачных вычислений предлагает ваша компания для поддержки развития бизнес-проектов

в России?

А. Я.: Мы предлагаем облачные хранилища и реализацию резервного копирования и/или архивирования из облака. Причем можно получать эти сервисы из нашего облака, из облака наших партнеров либо создать частное облако на своей площадке. Все необходимые механизмы уже заложены в наших решениях

Р.: Можете ли вы назвать главные отрасли, в наибольшей степени заинтересованные во внедрении технологий больших данных?

А. Я.: Самый простой и наиболее частый пример — онлайн-ритейлер. С одной стороны, налицо очень жесткие требования по времени отклика на запрос покупателя через сайт. С другой стороны известно, что средства аналитики в области розничной торговли способны увеличить на десятки процентов посещаемость сайта, обороты и прибыль компании. Возникает задача разграничения уровней доступа и возможностей, предоставляемых различным группам пользователей. Решение данной задачи осложняется нелинейностью продуктивной нагрузки — могут возникать как прогнозируемые (перед праздниками), так и непрогнозируемые пики продаж, возможно снижение покупательской активности. Соответственно в одной ситуации реализуется осознанное уменьшение полосы пропускания, количества операций в секунду для аналитики с целью гарантировать минимальное время доступа для продуктивной системы, в другой — полоса пропускания для получения аналитики может быть увеличена. У ритейлера уже есть понимание, что маркетинговые программы необходимо реализовать на основе анализа больших данных, только тогда они приносят ощутимый для бизнеса позитивный результат. Для банковской сферы использование СХД и для продуктивных систем, и для аналитики также

актуально. Только там все сложнее, поскольку добавляются серьезные требования по обеспечению уровня надежности СХД выше 0.99999, гарантирующей непрерывность ИТ-поддержки бизнеса. Любые сбои в оказании банковского онлайн-сервиса, даже если они чисто технического характера, могут вызвать панические настроения среди клиентов и иметь крайне неприятные последствия для банка.

Р.: Приходится ли Вам работать с пространственными данными? Какие технологии хранения и обработки таких данных Вы предлагаете?

А. Я.: Да, у нас есть проекты по хранению пространственных данных. С точки зрения аппаратного обеспечения используются те же хранилища, разница лишь в требуемом уровне SLA, производительности и, собственно, ПО для обработки.

Р.: В последнее время значительно увеличился поток данных, получаемых в результате космического мониторинга. Зачастую большой объем информации требует оперативной обработки и анализа (так называемые Fast Data). Есть ли в вашем арсенале предложения по решению аналогичных проблем?

А. Я.: В наших системах хранения существует целый комплекс возможностей и механизмов, позволяющих гарантировать заданное время отклика для тех или иных наборов данных и логических томов. Причем средства управления хранилищами позволяют динамически изменять эти требования, что позволяет менять уровень приоритета, скорость работы и время отклика для тех или иных наборов данных без остановки функционирования приложений. Для удобства администрирования разработаны интуитивно понятные средства управления.

Р.: Назовите, пожалуйста, наиболее

значимые проекты, связанные с хранением и обработкой больших данных, реализованные Вашей компанией.

А. Я.: Это большое количество крупных проектов в ритейле и торговых сетях, ряд проектов в государственном секторе и финансовых организациях, сотрудничество с рядом компаний, работающих на рынке геоинформационных и космических услуг. В качестве примера успешно реализованного проекта, связанного с хранением и обработкой пространственных данных можно привести сотрудничество с ОАО «Сибнефтегеофизика», многопрофильным геофизическим предприятием, выполняющее все виды полевых сейсморазведочных работ 2D, 3D, промыслово-геофизические исследования скважин, их обработку и геолого-геофизическую интерпретацию, мониторинг изученности территорий сейсморазведкой и бурением. Этой компании был необходим надежный вычислительный кластер для обработки информации, получаемой в ходе геофизических исследований. Проблема состояла в том, что при проведении обработки и интерпретации (моделировании структуры земли) требуются вычислительные ресурсы большой мощности. Компания смогла предложить серверные решения, сочетающие в себе приемлемую стоимость закупки и сервисного обслуживания с очень высоким уровнем производительности, надежности и масштабируемости. Для модернизации вычислительной системы была выбрана интегрированная система Fujitsu PRIMEFLEX, состоящая из системы хранения данных и серверов.

Р.: Большое спасибо, Александр, за подробный рассказ на актуальную тему, представляющую большой интерес для наших читателей.

О. С. Сизов (Компания IDA System)

В 2005 г. окончил Алтайский государственный университет по специальности «эколог-природопользователь». В настоящее время — инженер по обработке ДДЗ компании IDA System (резидент Сколково). С мая 2012 г. (по совместительству) — научный сотрудник Института криосферы Земли СО РАН. Кандидат географических наук.

Вопросы практического внедрения Big Geo Data на примере развития технологий дистанционного зондирования

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМИНОВ BIG DATA И BIG GEO DATA

Проблемы практического использования большого количества данных связаны с экспоненциальным ростом объема информации в обществе, получившим название «информационный взрыв» (Information Explosion). Наглядно этот феномен прослеживается на примере роста количества печатных книг в Европе с начала изобретения книгопечатания в середине XV в. (рис. 1).

Сам термин «информационный взрыв» впервые упоминается в 1941 г. в словарной статье Oxford English Dictionary [2], а уже в 1944 г. библиотекарь Уэслианского университета (Коннектикут, США) Фремонт Райдер (Femont Rider) публикует работу, в которой приходит к выводу, что число книг в библиотеках американских университетов удваивается раз в 16 лет [3].

Новый этап информационного развития связан с изобретением ЭВМ, повсеместным переходом к цифровым способам хранения и передачи данных, а также с появлением сети Интернет (рис. 2). По оценке компании Cisco,

в ближайшее время мы вступим в эру зеттабайтов (The Zettabyte Era) [4], т. е. к концу 2016 г. ежегодный IP-трафик преодолест порог в 1000 экзабайт и будет увеличиваться на 2 зеттабайта в год вплоть до 2019 г. (рис. 3).

Термин «большие данные» (big data, BD) в научный оборот впервые был введен

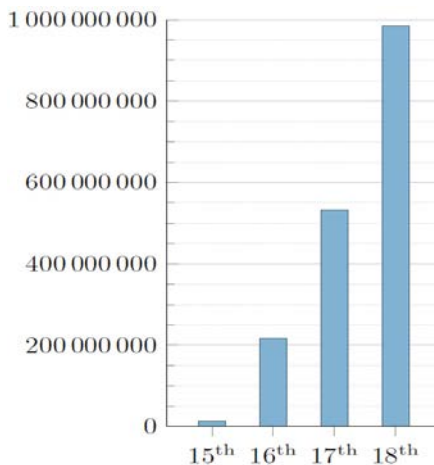


Рис. 1. Число печатных книг в Европе (без Турции и России) за 1450–1800 гг., шт. [1]

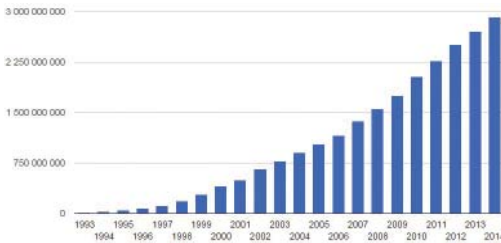


Рис. 2. Число пользователей сети Интернет, чел. [5]



Рис. 3. Прогноз роста интернет-трафика по версии компании Cisco, Tbps [4]

в 1997 г. инженерами Intel и NASA Майклом Коксом (Michael Cox) и Дэвидом Элсворфом (David Ellsworth), изучавшими проблему визуализации больших массивов информации [6]. А в 2001 г. аналитик компании Meta Group (поглощена Gartner) Дуглас Лэйни (Doug Laney) представил работу «3D Data Management: Controlling Data Volume, Velocity and Variety» [7], где предложил основные характеристики, которым должны отвечать большие данные, так называемые «3V»:

1. Объем (англ. volume, величина физического объема).

2. Скорость (англ. velocity, как скорость прироста, так и необходимость высокоскоростной обработки и получения результатов).

3. Многообразие (англ. variety, возможность одновременной обработки различных типов структурированных и полуструктурированных данных).

Часто к трем «V» добавляют еще одну — Veracity (достоверность), понимая под этим целостность данных, их способность к структурированию и уровень доверия к результатам [8].

В настоящее время основной поток геопро-странственной информации, отвечающей общим критериям Big Data, генерируется с помощью:

- глобальных систем позиционирования;
- аппаратуры дистанционного зондирования Земли, установленной на БПЛА, самолетах и космических спутниках;
- глобальных систем позиционирования (GPS, ГЛОНАСС, Beidou и др.);
- локальных сенсоров, привязанных к определенному объекту или точке с известными координатами (датчики уровней воды на реках, логгеры метеопараметров, различные датчики мобильных устройств и др.);
- меток радиочастотной идентификации (RFID), установленных на подвижных объектах;
- социальных сетей с географической привязкой контента (Twitter, Facebook и др.) [9, 10].

Кроме этого, к большим данным, обладающим пространственной компонентой, или, для краткости, большим геоданным (Big Geo Data), можно отнести весь накопленный архив географических знаний (научные труды, картографические произведения, результаты натурных наблюдений), которые становятся доступны для анализа в цифровом виде.

Таким образом, лавинообразное накопление больших массивов данных и интенсификация информационного обмена приводят к возникновению ряда технологических и методологических проблем, решение которых можно объединить в рамках единого направления Data-driven Geography — географических исследований, определяемых данными [11].

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С BIG GEO DATA НА ПРИМЕРЕ EOSDIS

Поскольку осознание проблем в области управления, анализа, хранения и распространения больших объемов информации происходило эмпирически по мере развития технических возможностей, наглядно процесс развития и усложнения информационной инфраструктуры можно показать на примере практической реализации программы космического мониторинга Земли EOS (NASA's Earth Observing System).

Реализацию программы EOS обеспечивает система EOS DIS (EOS Data and Information System), главная цель которой состоит в том, чтобы обеспечить сбор, хранение, обработку данных мониторинга Земли и справочной информации, предоставление удаленного доступа к каталогам, а также распределение

данных исходя из потребностей максимального числа пользователей [12].

В настоящее время источником первичной информации являются 22 активные миссии [13], осуществляющие мониторинг всех компонентов природной среды в глобальном масштабе и режиме, приближенном к реальному времени (рис. 4).

По состоянию на сентябрь 2012 г. общий объем накопленных в системе данных составил примерно 10 петабайт. Суммарный объем поступающих с целевой аппаратуры космических аппаратов исходных («сырых») данных и продуктов стандартных уровней обработки превышает 8,5 терабайт в день. Система обеспечивает онлайн-доступ к более чем 2800 наборам данных и сервисам для более чем 185 000 пользователей на бесплатной основе [14].



Рис. 4. Временная шкала жизненного цикла научных миссий EOS с 2001 г. (включая планируемые проекты) [14]

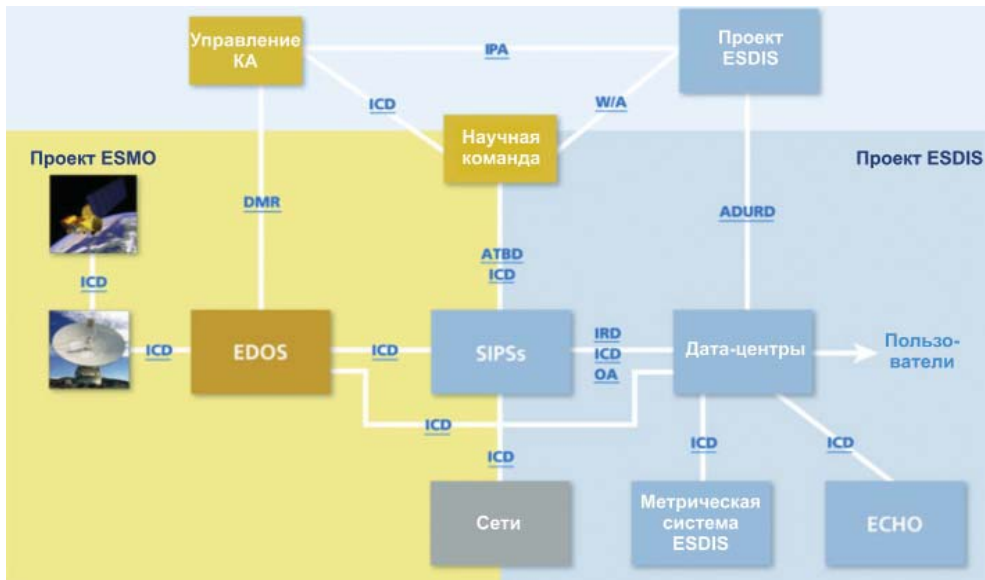


Рис. 5. Функциональная структура EOSDIS [12]

Вычислительные потребности системы с 2008 г. обеспечивает суперкомпьютер Pleiades, установленный в NASA Advanced Supercomputing (NAS) исследовательского центра Эймса (NASA Ames). Суперкомпьютер Pleiades при пиковой нагрузке процессоров (11 312 узлов, 211 360 ядер) — большие проблемы обеспечивает скорость вычислений 5,34 петафлопс, объем оперативной памяти составляет 724 Тб, объем хранилища данных — 1,3 петабайт [15].

Основная цель EOSDIS изначально заключалась в создании системы с распределенной открытой архитектурой. EOSDIS версии "0" появилась в августе 1994 г. как интегратор систем, которые имели функциональные возможности управления информацией в семи распределенных центрах-архивах DAAC (Distributed Active Archive Centers) и были связаны через внутреннюю сеть для взаимодействия друг с другом [16].

В настоящее время в EOSDIS применяется распределенная архитектура CINTEX (Catalog

Interoperability Experiment), которая позволяет располагать элементы системы в различных местах, чтобы в максимальной степени использовать различные научные возможности. Для природно-ресурсных спутников EOSDIS предоставляет возможности по управлению, контролю, планированию, сбору данных и начальной обработке (уровень 0) (проект ESMO — Earth Science Mission Operations). Последующие усилия направлены на решение задач тематической обработки данных в рамках проекта Earth Science Data and Information System (ESDIS). Технология обработки включают: создание научных продуктов более высокого уровня (уровень 1–4) для миссий EOS; архивирование и распространение продуктов миссий EOS и других спутников, а также данных аэросъемки и полевых измерений. Обобщенная функциональная структура системы EOSDIS представлена на рис. 5.

Стандартные продукты уровней 1–4 представляют собой результаты глубокой

предварительной или тематической обработки, подготовленные исходя из потребностей научного сообщества, распределенные в пространстве и/или во времени и доступные, если имеются первичные данные для их создания [12]. В этом отношении ключевая особенность архитектуры EOSDIS состоит в том, что для решения задач по научному обоснованию и программной реализации процедур формирования итоговых информационных продуктов привлекаются внешние научные команды на конкурсной основе. Подобная форма взаимодействия NASA с мировым научным сообществом получила название Science Investigator-led Processing Systems (SIPS). Такой подход позволяет использовать наиболее актуальные и производительные алгоритмы обработки данных и обеспечивать максимальное качество производных продуктов.

Все научные операции SIPS выполняются в рамках распределенной системы нескольких взаимосвязанных узлов с конкретными обязанностями для создания, архивирования и распределения научных данных о Земле. После этого созданные в SIPS продукты направляются в соответствующие DAACs для архивации и распространения [16]. Распределенные центры обработки данных обслуживают сообщество пользователей путем предоставления возможности для поиска, визуализации данных и прямого доступа к данным и специализированным услугам.

Таким образом, в процессе эволюции системы EOSDIS в NASA уже в 2007 г. были сформированы основные потребности пользователей на новом этапе развития научных данных и вычислительной среды, которые заключаются в следующем:

- обеспечение всеобщей устойчивой инфраструктуры данных;
- обеспечение максимальных вычислительных возможностей;

- обеспечение ресурсов для эффективного моделирования природных процессов и явлений;

- интенсификация продуктивности научных исследований (методов, алгоритмов и инструментов) как процесса получения новых знаний [14].

Для реализации возникших потребностей в настоящее время развивается система NASA Earth Exchange (NEX) (рис. 6), которая, по сути, является единой платформой для исследований в области наук о Земле, обеспечивающей:

- вычислительные возможности передового суперкомпьютера Pleiades;
- возможности реализации алгоритмов в привычной среде IDL, MatLab, R, Python и др.;
- возможности моделирования природных компонентов, включая предоставление доступа к существующим моделям;
- весь архив дистанционных данных, накопленный в рамках EOS;
- рабочую среду для управления проектом, в которой пользователь может удаленно использовать все технические возможности;
- инфраструктуру для распространения полученных результатов, сравнения данных, участия в новых или существующих проектах и др. [17].

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПОДХОДЫ ДЛЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ BIG GEO DATA

На примере эволюции системы EOSDIS хорошо видно, как по мере накопления все больших массивов данных происходит адаптация всей информационной инфраструктуры к новым условиям, которые диктуют необходимость постоянного увеличения вычислительных мощностей, перехода к распределенной структуре хранения и обработки, совершенствования измерительной аппаратуры и развития методологического аппарата научных исследований.

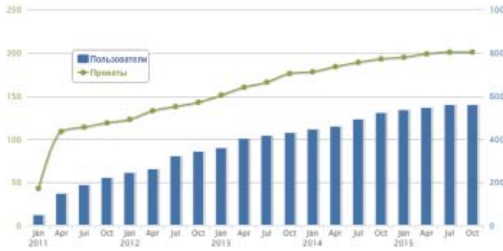


Рис. 6. Динамика числа пользователей в системе NASA Earth Exchange (NEX) [18]

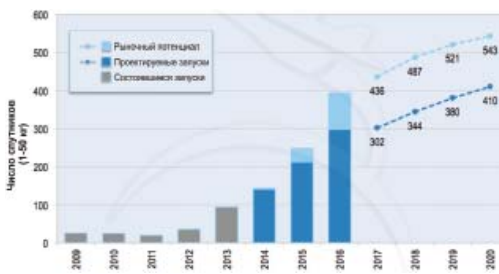


Рис. 7. Фактический и прогнозируемый рост числа микро- и наноспутников на орбите [19]

И если раньше, в условиях централизации источников первичных наблюдений, подобные проблемы возникали только применительно к узким отраслевым направлениям, которые решались силами крупных государственных акторов (NASA), то в настоящее время можно говорить о широкомасштабном развитии распределенной сети наблюдений, продуцирующей избыточный информационный поток.

Ярким примером децентрализации наблюдений является существенное увеличение на орбите микро и мини спутников (менее 50 кг), значительная часть которых предназначена для мониторинга Земли (рис. 7). При этом стоимость создания, запуска и эксплуатации космических аппаратов теперь могут себе позволить не только небольшие страны, но и высокотехнологичные частные компании

(Google/Skybox Imaging, Planet Labs, OmniEarth и др.).

Не менее революционные изменения происходят и в сегменте беспилотных летательных аппаратов, где разнообразие платформ для индивидуального пользования наряду с широким выбором компактных мульти- и гиперспектральных сенсоров массой не более 2 кг (Airinov, Micasense, Tetracam, Rikola, HeadWall, Gamaya и др.) создает возможности независимого, оперативного и относительно дешевого сбора высокодетальных пространственных данных для любого заинтересованного пользователя, не обязательно обладающего профессиональными навыками.

При этом при использовании больших объемов различных дистанционных данных возникают методологические проблемы, которые имеют общие черты с вызовами, установленными для Big Data [20]. В целом их можно разделить на три группы:

1. «Количество не значит полнота». Проблемы данной группы связаны с техническими особенностями автоматического сбора информации, при котором далеко не всегда удается обеспечить равные объемы наблюдений для различных классов объектов или, в географии, для различных участков земной поверхности. Это означает, что видимое количество доступных космических снимков отнюдь не гарантирует того, что конкретный район будет обеспечен съемкой в нужный период или с заданным временным интервалом. Пространственную неравномерность сложно учитывать при проведении конкретных исследований, поскольку обычно приоритет отдается задаче, т. е. сначала происходит постановка задачи, а затем уже идет сбор доступной информации. Поэтому в исследованиях, определяемых данными (Data-driven Geography), перечень доступных для решения задач может существенно отличаться от перечня практически значимых задач.

2. «Количество не значит чистота». Для big data преобладание и даже доминирование несортированных данных над сортированными является неперенным условием. При дистанционных исследованиях на стадии проектирования сенсора есть возможность минимизировать количество шума, устранить механические погрешности аппаратуры, провести калибровку. Но даже при корректной работе аппаратуры существует большое количество внешних воздействий, которые делают полученную информацию непригодной для практического использования. Оценка пригодности данных и удаление информационного шума не могут опираться исключительно на автоматизированные алгоритмы, за исключением очевидных случаев (наличие облачности, снежного покрова). Поэтому для большинства задач должен формироваться индивидуальный набор критериев проверки качества с учетом базы знаний в каждой тематической области (учет фаз вегетации растительности, гидрологического цикла водных объектов и т. п.). Такая проверка, в частности, может строиться на основе сочетания логических и семантических правил [11].

3. «Корреляция не значит причина». Статистические методы анализа больших массивов данных могут ошибочно приводить к выявлению корреляции логически не связанных явлений. В этом отношении часто встречаются примеры взаимосвязи между глобальным потеплением и сокращением числа пиратов (рис. 8) [21] или развития депрессии у людей, укушенных кошками [22]. Автоматическая классификация космических снимков методами без обучения также зачастую приводит к объединению пикселей, имеющих сходные значения яркости, но логически относящихся к различным типам земной поверхности. При этом полученные результаты могут найти лишь ограниченное практическое применение в силу слабой сопоставимости



Рис. 8. Зависимость глобального потепления от числа пиратов [21]

даже с результатами, полученными на основе снимка за другую дату или снимка с отличающимися техническими параметрами.

Тем не менее научно-практическое внедрение методов Data-driven Geography, по всей видимости, вопрос ближайшего будущего. Их сложно рассматривать как альтернативу традиционным методам получения новых знаний, скорее они представляют интерес при решении таких задач, как:

- сбор и первичный анализ данных, постановка рабочей гипотезы;
- визуализация различных типов пространственных данных;
- моделирование процессов с учетом теоретических и логических построений [9].

С этой точки зрения можно предложить общие подходы, которые могут облегчить процесс работы с Big Geo Data в рамках решения определенной исследовательской задачи:

1. Стандартизация измерительной аппаратуры – применительно к любым типам сенсоров и датчиков (включая БПЛА, наземные приборы и логгеры, устанавливаемые in situ) должны применяться процедуры, подтверждающие заявленную точность и корректность получаемых первичных

данных. Это позволит существенно сократить усилия по структурированию, валидации и фильтрации.

2. Стандартизация форматов и метаданных – даже для небольших единичных исследований и проектов необходимо предусматривать возможности хранения и передачи итоговой информации на основе наиболее распространенных стандартов, что сократит в будущем усилия по унификации базы знаний для решения аналогичных задач.

3. Историчность исследований – выполнение необходимых действий по сбору и переводу в цифровой вид любой архивной информации (базы знаний), которая была накоплена по заданному объекту. Ретроспективный анализ и сочетание результатов, полученных на основе различных методов, позволят выявить ошибки в обоих случаях.

4. Алгоритмизация — представление накопленной базы знаний по каждой отраслевой задаче (знания специалистов, логические правила, результаты ранее выполненных работ и др.) в унифицированном виде (выделение обязательных технологических блоков обработки данных, определение критериев самопроверки и др.).

5. Сходимость и воспроизводимость результатов — использование различных исходных данных, моделей и алгоритмов при автоматизированном решении конкретной задачи, что позволит оценить достоверность полученных результатов, определить процент погрешности и воспроизвести результат в будущем при необходимости.

Таким образом, несмотря на наличие отдельных методологических вопросов, существуют подходы, которые позволяют реализовать новые возможности обработки больших пространственных данных, что в конечном счете выводит географические исследования на более высокий уровень точности и производительности.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ОСНОВЕ BIG GEO DATA

Новый уровень географических исследований в методологическом плане связан в первую очередь с интеграцией и синергией абдуктивных, индуктивных и дедуктивных подходов при решении тематических задач и получении новых предметных знаний [23].

В методическом отношении использование методов Data-driven Geography позволяет говорить о переходе к «точной географии», где для каждого участка земной поверхности с заданной размерностью и погрешностью определения положения могут быть сформированы наборы данных по каждому компоненту природной среды на определенный момент времени. При этом по мере накопления данных будут формироваться временные ряды, на основе которых появятся возможности детального моделирования динамики геопроцессов.

Технологический и информационный прорыв, который привел к децентрализации и увеличению количества источников первичной географической информации, в перспективе существенно ускорит интеграционные процессы, в том числе в вопросе обмена результатами исследований. В частности, это соответствует одному из принципов крупнейшей сети персональных метеостанций Weather Underground — «вместе мы знаем больше (Together We Know More)» [24].

Можно также отметить, что с развитием «персонализации» географических исследований формируется большой круг задач, в которых методы Data-driven Geography могут получить максимальное применение. Среди таких задач — навигация (сервисы общедоступных треков), создание открытых карт (проект OpenStreetMap), мониторинг экстренных ситуаций (краудсорсинг при поиске пропавших летательных аппаратов),



Рис. 9. Структурная схема организации научной деятельности в системе EOS [14]

идентификация объектов (проект Wikimapia, сервисы геопозиционированных фотографий, панорамы улиц) и др.

Таким образом, анализ литературы [14, 25] и результаты проведенного исследования позволяют выделить основные условия перехода к научно-практической работе с Big Geo Data, в числе которых:

1. Оборудование (технологии): обеспечение максимальной вычислительной мощности и скорости выполнения алгоритмов сбора, анализа, передачи и хранения больших объемов структурированных и плохо структурированных данных.

2. Методология (исследования): при выявлении закономерностей — создание аналитического инструментария с опорой на методологический аппарат, разработанный и апробированный для каждой сферы деятельности.

3. Задачи (приложения): постановка ясных задач для машинного анализа с привлечени-

ем отраслевых специалистов, обеспечивающих корректное формирование обучающей выборки данных и выявление реальных взаимосвязей.

4. Образование (понимание): модернизация образовательных программ исходя из современных технологических возможностей анализа данных, что позволит адекватно подготовить будущих специалистов для работы в новой информационной парадигме.

Визуально сочетание описанных выше условий можно представить в виде общей схемы организации исследований, предложенной в рамках развития системы EOS (рис. 9).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Eltjo, B., Luiten, J.Z. (2009). *Charting the «Rise of the West»: Manuscripts and Printed Books in Europe, A Long-Term Perspective from*

the Sixth through Eighteenth Centuries», *The Journal of Economic History*, Vol. 69, No. 2, 409-445.

2. <http://www.forbes.com/sites/gilpress/2013/05/09/a-very-short-history-of-big-data/>

3. Rider, F. (1944). *The Scholar and the Future of the Research Library*. New York City: Hadham Press.

4. *The Zettabyte Era: Trends and Analysis / Cisco Visual Networking Index (VNI): Forecast and Methodology, 2014–2019*. http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/VNI_Hyperconnectivity_WP.pdf

5. <http://www.internetlivestats.com/internet-users/>

6. Cox, M., Ellsworth, D. (1997). Application-controlled demand paging for out-of-core visualization. In *Proceedings of the 8th conference on Visualization '97 (VIS '97)*. IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA, USA, 235-ff. <https://www.nas.nasa.gov/assets/pdf/techreports/1997/nas-97-010.pdf>

7. Laney, D. (2001). *3D Data Management: Controlling Data Volume, Velocity, and Variety*, Technical report, META Group. <http://blogs.gartner.com/doug-laney/files/2012/01/ad949-3D-Data-Management-Controlling-Data-Volume-Velocity-and-Variety.pdf>

8. «What is Big Data?». Villanova University. <http://www.villanovau.com/resources/bi/what-is-big-data/#.VfLqMBHtlBc>

9. Miller, H. J. (2010). The data avalanche is here. Shouldn't we be digging? *Journal of Regional Science*, 50(1), 181–201

10. Sui, D., Goodchild, M. F. (2011). The convergence of GIS and social media: Challenges for GIScience. *International Journal of Geographical Information Science*, 25(11), 1737–1748.

11. Miller H., Goodchild M. (2015). Data-driven geography. *GeoJournal*, Vol. 80, Iss. 4, 449-461. DOI: 10.1007/s10708-014-9602-6

12. <https://earthdata.nasa.gov/>

13. <http://eosps0.gsfc.nasa.gov/content/all-missions>

14. *Science Plan for NASA's SMD 2007-2016*. NASA Headquarters, 2007. 170. http://science.nasa.gov/media/medialibrary/2010/03/31/Science_Plan_07.pdf

15. <http://www.nas.nasa.gov/hecc/support/kb/entry/77>

16. Maiden M. (2011). *Philosophy and Architecture of the EOS Data and Information System // Remote Sensing and Digital Image Processing*. Springer New York. 35-47. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-6749-7_2

17. *NASA 2014 Science Plan*. NASA Headquarters, 2014. 123. http://science.nasa.gov/media/medialibrary/2015/06/29/2014_Science_Plan_PDF_Update_508_TAGGED.pdf

18. <https://nex.nasa.gov/nex>

19. *Low Earth Orbit Satellite Volume Set to Rapidly Expand*. *Earth Imaging Journal*. 8 October 2014. <http://eijournal.com/news/industry-insights-trends/low-earth-orbit-satellite-volume-set-to-rapidly-expand>

20. Mayer-Schonberger, V., Cukier, K. (2013). *Big Data: A revolution that will transform how we live, work, and think*.

21. Henderson, B. (2005). *Open Letter To Kansas School Board*. *Venganza.org*. <http://www.venganza.org/about/open-letter/>

22. Hanauer, D., Ramakrishnan, N., Seyfried, L. *Describing the Relationship between Cat Bites and Human Depression Using Data from an Electronic Health Record*, *PLoS ONE*, vol. 8, no. 8, 2013, e70585.

23. Gahegan, M. (2009). *Visual exploration and explanation in geography: Analysis with light*. In H. J. Miller & J. Han (Eds.), *Geographic data mining and knowledge discovery (2nd ed., pp. 291-324)*. London: Taylor and Francis

24. <http://www.wunderground.com/about/background.asp>

25. Boyd, D., Crawford, K. (2012). *Critical Questions for Big Data. Information, Communication & Society*. Vol. 15, Iss. 5, 2012. DOI:10.1080/1369118X.2012.678878

Ф. Круз (F. Kruse; Военно-морская высшая школа, департамент физики и центр дистанционного зондирования, США)

Получил степень доктора в области геологии Colorado School of Mines в 1987 г. Работает в сфере дистанционного зондирования Земли более 30 лет. В настоящее время — профессор Военно-морской высшей школы, преподает курсы оптического и радарного дистанционного зондирования. Он изучает распределение и характер земной поверхности материалов. Он также является одним из разработчиков программного обеспечения для обработки и анализа данных ДЗЗ ENVI.

У. Боу (W. Vaughan; DigitalGlobe, США)

Получил степень магистра в области геологии в Университете штата Колорадо в 1995 г. Работал в качестве ассоциированного научного сотрудника в Национальном центре атмосферных исследований и более 15 лет в производственных организациях. В настоящее время является старшим научным сотрудником компании DigitalGlobe и занимается исследованием новых спектральных возможностей спутника WorldView-3 с целью поиска практических приложений.

С. Перри (S. Perry; Perry Remote Sensing, США)

Получила степень бакалавра в области геологии в Университете штата Индиана по специальности «структурная геология и геологическая аэрофотосъемка». После получения степени магистра геологии в Colorado School of Mines сосредоточилась на автоматизированном анализе космических снимков для целей разведки полезных ископаемых, включая углеводородные. Имеет более 30 лет опыта исследовательской работы, участвовала в научной группе ASTER и была ведущим консультантом при разработке сенсора SWIR спутника WorldView-3.

Тестирование данных сенсора SWIR спутника WorldView-3 для создания минералогических карт*

WorldView-3 — запущенный недавно (в августе 2014 г.) коммерческий мультиспектральный спутник сверхвысокого разрешения, имеющий восемь каналов для съемки в видимом и ближнем инфракрасном (ИК) (от 0,42 до 1,04 мкм) диапазонах и восемь — в коротковолновом ИК-диапазоне (от 1,2 до 2,33 мкм). Проведенный путем моделирования восьми каналов WorldView-3 в коротковолновом ИК-диапазоне анализ использования гиперспектральных изображений района Куприт, штат Невада, стал примером идентификации и картирования обширной группы минералов, в том

числе каолинита, алунита, баддингтонита, мусковита, кальцита и гидротермального кремнезема. Применение частичного разделения показало распространение минералов, сходное с картируемым по данным гиперспектральной съемки; оно обосновало потенциал использования WorldView-3 как значимого инструмента картирования минералов. Тем не менее анализ матрицы неточностей с принятием гиперспектральной съемки за наземные контрольные данные выявил некоторые сложности в распознавании по мультиспектральным данным спектрально сходных

* Перевод с английского языка. Оригинал статьи «Validation of DigitalGlobe WorldView-3 Earth imaging satellite shortwave infrared bands for mineral mapping» опубликован SPIE под лицензией Creative Commons Attribution 3.0 Unported (<http://remotesensing.spiedigitallibrary.org/article.aspx?articleid=2300382>), DOI: 10.1117/1.JRS.9.096044

минералов. Последующее картирование минералов района Куприт, штат Невада, по данным съемки спутника WorldView-3 за 19 сентября 2014 г. с обработкой по той же схеме показало, что работа сенсора соответствует ожиданиям. Анализ применения данных съемки в коротковолновом ИК-диапазоне для минерального картирования хорошо согласуется с результатами моделирования. Не будучи столь функциональными, как гиперспектральные сенсоры, 8 тщательно отобранных коротковолновых ИК-каналов WorldView-3 создают новые возможности для дистанционного картирования минералов, недоступные какой-либо другой космической мультиспектральной системе.

ВВЕДЕНИЕ

Запущенный 13 августа 2014 г. WorldView-3 — последний в созвездии коммерческих съемочных спутников сверхвысокого разрешения, разработанных компанией DigitalGlobe (Логмонт, штат Колорадо, США). Спутник WorldView-1 был запущен в 2007 г. и оснащен системой панхроматической съемки с пространственным разрешением 0,5 м. Спутник WorldView-2, запущенный в 2009 г., предоставляет панхроматические данные сверхвысокого разрешения с размером пикселя 0,46 м, а также снимки в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах (от 0,4 до 1,04 мкм) при пространственном разрешении 1,85 м и 8 мультиспектральных каналах. WorldView-3 — результат постепенного улучшения предшествующих сенсоров, обладающий фактически такими же возможностями съемки в панхроматическом, видимом и ближнем ИК-диапазонах (но пространственное разрешение 0,31 и 1,24 м соответственно). Их дополняют 8 каналов в коротковолновом ИК-диапазоне (именуемые в данной статье каналами

S1–S8), с длинами волн от примерно 1,2 до 2,33 мкм и пространственным разрешением 3,7 м (однако доступны данные с разрешением только 7,5 м). Эта система также включает 12 дополнительных каналов для коррекции атмосферных искажений CAVIS (Clouds, Aerosols, Water Vapor, Ice and Snow — «Облака, Аэрозоли, Водный пар, Лед и Снег») с разрешением 30 м. Все это в совокупности дает WorldView-3 преимущество в виде 29 спектральных каналов, охватывающих диапазон от видимого и ближнего ИК до коротковолнового ИК, и делает WorldView-3 единственным на орбите коммерческим мультиспектральным спутником ДЗЗ, снимающим в коротковолновом ИК-диапазоне с высоким разрешением.

В данной статье подведены итоги оценки использования 8 каналов в коротковолновом ИК-диапазоне (сенсор SWIR) для картирования минералов в хорошо изученном районе — Куприт, штат Невада. Горнодобывающий район Куприт расположен примерно в 200 км к северо-западу от Лас-Вегаса, штат Невада, США, вдоль шоссе 95. Район сложен разновозрастными породами — от кембрийских до третичных, известных интенсивными гидротермальными преобразованиями (рис. 1). С 1970 г. Куприт является тестовым участком для валидации мульти- и гиперспектральной съемки для минералогического и геологического картирования.

Для ознакомления с преобразованиями в Куприте на рис. 1а приведена карта, составленная по данным воздушной мультиспектральной съемки, традиционного полевого картирования и лабораторных исследований, модифицированная Национальной геологической службой США. Мы еще обратимся к ней. Нанесенные на карту зоны (окремненная, опализованная и аргиллизированная) соответствуют классическим описаниям преобразований, содержащих скорее ассоциации минералов, чем конкретные виды. Окремненные породы, согласно описаниям,

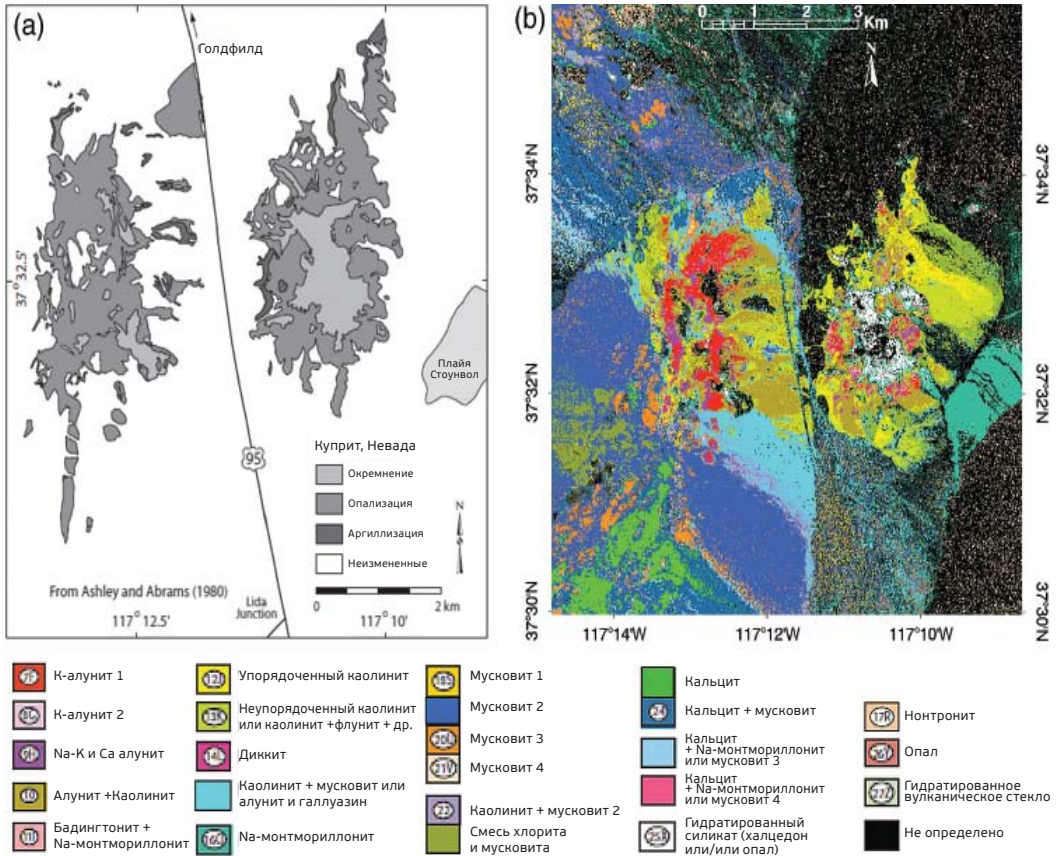


Рис. 1. а) Карта гидротермального преобразования района Куприт. б) Минералогическая карта района Куприт, составленная по материалам гиперспектральной съемки

содержат преимущественно кварц и халцедон, менее распространены алунит и каолинит, есть преобразованный кальцит. Опализованные породы (опалиты) содержат опал с разными количествами каолинита и алунита, небольшим содержанием кальцита. Аргиллизированные зоны обычно входят в опализованные или соседствуют с ними и содержат преимущественно кварц, непреобразованный санадин, опал, монтмориллонит и каолинит.

Приведенные на рис. 16 данные Национальной геологической службы США

получены воздушным спектрометром AVIRIS (Airborne visible/infrared imaging spectrometer), снимающим в видимом и инфракрасном диапазонах; они дают более детальное представление о минералогии пород дневной поверхности. Минералогическая карта геологической службы — это обобщенное представление о минералах, основанное на использовании экспертных систем для сопоставления спектральных характеристик и форм. Оно подтверждено полевыми проверками, рентгенографией минералов и спектральными лабораторными

измерениями. Спектральная карта включает определение и отображение нескольких минеральных ассоциаций, а также информацию о минеральном составе, степени кристаллизации, спектральном смешивании относительно выбранного из библиотеки спектра. Хотя все это дает исчерпывающую информацию о минералогии Куприта, отметим, что большинство гиперспектральных алгоритмов не производят карты соответствующего уровня детальности, поэтому для данного исследования выбраны более общие классы минералов. Обширные группы ключевых минералов проще определить; в их числе каолиниты, алуниты, баддингтониты, мусковиты, карбонаты и некоторые типы силикатов. Отметим, что большинство алгоритмов картируют для каждого пикселя только спектрально доминирующие минералы. Этот подход и адаптирован для данного исследования.

Представленные здесь результаты развивают проведенное ранее исследование, в котором гиперспектральные данные стали основой моделирования данных WorldView-3 и прогноза эффективности минералогического картирования по ним. Картографические продукты на основе WorldView-3 получены по той же методологии и алгоритмам, что и прогнозные, с которыми провели прямое сравнение. Сравнение показало, что способность картировать отдельные ключевые минералы Куприта по данным WorldView-3 соответствует прогнозной. В целом замеры в коротковолновом ИК-диапазоне подходят для минералогического картирования и дают беспрецедентно высокое пространственное разрешение и мультиспектральные возможности.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ WORLDVIEW-3

В предварительном прогнозном исследовании возможности применения WorldView-3

для спектрального минералогического картирования для моделирования данных коротковолнового ИК-диапазона были использованы данные AVIRIS. Их опробовали и привели в соответствие 8 выбранным каналам WorldView-3 с пространственным разрешением 3,7 и 7,5 м; по характерным спектральным сигнатурам, полученным для известных участков распространения минералов, на карту нанесли отдельные минералы. Результат показал, что спектральные каналы WorldView-3 позволят идентифицировать и картировать некоторые ключевые минералы; однако существует вероятность возникновения ошибок мультиспектрального картирования в случае спектрально сходных минералов.

Данные AVIRIS и обработка

Точкой отсчета для проведенного ранее моделирования каналов коротковолнового ИК-диапазона и минералогического картирования стали спектральные энергетические яркости, полученные сенсором AVIRIS и собранные Лабораторией реактивного движения NASA в октябре 2010 г. Пространственное разрешение данных — 3 м. AVIRIS — это съемочный спектрометр (гиперспектральная съемочная система), измеряющий яркость в диапазоне от 0,4 до 2,5 мкм по 224 каналам со спектральным разрешением примерно 10 нм и варьирующим в зависимости от высоты полета пространственным разрешением (от 2 до 20 м). В данной работе использовали 86 коротковолновых ИК-каналов в промежутке от 1,2 до 2,5 мкм с пространственным разрешением 3 м.

Данные AVIRIS были корегистрированы с ортотрансформированными снимками радиометра ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) и отобраны для анализа при исходном разрешении WorldView-3 в 3,7 м и предлагаемом производителем — 7,5 м. Затем в про-

грамме ACORN была проведена атмосферная коррекция; в дальнейшем данные очистили по полевым калибровочным спектрам. Это позволило провести прямое сравнение лабораторных и полевых спектров (спектральных библиотек) как визуальными, так и автоматизированными методами. Из данных извлекли характерные средние гиперспектральные сигнатуры отражения распространенных минералов, важных для понимания общей геологии и гидротермальных изменений района Куприт, нанесли на карту изученные выходы минералов (рис. 2а), используя алгоритм частичного разделения с помощью фильтра по эталонам, адаптированного к спектральной смеси (mixture-tuned-matched filter (MTMF) partial unmixing algorithm) (рис. 2б).

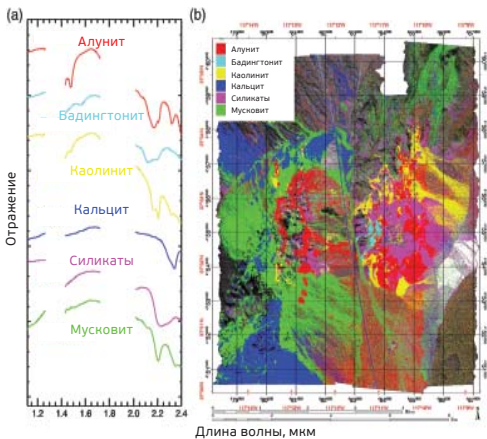


Рис. 2. а) Средний коротковолновый ИК-спектр, полученный по данным воздушного спектрометра AVIRIS; пространственное разрешение для выбранных «участков интереса» (regions of interest — ROI) с известным минералогическим составом — 7,5 м. б) Минералогическая карта, построенная по алгоритму MTMF, показывает преобладающий в спектре каждого конкретного пиксела данных AVIRIS минерал

Данные AVIRIS проанализировали, используя стандартный подход — линейную трансформацию с минимальным коэффициентом шума, чтобы убрать шумы, а затем применили MTMF. Традиционно используемый

с гиперспектральными данными, этот метод находит известные спектральные сигнатуры при наличии смешанного или неизвестного фона (рис. 3). MTMF также называют «частичным разделением», поскольку он не требует знания всего спектра и каждый индивидуальный материал может быть выделен независимо от состава фона. MTMF объединяет лучшие качества классического фильтра по эталонам (matched filter — MF) и ограничения применимости смешения спектров. Он позволяет как определить отдельные минералы, так и оценить их распространенность в пикселах путем вычисления двух параметров: уровня согласованности и уровня недопустимости.

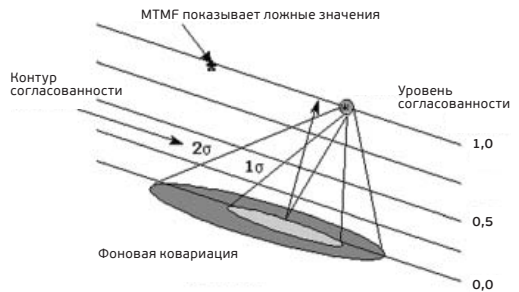


Рис. 3. Концептуальная схема MTMF иллюстрирует идентификацию и количественную оценку известного целевого спектра при наличии неоднородного фона. Более высокие уровни согласованности (от 0,0 до 1,0 или от 0 до 100%) показывают, что в выбранном пикселе преобладает спектр целевого материала. Низкие уровни недопустимости (образующие конические области 1σ, 2σ и т. д.) ограничивают спектральную сигнатуру контекстом смешения фоновой и целевой сигнатур. Лучшие спектральные совпадения можно картировать при условии высокого уровня согласованности и низкого уровня недопустимости

Эти атрибуты, как правило, используются для определения частоты появления и спектральной распространенности минералов в каждом пикселе набора данных спектрального изображения. Уровень согласованности показывает спектральную распространенность материала, а уровень недопустимости сообщает, является ли

замер пригодной для обработки смесью фона и искомой сигнатуры. Для выявления подходящих смесей обычно применяются диаграммы рассеяния, однако это довольно субъективная оценка.

В данном исследовании для взаимной стандартизации наборов данных выбрали «Соотношение допустимости МТМФ» (уровень согласованности/уровень недопустимости). Все данные, которые прошли обработку МТМФ, ограничили пороговыми значениями так, чтобы они отражали только лучшее совпадение с минералом (один материал на один пиксель) с соотношением допустимости МТМФ более 0.025. Данные AVIRIS показывают только преобладающий минерал [рис. 2(б)], и затем их можно было сравнить с модельными данными WorldView-3. Классы минералов, картированные по AVIRIS, в общем, согласуются с основными группами минералов и выходов, отраженных на ранее опубликованных картах гидротермального преобразования и минералогических картах, составленных по материалам гиперспектральной съемки (рис. 1). Чтобы обеспечить сопоставимость результатов, метод картирования по МТМФ, примененный к данным AVIRIS и прогнозным данным WorldView-3, впоследствии применили к орбитальным данным WorldView-3.

Моделирование данных WorldView-3

Модельные амплитудно-частотные характеристики в коротковолновом ИК-диапазоне создали по спецификациям и общим передаточным функциям, предоставленным DigitalGlobe (табл. 1). Данные AVIRIS опробовали в соответствии с каналами WorldView-3, используя прогнозные полосы пропускания, которые были схожи с измеренными на реальном спутнике WorldView-3, запущенном на орбиту в 2014 г. (табл. 1, рис. 4). Модельные спектральные данные путем агрегации (осреднения) пикселей привели к пространственному разрешению 3,7 и 7,5 м. Для тестов использовали данные с разрешением 7,5 м. Средние спектры отражения выбранных минералов в коротковолновом ИК-диапазоне получили из прогнозных данных WorldView-3, взяв за основу известные участки местности (те же точки, что и для данных AVIRIS) (рис. 5а). Спектральные сигнатуры загрузили в МТМФ, чтобы провести сопоставление сигнатур и картировать участки (рис. 5б). Результаты визуально сопоставили со средними спектрами AVIRIS и картой, приведенной на рис. 2.

Несмотря на то что в Куприте проводились многочисленные кампании по дистанционному зондированию, полностью проверенных наземных контрольных данных для

Идентификатор канала КИК-диапазона	WorldView-3 (прогнозные данные)	Идентификатор канала КИК-диапазона
Канал S1	1,2097	1,2091
Канал S2	1,5695	1,5716
Канал S3	1,6495	1,6611
Канал S4	1,7295	1,7295
Канал S5	2,1645	2,1637
Канал S6	2,2045	2,2022
Канал S7	2,2594	2,2593
Канал S8	2,3291	2,3292

Табл. 1. Сравнение прогнозных и реальных каналов WorldView-3 в коротковолновом ИК-диапазоне. Полные амплитудно-частотные характеристики запущенного спутника WorldView-3 (измерены до запуска) показаны на рис. 4.

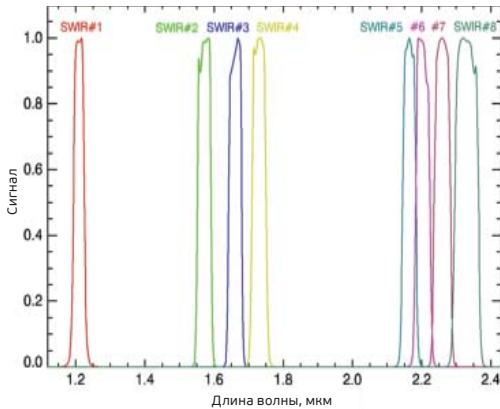


Рис. 4. Амплитудно-частотные характеристики коротковолнового ИК-диапазона спутника WorldView-3 (26 сентября 2013 г.)

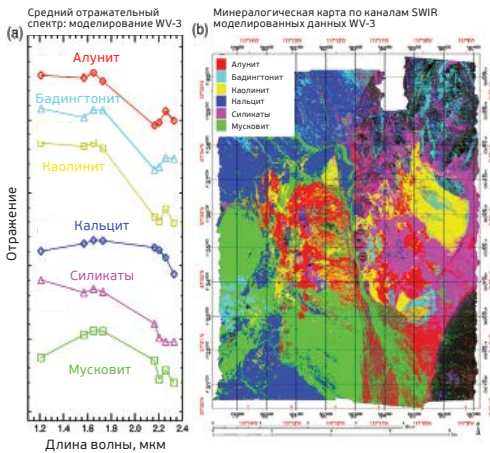


Рис. 5. а) Средний отражательный спектр, полученный из прогнозных данных WorldView-3 в ИК-диапазоне с пространственным разрешением 7,5 м для «участков интереса» с известной минералогией. б) Минералогическая карта МТМФ, показывающая преобладающие в спектре каждого пикселя минералы. (Сравните с данными AVIRIS — рис. 2.)

этого района нет — самые лучшие, детальные минералогические карты построены по гиперспектральной съемке (рис. 16). Нанесенные на карту в рамках данного исследования классы минералов основаны на данных AVIRIS, они в целом соответствуют главным группам минералов, их распространение согласуется с ранее опубликованными

картами гидротермального изменения и гиперспектральными минералогическими картами (рис. 1). Чтобы провести валидацию, описанные минералогические карты AVIRIS (рис. 26) были взяты за наземные контрольные данные, по ним оценили поведение WorldView-3. Можно было провести прямое сравнение спектрального и пространственного охвата, а также пространственного разрешения этих данных.

Визуальное сопоставление двух минералогических карт показало хорошую сходимость (рис. 26 и 56). Матрицу неточностей вычислили, приняв за наземные контрольные данные материалы AVIRIS: картирование по ним сравнили с результатами обработки данных WorldView-3. Точность составила 50,92%, а коэффициент Каппа для попиксельного сопоставления картографических продуктов, полученных по AVIRIS и WorldView-3, равен 0,38 (табл. 2). Значения в диагональных ячейках матрицы неточностей показывают: модельные данные WorldView-3 лучше всего подошли для обнаружения и картирования баддингтона, кальцита и силикатов. Тем не менее оценки ошибок комиссии и оmissии (табл. 2) свидетельствуют об обнаружении баддингтона там, где его не увидел AVIRIS (рис. 26 и 56). Из табл. 2 видно, что значительное количество ошибок во всех классах минералов приурочено к неклассифицированным зонам, а значит, большинство ошибок — не сложности определения конкретного материала, а невозможность выявления его по мультиспектральным данным, что предположительно связано с тем, что модельные данные WorldView-3 не сохраняют ключевые спектральные особенности из-за низкого спектрального разрешения. Кроме того, табл. 2 показывает, что для существующих каналов и спектральном разрешении модельных данных WorldView-3 есть значительное сходство между

Класс	Неопределенный	Алунит	Бадингтонит	Каолин	Кальцит	Силикат	Мусковит	Итого:
Неопределенный	45,39	16,92	1,21	18,50	2,61	10,73	11,44	28,11
Алунит	4,30	34,69	0,26	3,55	2,06	0,32	3,75	7,45
Бадингтонит	13,72	4,20	73,54	8,91	2,23	9,39	3,51	9,30
Каолин	6,24	14,14	20,76	46,84	4,03	8,49	14,47	11,55
Кальцит	11,46	5,34	0,71	6,53	82,44	0,50	5,79	15,60
Силикат	10,13	6,77	3,26	7,08	2,31	67,93	5,13	10,89
Мусковит	8,56	17,95	0,26	8,59	4,31	2,65	55,90	17,10
Итого:	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Класс	Комиссия (%)	Омиссия (%)	Точность производителя	Точность пользователя
Неопределенный	22,13	54,41	45,59	77,87
Алунит	42,75	65,31	34,69	57,25
Бадингтонит	97,46	26,46	73,54	2,54
Каолин	70,28			
Кальцит	49,10			
Силикат	67,31			
Мусковит	43,86			

Примечание: синим отмечена корреляция между прогнозными данными WorldView-3 и AVIRIS.

Табл. 2. Матрица ошибок и дополнительная статистика сравнения прогнозных данных WorldView-3 (вертикальная ось) с данными спектрометра AVIRIS, обработанными по алгоритму частичного разделения с помощью фильтра по эталонам, адаптированного к спектральной смеси (МТМФ) (горизонтальная ось). Точность 50,92%, коэффициент Каппа равен 0,3843

алунитом, каолинитом и мусковитом, а также между бадингтонитом и каолинитом.

Исключение неклассифицированных пикселей из матрицы неточностей повышает общую точность до 63,43%, а коэффициент Каппа — до 0,54 (табл. 3). Улучшаются диагонали матрицы неточностей, проще оценивать ошибки комиссии и омиссии для конкретных минералов. Бадингтонит, каолинит и силикаты чаще других картируются неверно. Пиксели алунита, каолинита и мусковита из данных AVIRIS в картографических продуктах по модельным данным WorldView-3, обработанным МТМФ, чаще всего отсутствуют.

Некоторые минералы по каналам коротковолнового ИК-диапазона WorldView-3 определяются лучше. Проверка матриц неточностей показала, что велика эффектив-

ность картирования кальцита, бадингтонита и силикатов. Но сходство минералов с близкими спектрами в КИК сохраняется, так как при высоком спектральном разрешении алунит, каолинит и мусковит имеют характерные спектральные особенности в районе 2,2 мкм (рис. 2а).

РЕАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ WORLDVIEW-3: АЛГОРИТМ «ЭМПИРИЧЕСКОЙ ЛИНИИ», МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ И СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Данные WorldView-3 на район Куприт были получены 19 сентября 2014 г., их пространственное разрешение 3,7 м. Данные в коротковолновом ИК-диапазоне компания DigitalGlobe привела к пространственному разрешению 7,5 м и объединила с данными видимого и ИК-диапазона

Класс	Неопределенный	Алунит	Бадингтонит	Каолин	Кальцит	Силикат	Мусковит	Итого:
Неопределенный								
Алунит		41,75	0,26	4,36	2,12	0,35	4,23	11,76
Бадингтонит		5,06	74,44	10,94	2,29	10,52	3,96	5,94
Каолин		17,02	21,01	57,47	4,14	9,51	16,34	18,70
Кальцит		6,42	0,72	8,01	84,65	0,56	6,54	22,06
Силикат		8,14	3,30	8,69	2,37	76,09	5,80	13,17
Мусковит		21,60	0,26	10,53	4,43	2,97	63,13	28,38
Итого:		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Класс	Комиссия (%)	Омиссия (%)	Точность производителя	Точность пользователя
Неопределенный				
Алунит	20,80	58,25	41,75	79,20
Бадингтонит	91,30	25,56	74,44	8,70
Каолин	59,88	42,53	57,47	40,12
Кальцит	21,37	15,35	84,65	78,63
Силикат	40,91	23,91	76,09	59,09
Мусковит	26,10	36,87	63,13	73,90

Примечание: синим отмечена корреляция между прогнозными данными WorldView-3 и AVIRIS.

Табл. 3. Матрица ошибок и дополнительная статистика сравнения WorldView-3 прогнозных данных WorldView-3 (вертикальная ось) с данными спектрометра AVIRIS, обработанными по алгоритму частичного разделения с помощью фильтра по эталонам, адаптированного к спектральной смеси (MTMF) (горизонтальная ось). Неклассифицируемые пиксели удалены. Точность 63,43%, коэффициент kappa 0,5406

с разрешением 1,6 м методом ближайшего соседа. Получился 16-канальный куб данных. DigitalGlobe провела атмосферную коррекцию набора спектральных энергетических яркостей по алгоритму «эмпирической линии», для расчета взяты гиперспектральные данные AVIRIS за октябрь 2010 г. Данные AVIRIS предварительно прошли атмосферную коррекцию в модели FLAASH. По обработанным в FLAASH спектральным яркостям светлых и темных объектов (плайя и базальт соответственно) и спектрам тех же материалов/участков на снимках WorldView-3 построили модель линейной регрессии (алгоритм «эмпирической линии», вычисление и коррекция). Яркости каждого канала WorldView-3 сопоставили с известными яркостями AVIRIS (отметим, что DigitalGlobe планирует провести программную атмосферную коррекцию WorldView-3,

чтобы реализовать потенциал каналов CAVIS, но для материалов данного исследования она была недоступна). По данным коротковолнового ИК-диапазона WorldView-3 были получены репрезентативные спектральные яркости известных минералов для тех участков, которые не удалось картировать по AVIRIS и модельным данным WorldView-3. Минералогическое картирование провели по стандартному алгоритму MTMF; результаты картирования по спутниковым данным WorldView-3 сопоставили с работами по AVIRIS и модельным данным WorldView-3.

Сопоставление съемок в коротковолновом ИК-диапазоне

По данным AVIRIS, модельного и реального WorldView-3 построили цветные

композиты КИК-диапазона; выбрали каналы 1,65, 2,20 и 2,33 мкм (RGB) (рис. 6). Те районы, которые предположительно прошли преобразование, соответствуют пикселям пурпурного и красного цветов. Согласно источникам, преобразованный минерал алунит (линия поглощения около 2,16 мкм) показан темно-пурпурным цветом, а аргиллизированные районы (с высоким содержанием каолинита) и участки с мусковитом (линия поглощения — 2,2 мкм) — более чистыми красным и розовым цветами. Обратите внимание на значительное визуальное сходство цветных композиций AVIRIS, модельных и реальных данных WorldView-3 (рис. 6).

Сравнение спектральных образов изученных участков

Спектральные образы, полученные для каждого из трех наборов данных для «участков интереса», показали хорошую сопоставимость между спектрами AVIRIS, модельного и реального WorldView-3 (рис. 7).

Все спектры имеют ожидаемую форму и показывают ключевые особенности поглощения; во всех классах ошибка

составила менее 5%. Согласованность почти всех спектров находится в пределах 2%. Реальные спектры WorldView-3 хорошо описывают минералогию Куприта, ожидаемый спектр очень схож с модельным спектром WorldView-3, созданным по AVIRIS. Ключевые особенности, присутствующие в спектре WorldView-3, включают линии поглощения на 2,2 и 2,3 мкм для мусковита (рис. 7а), 2,33 мкм для кальцита (рис. 7б), асимметричную линию 2,2 мкм для каолинита (рис. 7в), 2,16 мкм для алунита (рис. 7г) и широкое «плечо» в районе 2,25 мкм для силикатов (рис. 7д). У баддингтонита различима линия поглощения в районе 2,1 мкм, но она смещена на 2,2 мкм, потому что у WorldView-3 нет канала с позицией 2,1 мкм (рис. 7е). Совокупность этих спектральных образов создает основу для картирования минералов района Куприт по алгоритму MTMF.

Сравнение минералогических карт, построенных по данным, обработанным по алгоритму MTMF

Спектральные яркости орбитального сенсора WorldView-3 для определенных минералов были получены на изученных

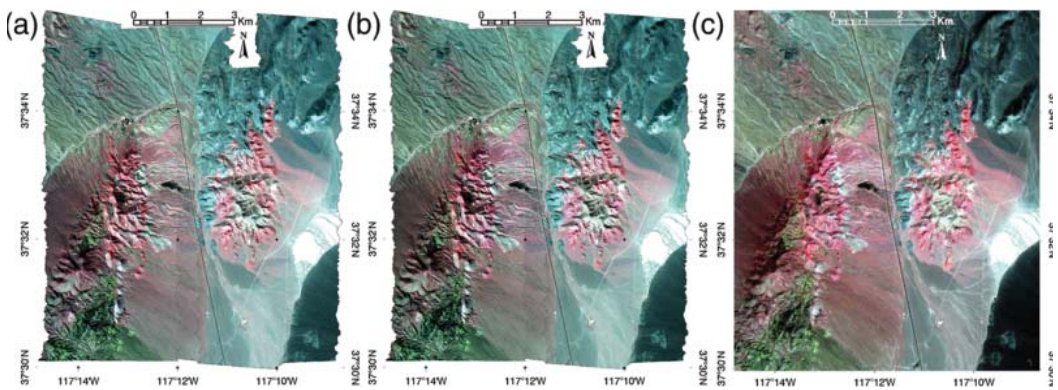


Рис. 6. Цветной (RGB) композит коротковолнового ИК-диапазона; использованы: а) каналы 137, 194, 207 (1,652, 2,198, 2,327 мкм) каналы AVIRIS; б) каналы S3, S6, S8 (1,65, 2,20, 2,33 мкм) модельных данных WorldView-3; в) каналы S3, S6, S8 (1,661, 2,202, 2,329 мкм) спутниковых данных WorldView-3

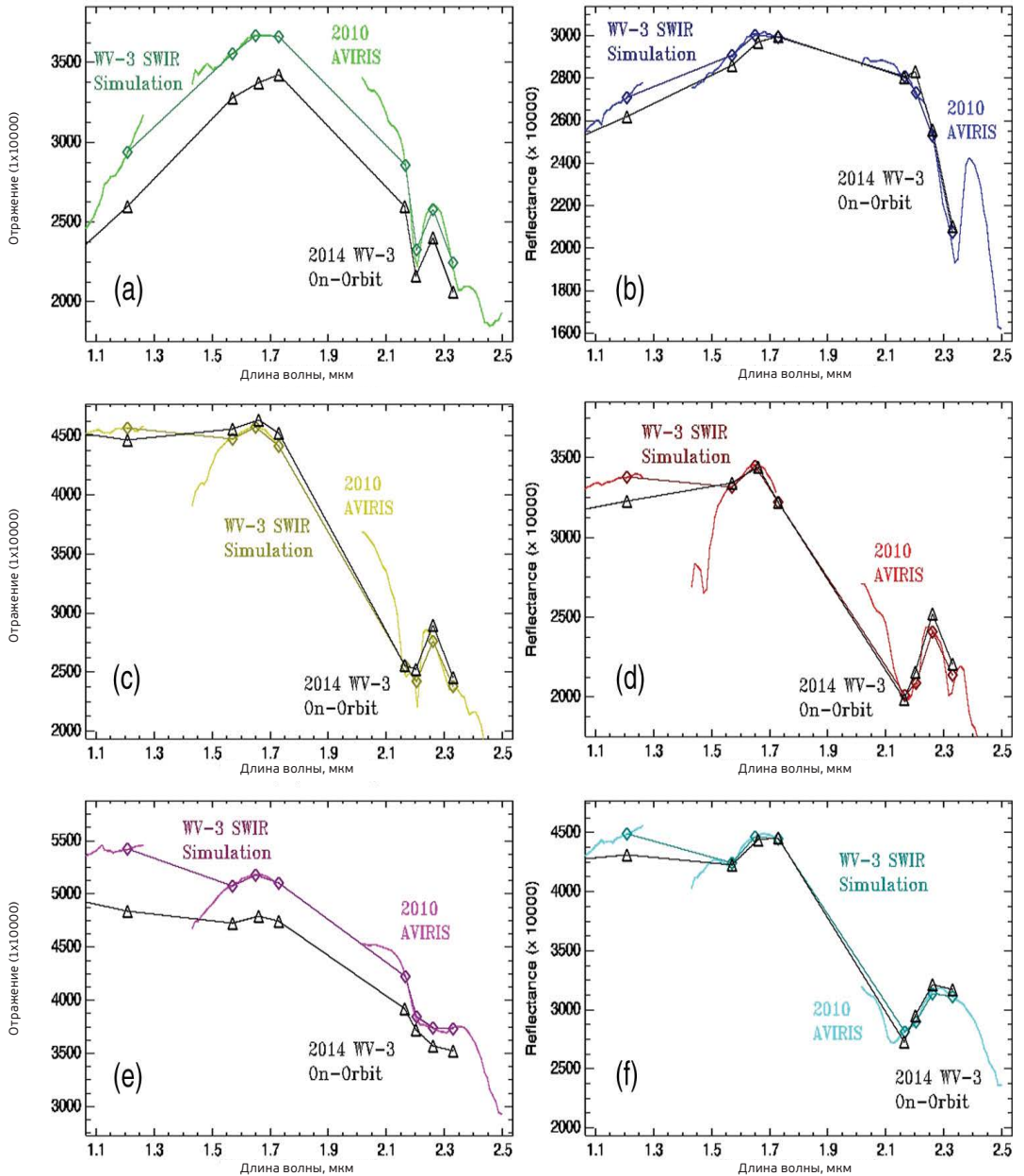


Рис. 7. Сопоставление спектральных образов в коротковолновом ИК-диапазоне участков с известной минералогией, полученных по трем наборам данных (AVIRIS, модельные и прогнозные данные WorldView-3): а) мусковит; б) кальцит; в) каолинит; г) alunит; д) гидротермальные силикаты; е) баддингтонит. Цветные символы показывают спектры WorldView-3, практически совпадающие со спектрами AVIRIS, но с меньшим количеством каналов

«участках интереса» (рис. 7), они легли в основу карты пространственного распространения минералов (рис. 8в). Было проведено визуальное сравнение этой карты, и MTMF-обработки данных AVIRIS (рис. 8а) и модельных данных WorldView-3 (рис. 8б). Реальные данные WorldView-3 (рис. 8в) в целом совпадают с результатом картирования по модельным данным (рис. 8б). В некоторых аспектах они даже более согласуются с картами AVIRIS, т. е. работают эффективнее, чем показал прогноз. Выяснилось, например, что реальный сенсор WorldView-3 подходит для картирования баддингтонита и каолинита лучше, чем предполагала модель. Отметим, что распространение баддингтонита на карте по WorldView-3 ограничено и лучше согласуется с картой по AVIRIS (голубые зоны, расположенные ближе к центру левого изображения), в то время как модельные данные WorldView-3 дали более обширное распространение баддингтонита в районах, сложенных алунитом или неидентифицируемых (голубые зоны ближе к верхней части центрального изображения и ближе к краю правой части рис. 8).

Сравнительная статистика

Повторимся, гиперспектральные данные AVIRIS являются основой самых детальных минералогических карт района Куприт. Сравнение минералогической карты по AVIRIS и карты по реальным данным WorldView-3, обработанным MTMF, показывает, что картированные классы минералов в целом согласуются с ключевыми группами минералов и их распространением, отраженным на выпущенных ранее и гиперспектральных картах.

Минералогическая карта по AVIRIS приведена на рис. 2б и 8а. Она заменила наземные контрольные данные для оценки свойств WorldView-3 (рис. 8в). Матрицы неточностей были рассчитаны по AVIRIS в качестве наземных контрольных данных, затем была проведена оценка пригодности для картирования конкретных преобразованных минералов. Эффективность реальных данных WorldView-3 (табл. 4) в целом совпала с прогнозируемой (табл. 2). Хотя визуальное сопоставление двух минералогических карт говорит о хорошей сходимости, более детальная проверка матриц неточностей (табл. 4) показала, что точность равна 55,90%,

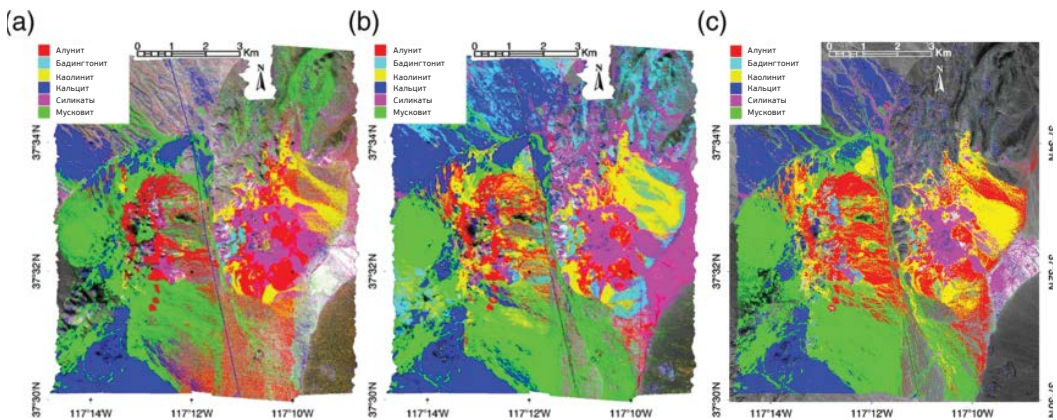


Рис. 8. Минералогическая карта, составленная по: а) данным AVIRIS, обработанным по алгоритму MTMF; б) прогнозным данным WorldView-3; в) реальным данным WorldView-3.

коэффициент Каппа при попиксельном сравнении карт составил 0,39. Значения в диагональных клетках матрицы неточностей показывают: реальные данные WorldView-3 лучше всего подходят для идентификации и картирования кальцита и мусковита. Дальнейшая оценка ошибок комиссии и оmissии свидетельствует о том, что WorldView-3 позволяет картировать больше бадингтонита, чем AVIRIS. Для реальных данных WorldView-3 это менее заметно — только 16 263 пикселей (2%) были признаны бадингтонитом в неклассифицируемых по AVIRIS местах, для сравнения — в модельных данных таких пикселей было 109 827 (14%). Кроме того, при картировании по данным с запущенного на орбиту спутника WorldView-3 велики ошибки комиссии для каолинита и алунита. Большинство ошибок вызваны картирова-

нием неклассифицируемых по AVIRIS пикселей (рис. 4). В целом у WorldView-3 серьезные ошибки оmissии почти для всех картируемых минералов, показывающие, что во многих случаях нельзя идентифицировать минералы по мультиспектральным данным с обработкой алгоритмом MTMF. Эти ошибки похожи на выявленные при моделировании WorldView-3. Табл. 4 показывает, что при существующих амплитудно-частотных характеристиках и спектральном разрешении WorldView-3 при картировании часто возникает путаница между алунитом, каолинитом и мусковитом. Это наиболее часто происходит на аллювиальных конусах, где смешиваются все три минерала. Возникает путаница между бадингтонитом и каолинитом, вероятно, потому, что у WorldView-3 нет спектрального канала именно для линии

Класс	Неопределенный	Алунит	Бадингтонит	Каолин	Кальцит	Силикат	Мусковит	Итого:
Неопределенный	65,63	26,48	10,33	29,18	14,05	35,26	24,25	44,30
Алунит	7,13	35,02	13,07	13,41	2,86	4,48	6,30	10,35
Бадингтонит	2,03	1,57	36,72	1,93	0,82	3,70	1,00	1,87
Каолин	4,72	16,97	36,67	40,14	4,36	15,71	9,97	10,37
Кальцит	6,77	2,11	0,90	2,82	62,52	1,68	4,48	10,60
Силикат	3,36	2,16	0,88	2,77	1,39	36,71	1,11	4,33
Мусковит	10,36	15,68	1,44	9,76	14,00	2,46	52,88	18,18
Итого:	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Класс	Комиссия (%)	Оmissия (%)	Точность производителя	Точность пользователя
Неопределенный	28,88	34,37	65,63	71,12
Алунит	58,38	64,98	35,02	41,62
Бадингтонит	93,70	63,28	36,72	6,30
Каолин	71,62	59,86	40,14	28,38
Кальцит	43,19	37,48	62,52	56,81
Силикат	55,60	63,29	36,71	44,40
Мусковит	50,05	47,12	52,88	49,95

Примечание: синим отмечена корреляция между прогнозными данными WorldView-3 и AVIRIS.

Табл. 4. Матрица ошибок и дополнительная статистика сравнения орбитальных данных WorldView-3 (вертикальная ось) с данными спектрометра AVIRIS (горизонтальная ось). Точность 55,90%, коэффициент Каппа 0,3902

Класс	Неопределенный	Алунит	Бадингтонит	Каолин	Кальцит	Силикат	Мусковит	Итого:
Неопределенный								
Алунит		47,64	14,58	18,94	3,33	6,92	8,32	17,67
Бадингтонит		2,14	40,95	2,72	0,95	5,72	1,32	2,29
Каолин		23,08	40,89	56,68	5,07	24,26	13,16	20,67
Кальцит		2,88	1,00	3,98	72,24	2,60	5,91	18,74
Силикат		2,93	0,98	3,91	1,52	56,71	1,47	6,94
Мусковит		21,33	1,60	13,77	16,29	3,79	69,81	33,69
Итого:		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Класс	Комиссия (%)	Омиссия (%)	Точность производителя	Точность пользователя
Неопределенный				
Алунит	37,81	52,36	47,64	62,19
Бадингтонит	86,86	59,05	40,95	13,14
Каолин	63,68	43,32	56,68	36,32
Кальцит	18,05	27,26	72,74	81,95
Силикат	29,26	43,29	56,71	70,74
Мусковит	31,24	30,19	69,81	68,76

Примечание: синим отмечена корреляция между прогнозными данными WorldView-3 и AVIRIS.

Табл. 5. Матрица ошибок и дополнительная статистика сравнения орбитальных данных WorldView-3 (вертикальная ось) с данными спектрометра AVIRIS (горизонтальная ось). Неклассифицируемые пиксели удалены. Точность 62,23%, коэффициент Каппа 0,5122

поглощения бадингтонита в районе 2,11 мкм. Результаты также схожи с прогнозными.

Удаление неклассифицируемых пикселей повышает общую точность до 62,23%, а коэффициент Каппа — до 0,51 (табл. 5). Диагонали матрицы неточностей заметно улучшаются, ошибки комиссии и омиссии уточняются для конкретных минералов. В ходе моделирования отмечено, что бадингтонит, каолинит и силикаты чаще остальных картируются как другие минералы. Тем не менее реальные ошибки комиссии и омиссии больше, чем предсказывала модель.

Другие подходы и продукты

Хотя WorldView-3 — мультиспектральный спутник, мы сравнили его эффективность с эффективностью гиперспектрального

сенсора AVIRIS при минералогическом картировании прямым методом. Сделано это, чтобы провести границу применимости. Данное исследование показало, например, что благодаря хорошо подобранным параметрам каналов коротковолнового ИК-диапазона WorldView-3 позволяет картировать некоторые минералы по их спектральным сигнатурам. Есть и другие методы, подходящие для мультиспектрального анализа, при помощи которых можно получить уникальные и полезные картографические продукты. Некоторые приведенные здесь примеры иллюстрируют такие методы.

Композиты по многоспектральным отношениям долгое время используются для выделения формы спектральных сигнатур по мультиспектральным данным. Они сокращают воздействие на классификацию затенения,

тени и шума. Для WorldView-3 коэффициенты контрастности в видимом и ближнем ИК-диапазоне в сочетании с соотношением каналов S3/S5 (1,66/2,20 мкм) дают возможности, сравнимые с цветными композитами Landsat, в том числе по соотношению 5 и 7 (1,65 и 2,20 мкм) каналов коротковолнового диапазона Thematic Mapper, но пространственное разрешение у них лучше. Хорошо подобранные каналы WorldView-3 коротковолнового ИК-диапазона также создают широкий спектр возможностей для геологического картирования основных интересующих материалов по соотношениям каналов. Например, соотношения коротковолновых ИК-каналов S5/S6 (2,16/2,20 мкм) и S7/S6 (2,26 /2,20 мкм) используются вместе для подчеркивания особенностей спектрального поглощения в районе 2,2 мкм. Соотношение каналов S7/S8 (2,26/2,33 мкм) и S7/S6 (2,26/2,20 мкм) выявляет распространение материалов с особенностями поглощения в районе 2,33 мкм и формирует спектральный градиент для таких материалов, как алузит. Сочетание S5/S6, S7/S6 и S7/S8 (RGB) в цветном композите позволяет картировать,

например, мусковит (светло-красный), алузит и связанные с ним минералы (светло-зеленый) и карбонаты (синий) (рис. 9а). Оранжевая область в середине правой части отражает распределение гидротермальных силикатов. Чтобы найти разные минералы или специфические материалы, определить или маскировать растительность, водные объекты, можно создать другие соотношения как видимого и ИК, так и коротковолновых ИК-каналов.

Цветные композиты из трех спектральных каналов в цветовом пространстве RGB – это простые трехканальные цветные изображения, которые создают на основе известных отражательных свойств интересующих материалов. Определить ключевые материалы можно стратегически, подбирая каналы для отображения в RGB, основываясь на спектральных особенностях и характеристиках интересующих материалов. Используя каналы, подчеркивающие особенности поглощения, можно создать цветной композит, в котором выбранный материал/материалы будет показан заранее выбранным цветом/палитрой. Вертикальные цветные линии на рис. 9б показывают каналы RGB, использованные

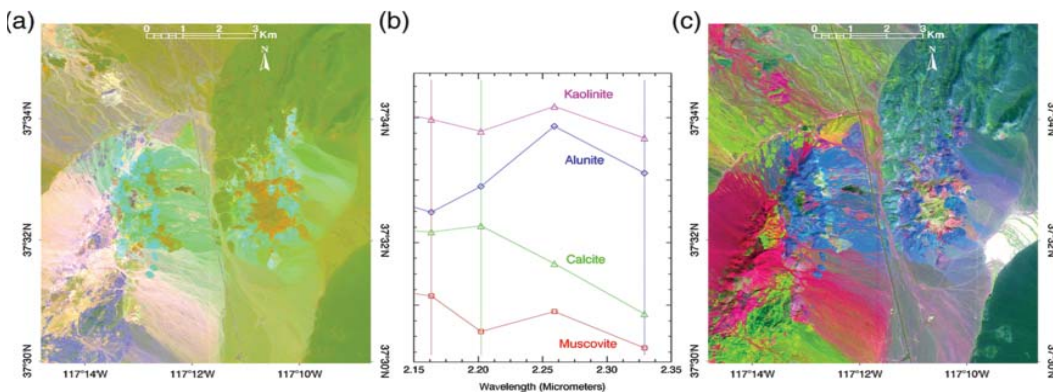


Рис. 9. а) Спектральные соотношения НИК-каналов WorldView-3: S5/S6, S7/S6, S7/S8 (2,16/2,20 мкм, 2,26/2,20 мкм, 2,26/2,33 мкм) в качестве RGB; б) репрезентативные спектры WorldView-3; в) цветной композит коротковолновых ИК-каналов S5, S6, и S8 (2,16; 2,20; 2,33 мкм) в качестве RGB. Насыщенность цветов правого изображения повысили путем декорреляционного растяжения (оттенки не изменены). Цветные вертикальные линии на спектральной диаграмме (б) показывают каналы, видимые как RGB на композите в). Спектральные диаграммы используют для разработки соотношений цветов и создания цветных композитов, чтобы показать интересные материалы заранее выбранными цветами

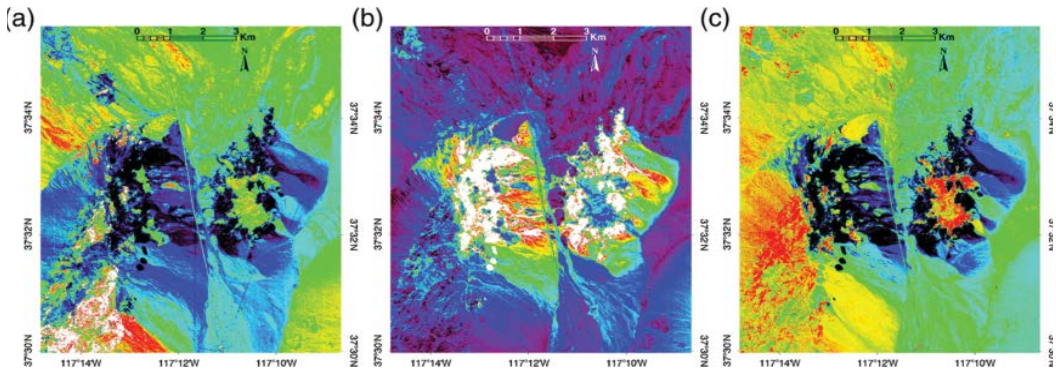


Рис. 10. Отдельные минералогические индексы для КИК-диапазона, рассчитанные по реальным данным WorldView-3 data. а) Карбонатный индекс WorldView-3 (здесь определен как $[S6/(S7+S8)]$ или $2,20 \text{ мкм} / (2,26 \text{ мкм} + 2,33 \text{ мкм})$; выходы карбонатов показаны красным или белым; б) Индекс alunite/kaolinite/pyrophyllite (определен Национальной геологической службой США как относительная глубина изображения (relative band depth — RBD) по соотношению каналов ASTER ($S4+S6$)/ $S5$, здесь адаптированы для КИК-каналов WorldView-3 как $(S5+S7)/S6$ или $[1,66 \text{ мкм} + 2,20 \text{ мкм} / 2,16 \text{ мкм}]$; участки распространения этих минералов белые на зеленом фоне; в) AL-OH group composition index [определен Австралийским агентством по науке по каналам ASTER: $(S5+S7)/S6$, адаптирован для КИК-каналов WorldView-3 как $(S5+S7)/S6$ или $(2,16 \text{ мкм} + 2,26 \text{ мкм}) / 2,20 \text{ мкм}$]; синий соответствует каолиниту или богатым алюминием слюдам (мусковит, иллит, паразонит, пирофиллит, бейделлит); красный — обедненным алюминием, но богатым кремнием белым слюдам (фенгит) или монтмориллониту.

для создания цветного композита КИК-каналов спутника WorldView-3 — S5, S6 и S8 (2,16; 2,20; 2,33 мкм) (рис. 9в). Насыщенность цветов повысили путем декорреляционного растяжения. Мусковит стал красным из-за сильного отражения в канале S5 (2,16 мкм), малой доли синего и зеленого из-за поглощения в канале S6 (2,20 мкм) и слабого отражения в S8 (2,33 мкм). Каолинит лиловый из-за большого вклада канала S5 (2,16 мкм) и влияния синего и зеленого каналов S8 (2,33 мкм) и S6 (2,20 мкм) соответственно. Карбонаты (кальцит) на рис. 9в желто-зеленые благодаря сильному отражению в каналах S5 (2,16 мкм) и S6 (2,20 мкм) и слабому – в S8 (2,33 мкм), что вызвано поглощением в районе 2,33 мкм. Алуит синий из-за сильного отражения в районе 2,33 мкм в сочетании со слабым отражением в каналах S5 (2,16 мкм) и S6 (2,20 мкм). Чтобы выделить другие материалы, спектральные формы и особенности поглощения, можно создать другие композиты.

Долгое время индексы для картирования спектральных характеристик мультиспек-

тральных данных по разным материалам использовались для определения растительности (например, NDVI). Они также активно применялись для геологического/минералогического картирования по сенсору ASTER, спектральные каналы которого в коротковолновом ИК-диапазоне схожи с WorldView-3, но имеют меньшее пространственное разрешение (30 м). Минералогические индексы дают более комплексные изображения, чем простые RGB-композиции или композиты по соотношениям каналов. Они разработаны, чтобы показывать параметры распространенности отдельных минералов или их групп. Существует множество комбинаций, часть показан на рис. 10, чтобы продемонстрировать возможности WorldView-3.

Альтернативные методы обработки и анализа показали богатство спектральной информации, доступной в коротковолновых ИК-каналах WorldView-3. Они показали, что данные одинаково хорошо поддаются минералогическому анализу при помощи разных алгоритмов и методов, разработанных для анализа мультиспектральных данных. В дополнение

к уникальным КИК-каналам WorldView-3 дает несопоставимые возможности для смешанного анализа видимого ИК- и КИК-диапазонов, для повышения разрешения до 0,31 м за счет панхроматического канала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

WorldView-3 — это производительный коммерческий мультиспектральный спутниковый сенсор с впечатляющей комбинацией каналов с высоким разрешением и ключевыми каналами в коротковолновом ИК-диапазоне. Проведенное ранее моделирование с использованием данных AVIRIS на район Куприт, Невада, показало, что WorldView-3 сможет определять и картировать методами сопоставления спектров ряд минералов, основываясь на их спектральных свойствах в коротковолновом ИК-диапазоне. Минералогические карты MTMF, построенные в ходе моделирования, показали примерно такое же распространение и проявление минералов, что и карты, созданные по данным 86 каналов коротковолнового ИК-диапазона AVIRIS. Статистическая обработка матриц неточностей с принятием AVIRIS за наземные контрольные данные выявила тем не менее типичные для мультиспектральной съемки недостатки (путаница в схожих минералах), обусловленные меньшим по сравнению с AVIRIS спектральным разрешением, недостаточным для ключевых спектральных свойств минералов. Принимая во внимание, что WorldView-3 не гиперспектральный сенсор, прогнозные результаты минералогического картирования по WorldView-3 были многообещающими и описали возможности WorldView-3 как нового сенсора для картирования геологических преобразований — лучшего, чем любой другой коммерческий мультиспектральный сенсор, находящийся сейчас на орбите.

Последующее минералогическое картирование по реальным данным WorldView-3

на район Куприт с применением тех же алгоритмов и методов показывает, что сенсор WorldView-3 работает так, как показал прогноз. Извлеченные спектры схожи с модельными, расхождение менее 5%. Хорошо различимые в данных реального WorldView-3 особенности спектров ключевых минералов были успешно использованы для картирования по алгоритму MTMF характера и распространения минеральных ассоциаций в районе Куприт. В числе картированных минералов каолинит, алунит, баддингтонит, мусковит, кальцит и гидротермальные силикаты. В целом реальные данные WorldView-3 в КИК-диапазоне хорошо соответствуют прогнозу минералогического картирования; 8 хорошо подобранных каналов и разрешение 7,5 м дают исчерпывающие возможности, недоступные другим космическим мультиспектральным системам.

В дополнение к прямым методам минералогического картирования, описанным при моделировании данных WorldView-3 и валидации реальных данных КИК-диапазона, уникальный набор спектральных каналов дает возможности картирования в коротковолновом ИК-диапазоне, сходные с возможностями ASTER, но при значительно большем пространственном разрешении. Наряду с методами прямого минералогического картирования и другими алгоритмами для получения результатов, несопоставимых с продуктами запущенных коммерческих сенсоров, можно использовать такие подходы, как мультиспектральные отношения, цветные композиты из трех спектральных каналов в цветовом пространстве RGB и минералогические индексы. КИК-каналы ASTER сейчас не функционируют, и WorldView-3 — единственный спутник на орбите, обладающий несколькими, расположенными почти неразрывно, каналами КИК-диапазона. Очевидно, WorldView-3 создаст более продвинутые возможности для поддержки задач геологического и другого поверхностного картирования.

Конференция для пользователей и разработчиков ГИС с открытым исходным кодом



Открытые ГИС 2015

— Свободные геоинформационные системы

— Программное обеспечение с открытым
исходным кодом

— Открытые геоданные и карты

— Методы создания и обработки
пространственной информации

Три параллельные секции:

— Доклады и дискуссии по настольным и
web ГИС-технологиям

— Доклады и дискуссии по **OpenStreetMap**

— Практические семинары и **мастер-классы**

*Приглашаем всех
интересующихся современными
геоинформационными
технологиями*

Регистрация открыта на

gisconf.ru

**21-22 ноября
Москва**

бизнес-центр
Mail.Ru Group
ст. м. Аэропорт
Ленинградский
проспект 39,
стр. 79

Организаторы

GIS LAB



Ю. И. Кантемиров (компания «Совзонд», Россия)

В 2004 г. окончил РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина. После окончания университета работал научным сотрудником Лаборатории космической информации для целей газовой промышленности в ООО «Газпром ВНИИГАЗ». С 2010 г. — ведущий специалист по тематической обработке радарных данных ДЗЗ компании «Совзонд».

А. Петернье

(A. Peternier; Sarmap S.A., Швейцария)

Получил степень магистра в области компьютерных наук в Университете Лозанны и степень доктора информатики в Швейцарской федеральной высшей технической школе Лозанны. В настоящее время — старший инженер-программист компании Sarmap SA.

Результаты тестирования кластерной версии SARscape, предназначенной для обработки больших объемов данных радарных космических съемок



Компания Sarmap (Швейцария) совместно с компанией «Совзонд» провела успешное тестирование ряда функций модулей SARscape для программы ENVI на кластерных компьютерах.

Предварительно для выбора оптимальной конфигурации кластера было выполнено сравнение производительности конкурирующих решений для распределенных вычислений. Тесты производительности были проведены для следующих устройств:

- графические процессоры (GPU) Nvidia Tesla K80 и Nvidia Tesla K20x;
- компьютер с двумя параллельными 8-ядерными центральными процессорами (CPU) Intel Xeon E5-2630 v3;
- компьютер с 60-ядерным сопроцессором Intel 5110p Xeon Phi.

Тесты производительности были выполнены с помощью приложения Sarxtest. Sarxtest — это часть пакета SarxTools, разработанного компанией Sarmap S.A. для тестирования аппаратной вычислительной мощности устройств, поддерживающих технологию распределенных вычислений OpenCL. Инструмент sarxtest позволяет оценивать степень реализации технологии OpenCL на конкретном CPU- и GPU-оборудовании за счет замера скорости обработки радарных данных стандартными алгоритмами обработки, такими, как быстрое преобразование Фурье или фильтрация спекл-шума.

Sarxtest автоматически использует при тестах различные циклы разогрева и рабочие нагрузки на аппаратуру для достоверной оценки производительности. Результаты тестов производительности устройств, приведенные на рис. 1, 2, 3, показывают сравнение скорости обработки одних и тех же данных одним и тем же алгоритмом на различных устройствах. Результаты приведены в виде графиков скорости обработки в секундах, затраченных на выполнение

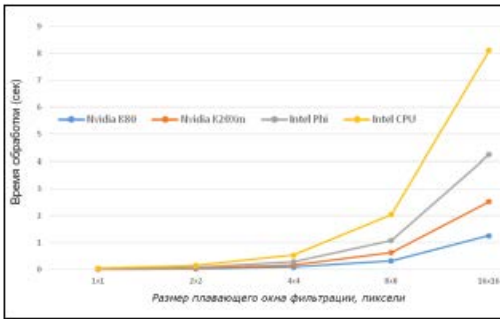


Рис. 1. Результаты теста производительности для алгоритма фильтрации амплитудного радарного снимка

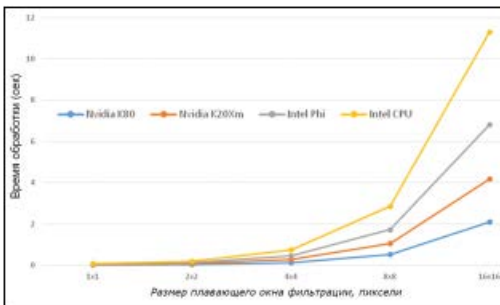


Рис. 2. Результаты теста производительности для алгоритма фильтрации комплексного радарного снимка

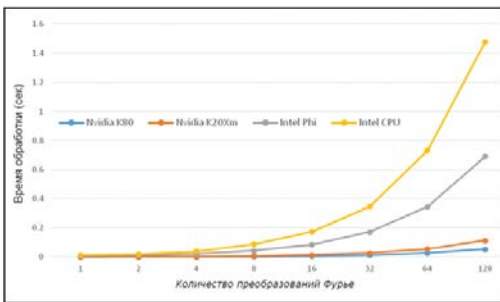


Рис. 3. Результаты теста производительности для алгоритма быстрого преобразования Фурье

серии заданий с возрастающей нагрузкой на систему.

Тестирование алгоритма фильтрации спекл-шума было основано на фильтрации

одного снимка одним алгоритмом фильтрации с возрастающими размерами плавающих окон фильтрации (от 1x1 пиксель до 16x16 пикселей). Размер амплитудного радарного изображения составил 256 Мб, исходного комплексного радарного изображения – 512 Мб. Тестирование алгоритма быстрого преобразования Фурье было основано на возрастающем количестве преобразований (от 1 до 128).

Анализ приведенных на рис. 1, 2, 3, результатов тестирования производительности различных устройств показал следующее:

- каждая из двух видеокарт (Nvidia Tesla K20x и K80) значительно (на порядок) превосходит по скорости обработки компьютер с двумя параллельными 8-ядерными CPU-процессорами Intel Xeon E5-2630 v3;

- каждая из двух видеокарт (Nvidia Tesla K20x и K80) значительно (в разы) превосходит по скорости обработки компьютер с 60-ядерным сопроцессором Intel Xeon Phi, который позиционируется как конкурент GPU-решений;

- видеокарта K80 в два раза превосходит видеокарту K20x для большинства операций фильтрации спекл-шума и быстрого преобразования Фурье.

Поскольку наилучшие результаты показала обработка с помощью графических процессоров GPU, для дальнейшего тестирования наиболее ресурсоемких функций SARscape (таких, как технология интерферометрии устойчивых отражателей радарного сигнала) было решено использовать кластер с параллельно работающими видеокартами Nvidia Tesla.

GPU-кластер для дальнейшего тестирования был предоставлен компанией «Т-Платформы» (Россия; рис. 4). Он был оборудован 8 чипами GPU Nvidia Tesla K80 и 4 чипами GPU Nvidia Tesla K20x (всего 12 чипов GPU). Они были установлены на 4 физических GPU-узла:

- узел s01, оборудованный двумя видео-

картами Nvidia Tesla K20x (в каждой видеокарте по 1 чипу GPU);

- узел s02, оборудованный двумя видеокартами Nvidia Tesla K20x (в каждой видеокарте по 1 чипу GPU);
- узел s03, оборудованный двумя видеокартами Nvidia Tesla K80 (в каждой видеокарте по 2 чипа GPU);
- узел s04, оборудованный двумя видеокартами Nvidia Tesla K80 (в каждой видеокарте по 2 чипа GPU).

Для тестирования была выбрана функция интерферометрии устойчивых отражателей радарного сигнала, реализованная в модуле SARscape Interferometric Stacking. Эта функция позволяет в автоматизированном режиме обрабатывать многопроходные интерферометрические серии спутниковых радарных снимков с получением на выходе моделей смещений и деформаций земной поверхности и сооружений с миллиметровой точно-

стью. Пример получаемых в данном модуле результатов приведен на рис. 5.

Постоянно возрастающий размер радарных снимков в пикселях (от 25 000 x 5000 пикселей у данных ERS-1/2 до 25 000 x 35 000 пикселей у данных ALOS-2 и Sentinel-1A), а также большое количество исходных



Рис. 4. Кластер компании «Т-Платформы»

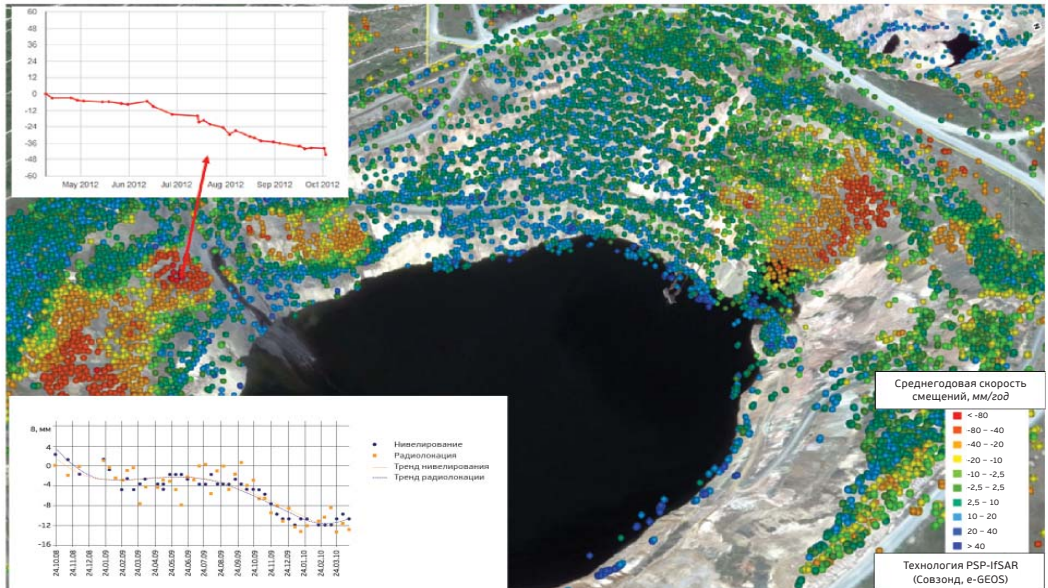


Рис. 5. Карта деформаций бортов и уступов карьера. Представляет собой массив точек – постоянных рассеивателей радарного сигнала. Зеленые точки – стабильные, от желтого цвета к красному – возрастающие оседания, синий цвет – поднятия. Слева представлены графики динамики оседаний для нескольких типовых точек.

снимков (не менее 30), требуемое для работы функции SARscape Persistent Scatterers Interferometry, обусловили необходимость разработки в первую очередь версии этой функции, использующей преимущества распределенной обработки на суперкомпьютерах.

Тестирование модуля SARscape Persistent Scatterers Interferometry проводилось на данных 30-проходной интерферометрической серии радарных снимков со спутников COSMO-SkyMed-1-4. В связи с выявленными узкими местами системы (скорость записи на жесткий диск) тест был выполнен на вырезанной области размерами 5000x10 000 пикселей. Тестирование было выполнено для операции First Inversion Step модуля SARscape Persistent Scatterers в связи с тем, что операция First Inversion Step наиболее подходит для оценки производительности GPU-кластера, поскольку она с максимальной нагрузкой задействует OpenCL и дает наибольшее преимущество в скорости обработки при возрастании количества узлов GPU-кластера.

Тест был выполнен с использованием одного комплекта данных, которые обрабатывались возрастающим количеством параллельно работающих видеокарт (от 1 до 12), чтобы оценить фактор ускорения обработки и масштабируемость системы. Отдельный процесс SARscape Persistent Scatterers (программный узел) выделялся на один чип GPU (каждая карта K20x имеет один чип GPU, каждая карта K80 имеет два чипа GPU). Таким образом, на каждый узел

с двумя картами K20x выделялось по 2 программных узла, а на каждый узел с двумя картами K80 выделялось по 4 программных узла. Всего тестируемый кластер обеспечил работу 12 программных (вычислительных) узлов.

Результаты тестирования приведены на рис 6.

Распределение программных узлов по физическим узлам для 4 точек, по которым построен график на рис. 6, приведено в табл.

Сопоставление графика, приведенного на рис. 6, с табл. показало следующее:

- При переходе от одного программного узла к двум время обработки уменьшилось почти в два раза (как и ожидалось, ведь мы перешли от одного компьютера (1 комплект GPU/HD) к двум компьютерам (2 GPU/HD).
- При увеличении количества программных узлов в 3 раза (с двух до шести) фактор ускорения составил менее трех

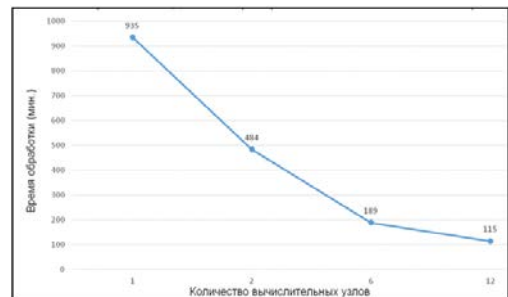


Рис. 6. Время (в минутах) выполнения операции SARscape Persistent Scatterers First Inversion для 30-проходной серии снимков COSMO-SkyMed-1-4 (вырезка 5000 x 10 000 пикселей)

Кол-во программных узлов SARscape	Кол-во физических компьютеров	Кол-во чипов GPU на 1 физ. компьютер
1	1	1 (K80)
2	2	1 (K80)
6	2	3 (K80)
12	4	4 (K80), 2 (K20)

Табл. Распределение программных узлов по физическим узлам

раз (более пологий участок графика). Это связано с тем, что в этом тесте количество программных узлов увеличилось в три раза, но количество жестких дисков HD осталось прежним, так как использовались, как и в первом случае, все те же два физических компьютера.

- При увеличении количества программных узлов с 6 до 12 график зависимости скорости обработки от количества программных узлов стал еще более пологим. Это объясняется тем, что количество программных узлов увеличилось на 6, а количество компьютеров (и жестких дисков HD) — на 2. Также на данном шаге 4 из 6 добавленных узлов — это более медленные GPU K20x (на предыдущих шагах использовались только GPU K80).

Модуль SARscape Persistent Scatterers в процессе работы создает значительное количество больших временных файлов с промежуточными результатами обработки, которые должны быть сохранены на локальных дисках каждого из узлов. Поэтому, как видно из вышеприведенного анализа, быстрота записи на жесткий диск является ключевой технической характеристикой системы для общей производительности системы.

Стандартные локальные диски на используемом кластере имели скорость считывания данных около 100 Мб/с и скорость записи около 30 Мб/с. Это стандартные параметры для большинства обычных жестких дисков. Скорость обработки радарных данных в модуле SARscape Persistent Scatterers может быть значительно увеличена при использовании дисков со скоростью записи 500 Мб/с (SSD диски или RAID массивы).

Анализ результатов тестирования позволил сделать следующие выводы:

- GPU-кластер, предоставленный для тестирования компанией «Т-Платформы»,

практически идеально подходит (за исключением отсутствия быстрых дисков SSD- или RAID-массивов) для эффективной обработки больших массивов радарных данных дистанционного зондирования Земли большим количеством алгоритмов обработки, реализованных в SARscape.

- Задействование для обработки радарных данных новейших видеокарт Nvidia Tesla (K20x и K80) обеспечивает значительно более высокую скорость обработки по сравнению с альтернативными high-end решениями (таким, как Intel Xeon Phi сопроцессоры и компьютеры со вдвоенными многоядерными CPU (Dual CPU)).

- Поскольку алгоритм интерферометрии постоянных рассеивателей (SARscape Persistent Scatterers) и другие алгоритмы SARscape интенсивно задействуют не только память системы и GPU/процессоры/сопроцессоры, но и жесткие диски, рекомендуем для обработки радарных данных ДЗЗ использовать кластер данной или аналогичной -конфигурации, но оборудованный SSD-дисками или RAID-массивами со значительно большими скоростями чтения с диска и записи на диск.

- Использование всех 12 чипов GPU используемого кластера ускорило обработку в 8 раз по сравнению с использованием лишь 1 GPU. Время обработки сократилось с 15 часов 35 минут до 1 часа 55 минут.

Таким образом, результаты тестирования работы модуля SARscape Persistent Scatterers на GPU-кластере можно признать полностью успешными и рекомендовать использовать кластерную версию SARscape для пользователей, регулярно обрабатывающих большие массивы данных радарных космических съемок. В настоящее время разработчиками SARscape, компанией Sarmap S.A., ведется доработка остальных функций SARscape для использования на кластерах.

Цвет: НОВАЯ ЖИЗНЬ Черного



Печать в формате до A0

С новым многофункциональным устройством HP Designjet T3500 Production eMFP вы сможете выполнять любые задачи печати как в черно-белом, так и в цветном режиме. Это профессиональное широкоформатное устройство¹ обладает расширенными функциями копирования и сканирования, а также обеспечивает экономию затрат и времени пользователей. Оно полностью соответствует самым строгим требованиям в области ИТ и безопасности.

Узнайте больше: hp.com/go/DesignjetT3500
Позвоните нам по телефону: 8 10 800 253 320 44
(звонок из России бесплатный)

1. По сравнению с широкоформатными цветными МФУ стоимостью до 25 000 долл. США. На основе показателей самой быстрой цветной печати, заявленных производителями на январь 2014 года. При тестировании использовались различные методы.

А. И. Баскаков (ТОО «Казгипроцветмет»)

В 1979 г. окончил механико-математический факультет Новосибирского государственного университета по специальности «механика/прикладная математика». В настоящее время — руководитель направления ГИС и ДЗЗ Казахстанского головного института по проектированию предприятий цветной металлургии «Казгипроцветмет», г. Усть-Каменогорск, Республика Казахстан

Использование программного обеспечения INPHO для задач съемки подробностей и моделирования форм горной геометрии открытых разработок

Дистанционные методы зондирования Земли в настоящее время все в большей степени находят свое применение с целью создания высокодетальных геоинформационных моделей техногенных ландшафтов местности, включающих открытые разработки, объекты инфраструктуры горно-обогатительного комплекса и прилегающие к ним территории [1]. Такие модели успешно используются в качестве фактической цифровой геоподосновы всех элементов ситуации, динамически изменяющейся при эксплуатации рудника. Данные, получаемые на основе материалов космической стереосъемки сверхвысокого разрешения, позволяют на более эффективном уровне решать многие задачи маркшейдерского обслуживания, выполнять оперативный тотальный мониторинг состояния поверхностей карьеров и отвалов, проводить анализ геометрии их подробностей, рассчитывать объемы выемки/насыпи, осуществлять перспективное планирование горных разработок

и т. п. Источником трехмерных данных в этом случае является фотограмметрическая стереомодель местности, которая порождает облако точек, сопоставимое по плотности с результатами воздушного лазерного сканирования. В результате интерпретации облака точек генерируются планово-высотные измерения необходимых структурных подробностей горной геометрии поверхностей открытых разработок. Эти измерения в дальнейшем могут быть непосредственно использованы для выполнения анализа деформаций бортов карьеров в задачах геомеханического мониторинга и пополнения (составления) как погоризонтных, так и сводных маркшейдерских планов горных работ. В целом полученные измерения образуют единую геопространственную основу, используемую для выработки оперативных горнотехнических условий и мероприятий по эксплуатации месторождений и объектов инфраструктуры рудников.

В качестве иллюстрации сказанного на рис. 1 и 2 изображены фрагменты цифровых трехмерных моделей карьера рудника Космурун и прилегающих к нему отвалов вскрышных пород. Эти модели созданы по материалам космической стереосъемки сверхвысокого разрешения предлагаемым ниже образом. Что же касается традиционных наземных методов маркшейдерских съемок, то, как показывает практический опыт, они достаточно трудоемки и не столь оперативны, как дистанционные методы, и в целом уступают им в эффективности. С точки зрения современных методов дистанционного зондирования традиционная съемка наземными методами имеет невысокую детальность и дает весьма приближенное аппроксимационное представление поверхностей горной геометрии. При этом адекватность (точность) этой аппроксимации принципиально зависит от опыта и квалификации исполнителя работ и по этой причине не поддается объективным точностным оценкам. Повышение же детальности съемки путем увеличения числа измерений приводит к значимому росту затрат и входит в противоречие с требованием оперативного отражения динамики изменения горной ситуации при добыче и складировании руды. К тому же в некоторых случаях достаточно затруднительно, а порой и невозможно получить точные измерения подробностей формы карьеров и отвалов в области труднодоступных участков поверхностей откосов, осыпей, оползней, обвалов, а также заполненных пульпой хвостохранилищ и шламонакопителей.

Технология космической стереосъемки, включая обработку и получение высокоточных материалов, имеет в сравнении с традиционными наземными методами значительно более высокую производительность, низкую себестоимость и недоступную для традиционных методов



Рис. 1. Трехмерная модель карьера рудника Космурун



Рис. 2. Трехмерная модель отвалов рудника Космурун

информативность. Комплексное использование при маркшейдерском обслуживании в качестве источников данных фотограмметрической стереомодели местности и наземных методов топогеодезических наблюдений позволяет значительно сократить производственные затраты и оперативно получать геоинформационные материалы необходимого содержания на совершенно новом качественном уровне.

Интегрирование технологии интерпретации материалов космической стереосъемки INPHO в систему мониторинга открытых разработок дает возможность рассматривать фотограмметрическую стереомодель местности в качестве основного (альтернативного) источника массовых измерений геометрии пространственных форм и тем самым значительно

сократить объемы периодически выполняемых наземных топогеодезических наблюдений при съемке подробностей и обмерах горной массы открытых разработок.

Специальное программное обеспечение INPHO включает, в частности, технологический инструментарий модулей MATCH-T_DSM, DT-MASTER_STEREO и SCOP++, предназначенный для генерации облаков точек высокой плотности с последующим их анализом в соответствии с выбранной DTM - или DSM-концепцией интерпретации получаемых измерений. Реализация данной технологии позволяет не только подробно описать характерные формообразующие структурные особенности любых поверхностей техногенного рельефа, но и произвести с использованием математического аппарата распознавания, классификации, фильтрации и интерполяции измерений облака точек [2, 3] полномасштабную и достоверную оценку точности создаваемых моделей этих поверхностей как на уровне отдельно взятых элементов, так и в целом. При выполнении съемок открытых разработок традиционными наземными методами такую оценку нельзя сделать в принципе. Так, ввиду сложности строения техногенных поверхностей и при наличии возможных нарушений их проектной геометрии, исполнитель может пропустить отдельные технологически важные элементы ситуации или не придать соответствующего значения некоторым, на его взгляд, не важным элементам окружающей обстановки. Это обстоятельство в дальнейшем может привести к неполному, а иногда и недостоверному отражению действительного состояния объектов съемки. При интерпретации измерений облака точек, получаемых на основе фотограмметрической стереомодели местности, подобная ситуация полностью исключается в силу

того, что в данном случае выполняется анализ целиком всей сцены съемки и в сомнительных случаях возможно многократно уточнять необходимость отображения того или иного элемента. Таким же естественным образом решается проблема выполнения измерений в недоступных для человека местах: в пределах откосов, обрушений, оползней и т. п.

В соответствии с договором на проектирование объектов инфраструктуры горно-обогатительного комплекса рудников Акбастау и Космурун, заключенным институтом «Казгипроцветмет» с корпорацией «Казахмыс», была выполнена космическая стереоскопическая съемка с аппарата GeoEye-1 указанных рудников, находящихся на территории Аягузского района Восточно-Казахстанской области. Полученная стереопара панхроматических изображений была использована для разработки практического подхода к совместному использованию DSM- и DTM-режимов интерпретации измерений в концепции INPHO с целью создания пространственных моделей поверхностей техногенного рельефа и фактической основы маркшейдерских планов горных работ карьера рудника Космурун с примыкающими к нему отвалами горных пород (рис. 3).

В основу предлагаемого подхода положены достаточно общие объективные свойства поверхностей открытых разработок [4]. А его реализация состоит из описанных ниже технологических операций, имеющих целью сформировать такое множество измерений съемочных точек, которое является достаточным для описания подробностей форм техногенных поверхностей с нужной степенью детальности.

1. По результатам определения параметров проекта INPHO, первичной подготовки файлов изображений и их радиометрической коррекции, выполнения внешнего ориентирования снимков в системе координат



Рис. 3. Карьер Космурун с отвалами

местности в среде DT-MASTER_STEREO создается фотограмметрическая стереомодель территории съемки.

2. Правомерно считать, что области открытых разработок не осложнены наличием растительности, а поверхности карьеров и отвалов можно описать с помощью таких элементов горной геометрии [4], какими являются технологические структурные линии. С учетом характера возникновения, в качестве структурных линий «негладких» перегибов поверхности целесообразно рассматривать:

- верхние и нижние бровки уступов;
- линии, образованные в результате отколов, развалов, осыпей, провалов, оползней, навалов и других нарушений;
- вертикальные разделительные линии сложных откосов;
- линии, ограничивающие транспортные пути и съезды.

С целью получения измерений узлов структурных линий перечисленных типов путем использования модуля MATCH_T в режиме DSM рассчитывается облако точек

измерений поверхности карьера или отвала для выбранного значения параметра XY-factor в пределах от одного до трех пикселей. С использованием стереорежима в среде DT-MASTER_STEREO (монитор Planar SD2620W/ StereoMirror) выполняется картирование трехмерных структурных линий путем набора съемочных пикетов из множества измерений полученного облака точек с учетом всех характерных особенностей формы поверхности. Согласно [5] расстояние между пикетами для М 1:2000 может варьироваться в пределах от 5 до 30 м в зависимости от сложности контуров значимых форм поверхности.

3. Технологические условия проектирования и эксплуатации открытых разработок предполагают «гладкую» геометрию поверхностей берм, откосов, транспортных съездов и горизонтальных площадок, взаимное сопряжение которых выполняется по линиям «гладкого» перегиба. В случае присутствия на этих поверхностях различных нарушений в виде оползней и провалов последние рассматриваются состоящими из отдельных частей, разделенных структурными линиями «негладкого» перегиба. Поверхности же самих осыпей, оползней, а также навалов руды, которые имеют весьма сложную форму, можно считать вполне «гладкими» поверхностями в силу причины их образования.

Для расчета множества измерений массовых точек на указанных «гладких» поверхностях используется режим DTM-модуля MATCH_T с шагом результирующей сетки в пределах от 10 до 15 м, причем полученные в п. 2 структурные линии используются при этом расчете в качестве предопределенных морфологических элементов будущей поверхности.

В процессе MATCH_T генерации измерений и последующем формировании внутренней SCOP/DTM-модели была выполнена оценка точности получаемых значений по 10 контрольным точкам, измеренным наземными

методами на поверхностях карьера и отвалов с малыми уклонами. Из приведенной части протокола генерации DTM-модели (табл.) следует, что гарантированная оценка ошибки расчета высот составила порядка 0,115 м, что более чем соответствует нормативным требованиям [5] для масштаба 1:2000 и величине сечения рельефа 0,5 м.

№	Тип	Point-ID	Point-Z	DEM-Z	dZ (м)
1	F	A1	854.218	854.071	0.147
2	F	A2	812.910	812.915	0.005
3	F	A3	833.053	832.903	0.150
4	F	A4	801.629	801.455	0.174
5	F	A5	824.636	824.475	0.161
6	F	A6	858.597	858.444	0.153
7	F	A7	865.297	865.163	0.134
8	F	A8	873.465	873.304	0.161
9	F	A9	867.879	867.813	0.066
10	F	A10	861.658	861.649	0.009

Табл. Протокол генерации DTM-модели. Число контрольных точек 10

4. Не ограничивая общности, можно считать, что поверхность карьера или отвала с необходимой подробностью можно описать набором непересекающихся плоских треугольников, вершины которых образованы узлами структурных линий из п. 2 и выбранными характерными точками поверхности. Для предотвращения образования в будущей TIN-модели поверхности вырождающихся треугольников с помощью инструментария модуля DT-MASTER из рассмотрения автоматически удаляются те массовые точки, расстояние от которых до узлов структурных линий составляет менее 5 метров. Также в пределах формообразующих «гладких» участков поверхности, которые имеют малые изменения значений уклонов, множество массовых точек при необходимости прореживается

с учетом положения характерных точек особенностей форм, подлежащих картированию. Оставшиеся в результате массовые точки и структурные линии, полученные в п. 2, непосредственно используются для конструирования TIN-моделей поверхностей карьера и отвалов.

Созданные непрерывные кусочно-линейные цифровые трехмерные TIN-модели поверхностей открытых разработок (рис. 4, 5) могут быть непосредственно использованы для расчета объемов выемки/насыпи карьеров, отвалов вскрышных пород и складов полезного ископаемого как по отдельным горизонтам или их частям, так и в целом по каждому из объектов.

Непосредственно сами данные измерений элементов горной геометрии поверхностей

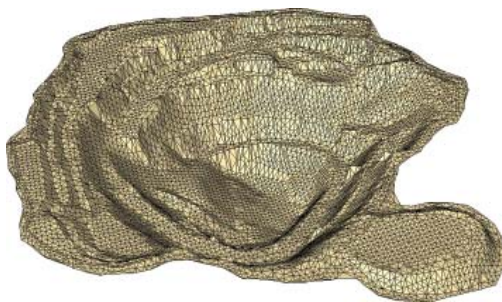


Рис. 4. Карьер Космурун с отвалами. Трехмерная TIN-модель

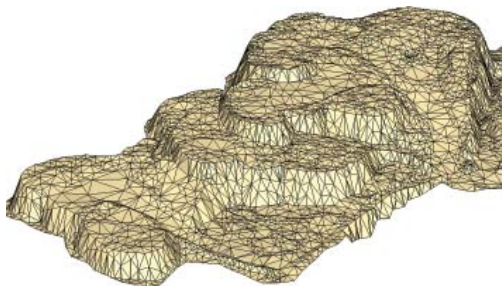


Рис. 5. Отвалы карьера Космурун. Трехмерная TIN-модель



Рис. 5. Фрагмент топографического плана карьера Космурун

в виде структурных линий и характерных массовых точек составляют, по сути, фактическую основу планов горных работ и отражают текущие ситуационные изменения, происходящие в ходе отработки карьера. С использованием указанных данных были созданы сводные топографические планы карьера и отвалов (рис. 6), которые могут быть положены в основу динамически изменяемых при эксплуатации погоризонтных маркшейдерских планов горных работ, используемых для точного расчета производственных параметров выработки, решения задач оперативного и перспективного планирования добычи полезного ископаемого, прогнозирования площади отчуждаемых земель, тотального мониторинга и оценки воздействия на окружающую среду, выполнения мероприятий по рекультивации отвалов и т. п.

В соответствии с требованиями [5] на сводном топографическом плане (Рис. 6) карьера Космурун изображены:

- верхние и нижние бровки уступов и их высотные отметки;
- вертикальные линии откола, уступов, заходок и откосов;
- линии границ обрушений, провалов и оползней;
- характерные точки поверхности карьера на пологих участках и откосах;

- внутренние отвалы, съезды, осыпи, обрушения, оползни;
- фактические границы поля карьера, естественный рельеф и ситуация земной поверхности.

Поскольку добыча руды открытым способом неотвратно влечет за собой техногенное разрушение и преобразование естественных ландшафтов как непосредственно при добыче руды, так и при развитии компонентов инфраструктуры горно-обогатительного комплекса в целом, то возникает необходимость построения единой трехмерной модели всей зоны техногенного воздействия с учетом прилегающих территорий. В этой ситуации рассмотренным выше образом поочередно создаются отдельные фактические основы для каждого из компонентов зоны техногенного воздействия: карьера, отвалов и прилегающей территории — с использованием в каждом случае своего набора управляющих параметров расчета DSM- или DTM-моделей. Затем полученные данные объединяются в единое множество для конструирования целостной пространственной TIN-модели всей зоны техногенного воздействия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев В. Е. Создание комплекса геопространственной основы на территорию ОАО «Лебединский горно-обогатительный комбинат» // *Геоматика*. — 2012. — №2(15). — С.35–38.
2. Kraus, K. (1997): *Eine neue Methode zur Interpolation und Filterung mit Daten schiefer Fehlerverteilung*. VGI 85, S. 25–30.
3. Briese, C., Pfeifer, N., Dorninger, P. (2002): *Applications of the Robust Interpolation for DTM determination*. IAPRS, Volume 34, Part 3A, Graz.
4. Ушаков И. Н. *Горная геометрия*. М.: Недра, 1979.
5. Синянян Р. Р. *Маркшейдерское дело*. М.: Недра, 1982.

В. Н. Губин (БГУ, Республика Беларусь)

В 1972 г. окончил Белорусский государственный университет (БГУ) по специальности «география». В настоящее время — заведующий кафедрой динамической геологии БГУ. Доктор географических наук, профессор.

Сейсмоактивные геодинамические зоны Старобинского месторождения калийных солей по данным дистанционного зондирования Земли

ВВЕДЕНИЕ

Старобинское месторождение калийных солей — одно из крупнейших в мире, занимает ведущее место в минерально-сырьевой базе Республики Беларусь. Промышленные калийные горизонты осваиваются рудниками ОАО «Беларусь-калий». В результате сейсмологического мониторинга в пределах калийного месторождения и прилегающих территорий инструментально зарегистрированы техногенные землетрясения, вызванные интенсивной разработкой сильвинитовых руд шахтным способом, а также транзитные сейсмособытия [1]. На основе данных дистанционного зондирования Земли из космоса устанавливаются геодинамические зоны земной коры, контролирующие проявления землетрясений. Выявление пространственных закономерностей распределения сейсмоактивных геодинамических зон играет важную роль при решении проблем геоэкологии и рационального недропользования в связи с крупномасштабной разработкой Старобинского месторождения калийных солей.

КОСМОГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ СЕЙСМОАКТИВНЫХ ЗОН

Активные геодинамические зоны, контролирующие проявления сейсмических процессов, сформировались под воздействием тектонических напряжений. Они представляют собой системы разломов платформенного чехла и консолидированной части земной коры, участки повышенной трещиноватости горных пород и узлы пересечения разнонаправленных разрывных нарушений, испытывающие активизацию на новейшем этапе геологического развития. Геодинамические зоны определяют развитие сложных деформационных процессов, происходящих в массивах горных пород блокового строения в результате неотектонических деформаций, а также возмущений техногенного характера, вызванных подземной разработкой месторождений полезных ископаемых [2, 3]. Регистрируемые в геодинамических зонах очаги сейсмических событий подчеркивают их сейсмоактивность.

При космогеодинамических реконструкциях сейсмоактивных зон в пределах

Старобинского месторождения калийных солей и прилегающей территории одноименной центриклинальной депрессии Припятского прогиба осуществлялось структурное дешифрирование космических снимков, на которых выделялись системы линеаментов и проводилась их геодинамическая интерпретация на основе геолого-геофизических данных. При линеаментном анализе сейсмоактивных зон высокой информативностью отличаются космические снимки, полученные с Белорусского космического аппарата (БКА).

Дистанционное зондирование с БКА, выведенного на орбиту 22 июля 2012 г. вместе с российским спутником «Канопус-В», осуществляется оптико-электронной аппаратурой, позволяющей в панхроматическом режиме получать космические снимки с разрешением объектов на земной поверхности 2,1 м и 10,5 м в мультиспектральном режиме. При этом панхроматическая съемочная система обеспечивает космические снимки в одной зоне электромагнитного спектра 0,54–0,86 мкм, а мультиспектральная в четырех каналах — 0,46–0,52; 0,52–0,60; 0,63–0,69 и 0,75–0,84 мкм [4]. Оперативная космическая информация, получаемая с БКА и со сходного по параметрам спутника «Канопус-В», позволяет выполнять различные задачи, связанные с мониторингом природных ресурсов [4, 5] и обеспечивает проведение космогеодинамических реконструкций.

Структурное дешифрирование космических снимков выполнялось на основе геоинформационного и специального программного обеспечения для обработки данных дистанционного зондирования Земли. Методические приемы обработки космических снимков заключались в классификации изображений и их линеаментном анализе. При этом программой были рассчитаны сигнатуры с учетом спектральной яркости пикселей и выполнена сегментация

изображений с последующей их классификацией. Классифицированные снимки отличаются значительным количеством однородных областей, занятых одним классом, и информативны для выделения линеаментов и их пространственного совмещения с геолого-геофизическими данными.

Индикаторами сейсмоактивных геодинамических зон на космических снимках являются системы линеаментов, выраженные в линейной ориентировке фрагментов речных долин, их резкой асимметрии, прямолинейных очертаний тыловых швов террас, приуроченности озерно-болотных низин и котловин к определенным линиям (рис. 1). В геодинамических зонах наблюдается усиление циркуляции подземных вод, повышается гидравлическая связь грунтовых вод с напорными нижележащих водоносных горизонтов, что приводит к избыточному увлажнению и заболачиванию территории.

В результате геолого-геофизической интерпретации космоструктурных данных установлены пространственные соотношения дешифрируемых на космических снимках систем линеаментов с особенностями распределения сейсмоактивных геодинамических зон в пределах разрабатываемого месторождения калийных солей и Старобинской центриклинали Припятского прогиба в целом (рис. 2, 3). Ведущими космогеодинамическими критериями являются: 1) отражение активных (от позднего олигоцена — около 30 млн лет — до настоящего времени) разломов платформенного чехла и кристаллического фундамента в верхних горизонтах осадочной толщи, в том числе четвертичных отложениях, и в морфолитогенных чертах земной поверхности в виде систем линеаментов; 2) приуроченность линеаментов к четким протяженным зонам градиентов и линейным аномалиям магнитного и гравитационного полей; 3) аномалии неотектонических

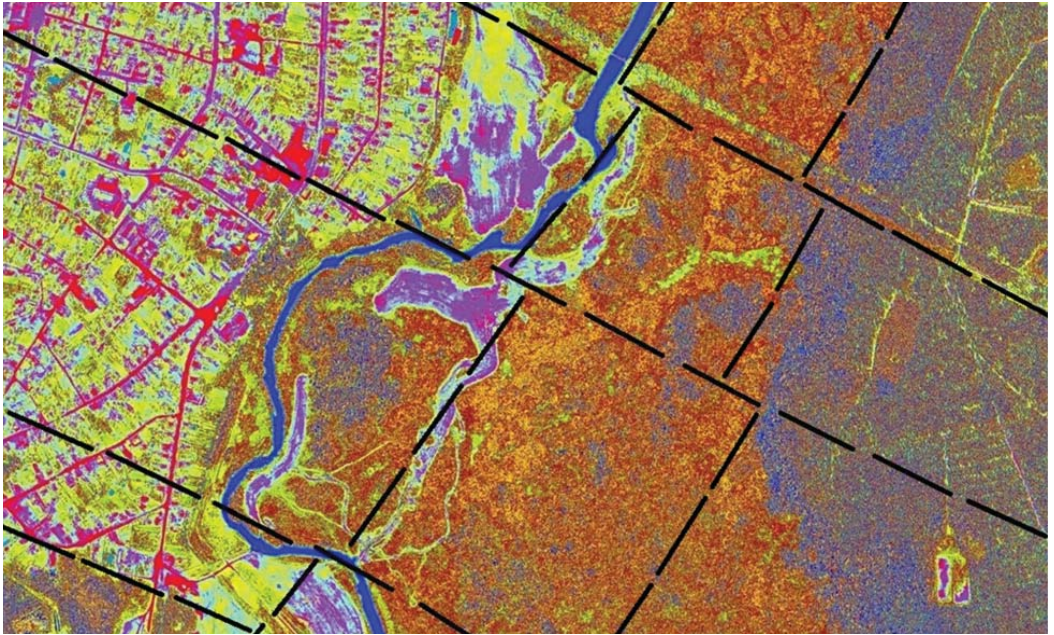


Рис. 1. Отображение систем линеаментов — индикаторов сейсмоактивных геодинамических зон на классифицированном космическом снимке

деформаций, высокие значения и контрастность современных вертикальных движений в зонах линеаментов; 4) проявления в линеаментных зонах сейсмособытий, вызванных транзитными землетрясениями и техногенными сейсмическими процессами, возникающими при подземной отработке калийных горизонтов.

В пределах разрабатываемого Старобинского месторождения калийных солей незначительные по протяженности (3–12 км) линеаменты обнаруживают связь с активными локальными разломами, ограничивающими западный, центральный, восточный и северо-восточный тектонические блоки. В центральном блоке расположены шахтные поля калийных рудников 1, 2 и 3-го рудоуправлений (РУ), в восточном — 4-го РУ (рис. 2). Разломы прослеживаются в различных горизонтах платформенного чехла и имеют амплитуды смещения

пород от нескольких десятков до первых сотен метров. В соленосной толще верхнего девона они отражаются в виде флексурно-разрывных нарушений. Достоверность выделения малоамплитудных (до 50 м) разломов в платформенном чехле повышается благодаря комплексному анализу данных дешифрирования КС и результатов сейсморазведочных работ методом общей глубинной точки (МОГТ).

Калийное месторождение в северо-восточном направлении пересекает Старобинская геодинамическая зона (рис. 2), в пределах которой прослеживается Центральный разлом, ограничивающий шахтные поля 1, 3 и 4-го РУ. Разлом сбросового типа имеет амплитуду от 200–300 м по поверхности кристаллического фундамента до 100 м по поверхности межсолевых отложений и кровли галитовой подтолщи верхнего девона. Центральный разлом

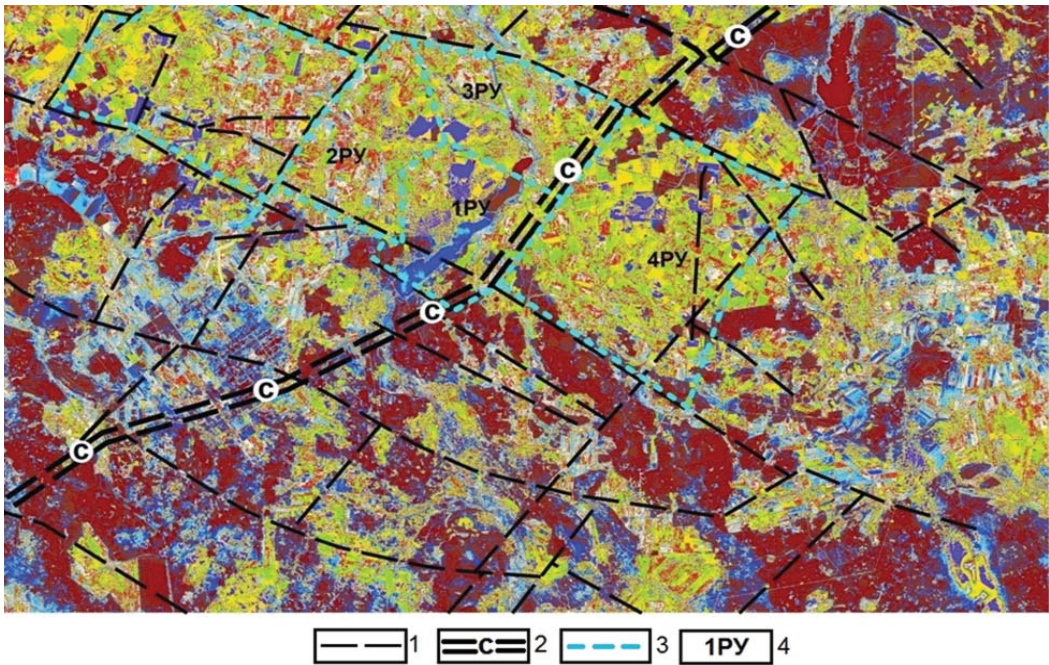


Рис. 2. Сейсмоактивные геодинамические зоны в пределах Старобинского месторождения калийных солей:

1) линейменты, отражающие разрывные дислокации и зоны повышенной трещиноватости платформенного чехла; 2) Старобинская геодинамическая зона; 3) границы шахтных полей калийных рудников; 4) рудоуправления ОАО «Беларуськалий»

проявляется в калиеносной толще в виде довольно широкой зоны дробления, на что указывают зоны осложнения сейсмической записи МОГТ. С использованием спутниковых систем глобального позиционирования установлены вертикальные перемещения геодинамических реперов на профиле через зону Центрального разлома, что свидетельствует о его новейшей активности.

Пространственное распределение сейсмоактивных зон Старобинского месторождения калийных солей контролируется геодинамическим режимом центриклинальной депрессии Припятского прогиба. Установленные в ходе космогеодинамических реконструкций Старобинской центриклинали активные геодинамические зоны шириной от нескольких сотен метров до первых километров обнаруживают связь с региональными

разломами платформенного этапа заложения: Северо-Припятским, Ляховичским, Речицко-Вишанским, Червонослободско-Малодушинским и др. (рис. 3). Они представляют собой разрывные нарушения сбросово-сдвигового типа с амплитудой смещения по поверхности кристаллического фундамента от первых сотен метров до 1,5 км. Дизъюнктивный характер этих структур отчетливо обнаруживается в палеозойских отложениях, а в мезокайнозойской толще они выражены малоамплитудными разрывами (до 10–50 м) либо зонами повышенной трещиноватости осадочных пород. Среди линейных структур доплатформенного этапа заложения на КС отражаются отдельные звенья Стоходско-Могилевского суперрегионального разлома, пересекающего центриклинальную депрессию

Припятского прогиба в северо-восточном направлении и ограничивающего Старобинское месторождение калийных солей с запада.

В сейсмоактивных геодинамических зонах Старобинской центриклинали отдельные участки разломов платформенного чехла и кристаллического фундамента отличаются высокими градиентами современных вертикальных движений земной коры. По данным повторного высокоточного нивелирования подобные деформации здесь имеют амплитуду до 25–30 мм/год, что на порядок выше региональных вертикальных перемещений земной поверхности западного региона Припятского прогиба в целом.

В пределах Старобинской центриклинали Припятского прогиба системы активных разломов ограничивают Слуцкий, Старобинский и Полесский неотектонические блоки (рис. 3). В позднеолигоцен-четвертичное время блоковые структуры испытывали преимущественно положительные деформации суммарной амплитудой порядка 80–100 м. На фоне общего воздымания отдельные сегменты блоков характеризовались дифференцированными движениями до 30–50 м. В линейном поле неотектонических блоков фиксируются участки с высокими значениями плотности и густоты линейментов, которые тяготеют к зонам повышенной трещиноватости и проницаемости земной коры. Новейшая активизация разломов является ведущим фактором возникновения дифференциальных движений в блоковых структурах. Неотектонические блоки контролируют распределение сейсмоактивных геодинамических зон.

СЕЙСМИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ В АКТИВНЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ЗОНАХ

В результате космогеодинамических реконструкций Старобинского месторожде-

ния калийных солей и одноименной центриклиальной депрессии Припятского прогиба установлены пространственные взаимосвязи эпицентров землетрясений с активными геодинамическими зонами. Очаги сейсмических событий с интенсивностью сотрясения земной поверхности от 1–2 до 4–5 баллов (по шкале MSK-64) инструментально зарегистрированы геофизической обсерваторией «Плещеницы» и сейсмостанцией «Солигорск» (Минская обл., Беларусь) [1].

Ведущую сейсмогенерирующую роль в пределах разрабатываемого шахтным способом калийного месторождения и центриклиальной депрессии Припятского прогиба играет Старобинская геодинамическая зона (рис. 2, 3). В рассматриваемой сейсмоактивной зоне зарегистрированы землетрясения интенсивностью 4–5 баллов, обусловленные концентрацией и разгрузкой напряжений, энергетическая подпитка которых обусловлена карпатскими и другими транзитными сейсмическими событиями, а также техногенные микроземлетрясения от 1 до 2–3 баллов, возникающие при подземной отработке калийных горизонтов.

К Старобинской геодинамической зоне тяготеет довольно сильное для платформенных регионов землетрясение с интенсивностью сотрясения земной поверхности 4–5 баллов, которое произошло вблизи г. Солигорска 10 мая 1978 г. Сейсмическое событие зарегистрировано геофизическими обсерваториями «Плещеницы» и «Обнинск» (Калужская обл., Россия). Во время землетрясения обрушилось более 3 тыс. т соленосных горных пород на отработываемых шахтных полях ОАО «Беларуськалий». Данное сейсмическое событие, по-видимому связано с сильным транзитным землетрясением, возникшим в сейсмоактивной зоне Вранча, расположенной в Карпатах (Румыния) [1]. В пределах Старобинской геодинамической зоны 2 декабря 1983 г. и 15 марта 1998 г. произошли также

ощущавшиеся многими людьми землетрясения интенсивностью около 5 баллов.

Зарегистрированные сейсмостанцией «Солигорск» на эксплуатируемом Старобинском месторождении калийных солей микроземлетрясения с интенсивностью сотрясения земной поверхности 1–3 балла в большей степени обусловлены техногенными причинами. При подземной разработке сильвинитовых руд нарушается естественное напряженное состояние в породной толще, вызывающее возбужденную сейсмичность. Кроме того, на динамику сейсмособытий оказывают влияние складирование значительного объема галитовых отходов в виде солеотвалов высотой до 120 м и шламохранилищ, а также статическое давление водных масс Солигорского водохранилища. Подобная техногенная нагрузка приводит к перераспределению напряжений в земных недрах. При этом возникают сдвиговые и растягивающиеся деформации, определяющие проявления локальной сейсмичности. Техногенные сейсмические явления сопровождаются разрушениями породного массива и приводят к повреждению горных выработок. Эпицентры микроземлетрясений регистрируются как на участках обрабатываемых шахтных полей, так и за их пределами в пределах сейсмоактивных геодинамических зон (рис. 3).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате космогеодинамических реконструкций установлены пространственные закономерности распределения сейсмоактивных зон в пределах разрабатываемого шахтным способом Старобинского месторождения калийных солей и центриклинальной депрессии Припятского прогиба в целом. Выделенные на основе структурного дешифрирования КС геодинамические зоны определяют развитие сложных деформационных

процессов, происходящих в массивах горных пород в результате как естественных новейших тектонических движений, так и возмущений техногенного характера, вызванных подземной отработкой сильвинитовых руд. К активным геодинамическим зонам тяготеют эпицентры землетрясений, связанные с транзитными сейсмическими событиями, а также техногенные микроземлетрясения. Данные дистанционного зондирования Земли со спутников с оптико-электронной аппаратурой в панхроматическом и мультиспектральном режимах эффективно обеспечивают проведение космогеодинамических реконструкций и приобретают важную роль при организации и ведении сейсмологического мониторинга на Старобинском месторождении калийных солей и прилегающей территории Припятского прогиба.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аронов А. Г., Сероглазов Р. Р., Аронова Т. И., Колковский В. М. Сейсмичность Беларуси // *Природные ресурсы*. — 2009. — № 2. — С. 90–97.
2. Губин В. Н. Проблемы экологической геодинамики Солигорского горно-промышленного района // *Природопользование в условиях дифференцированного антропогенного воздействия*. Минск – Сосновец, — 2000. — С. 124–132.
3. Журавков М. А. Техногенные динамические события в регионах крупномасштабного освоения подземного пространства // *Горная механика и машиностроение*. — 2014. — № 1. — С. 5–24.
4. Дворкин Б. А., Дудкин С. А. Новейшие и перспективные спутники дистанционного зондирования Земли // *Геоматика*. — 2013. №2. — С. 16–36.
5. Золотой С. А. Белорусская космическая система дистанционного зондирования Земли: современное состояние и перспективы развития // *Геоматика*. — 2010. — №3. — С. 31–33.

ЦЕНТР ОБУЧЕНИЯ КОМПАНИИ «СОВЗОНД»



Центр обучения компании «Совзонд» открыт в 2006 г. За это время обучение в Центре прошли более 800 специалистов из России и стран ближнего зарубежья, среди которых сотрудники НЦ ОМЗ, ОАО «Российские космические системы», ФГУП «Рослесинфорг», Министерство сельского хозяйства РФ, Министерство природных ресурсов и экологии РФ, ГКНПЦ им. М. В. Хруничева, АО «Национальная компания Казахстан Гарыш Сапары», ООО «Газпром ВНИИГАЗ», ОАО «РКЦ «Прогресс», ТОО «Корпорация Казахмыс», МГУ, МИИГАиК и др.

Курсы проводят ведущие специалисты компании «Совзонд», участвующие в разработке и реализации проектов и имеющие большой опыт обработки космических снимков.

Обучающие курсы рассчитаны на специалистов разных уровней подготовки, работающих в области геоинформатики, картографии, ДЗЗ, геологии, природопользования, в сельском и лесном хозяйстве, кадастре и т. д. При выполнении практических упражнений используются данные со спутников WorldView-1,2, GeoEye-1, Pleiades, RapidEye, Cosmo-SkyMed-1,4, Radarsat и др.

По желанию заказчика может быть разработана специализированная программа обучения, адаптированная под решение конкретных задач, а также организовано выездное обучение.

КУРСЫ ОБУЧЕНИЯ:

- Работа в базовых модулях фотограмметрической системы INPHO.
- Использование программного комплекса ENVI для обработки и анализа данных ДЗЗ.
- Возможности языка программирования IDL. Дополнительные модули.
- Обработка радиолокационных съемок в дополнительных модулях ENVI SARscape.
- Инструменты и функциональность ArcGIS for Desktop.
- Комплексная обработка данных ДЗЗ в программных продуктах ENVI и ArcGIS for Desktop.
- Visual MODFLOW: практическое применение моделирования подземных вод и переноса загрязняющих веществ.

Дополнительная информация и запись на обучение:

Тел.: +7 (495) 642-8870, 988-7511, 988-7522. Факс: +7 (495) 988-7533. E-mail: software@sovzond.ru
Web-site: www.sovzond.ru

С. А. Зубков (Департамент информационных технологий города Москвы)

В 2006 г. окончил Московский государственный университет геодезии и картографии, факультет прикладной космонавтики, специальность — «информационные системы и технологии, специализация — «геоинформационные системы и технологии». В настоящее время — консультант Департамента информационных технологий города Москвы.

Единое геоинформационное пространство Москвы. Итоги второго этапа

Функции развития Единого геоинформационного пространства (ЕГИП) Москвы перешли к Департаменту информационных технологий города Москвы в 2012 году. В рамках первого этапа (2012–2013) был проведен анализ отраслевых баз геоданных, разработаны базовые инструменты пространственного анализа для специалистов органов исполнительной власти (ОИВ) Москвы и первая версия Электронного атласа для жителей города. Данный комплекс мер позволил выявить значительные проблемы практически на всех этапах жизненного цикла геоданных, в том числе с помощью привлечения жителей Москвы к анализу качества информации, хранящейся в базах геоданных ОИВ.

Второй этап (2013–2015) развития ЕГИП Москвы вместил в себя коренную модернизацию функциональной и прикладной архитектур, формирование единого хранилища геоданных, значительное расширение состава инструментов пространственного анализа и типов геоданных, совершенствование механизмов раскрытия информации жителям и обратной связи в части качества геоданных и предоставляемых на их основе услуг. В результате проведенных мероприятий было организовано централизованное

управление информационными ресурсами ЕГИП средствами Технологического портала. Разработка и внедрение регламентов ведения геоданных и создание единого хранилища геоданных позволили повысить качество информации, применяемой в межведомственном взаимодействии и раскрытии данных в публичную плоскость. Внедрение единой веб-ГИС, разработанной на основе принципов сервис-ориентированной архитектуры, создание такого ресурса, как трехмерные панорамы города, включающие, помимо фотографического материала, данные лазерного сканирования, эта веб-ГИС обеспечила ОИВ Москвы новыми инструментами контроля исполнения программ развития транспортной, культурно-досуговой и физкультурно-спортивной инфраструктур; обеспечения продовольственными и бытовыми товарами; повышения уровня доступности городской инфраструктуры для маломобильных групп граждан; охраны окружающей среды, благоустройства и капитального ремонта.

В настоящее время в основе ЕГИП города Москвы лежит геоинформационная система ОИВ — композитное веб-приложение на основе отечественной платформы EverGIS, позволившее минимизировать затраты на

интеграцию создаваемых и существующих информационных ресурсов (рис. 1). Информационные потоки отраслевых и межведомственных процессов ОИВ опираются на наборы геосервисов со стандартизированным общим интерфейсом, подключаемые согласно правам доступа в пользовательские конфигурации. Возможности ГИС ОИВ расширены подключаемыми сервисами федеральных ГИС, а также некоторых коммерческих организаций. Данные базовой картографической основы и адресного описания предоставляются также с применением сервисов ГУП «Мосгоргеотрест» и ГУП «МосгорБТИ» соответственно.

В качестве дополнительных данных об инфраструктуре города специалистам ОИВ и жителям доступна съемка трехмерных панорам общей протяженностью 18 500 км. Данные обновляются дважды в год. На основе уникальных технологий и алгоритмов, раз-

работанных на базе отечественной платформенной технологии HelgiLab, создаются фотореалистичные трехмерные модели, в совокупности с измерительными инструментами на основе облака точек лазерного сканирования предоставляющие пользователям возможности удаленно получать информацию о состоянии объектов городской инфраструктуры, расширяют навигационно-справочные сервисы. В настоящее время подсистема трехмерных панорам ЕГИП применяется при оценке доступности объектов инфраструктуры города для людей с ограниченными возможностями, оспаривании необоснованных штрафов за парковку, мониторинге хода реконструкции и капитального ремонта объектов городского хозяйства. Предоставление доступа к данным трехмерных панорам, а также инструментам просмотра разновременных съемок и проведения линейных и площадных измерений в интерфейсе

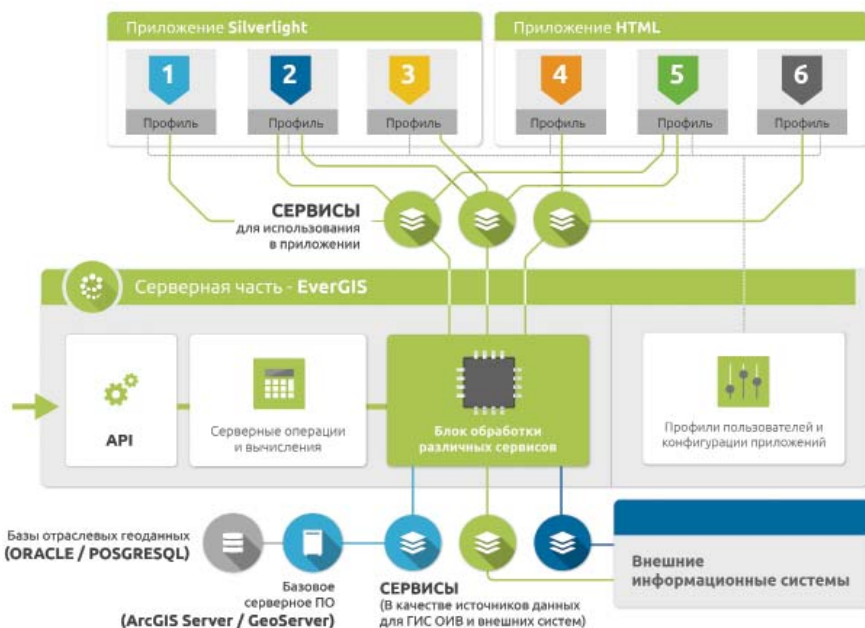


Рис. 1. Прикладная архитектура геоинформационной системы органов исполнительной власти Москвы

Электронного атласа в совокупности с механизмами обратной связи позволило привлечь к контролю качества проведения дорожно-строительных работ, работ по благоустройству и капитальному ремонту более 800 000 человек из числа жителей города (рис. 2).

Интеграция ГИС ОИВ и данных трехмерно-го панорамирования позволила перевести полностью в электронный вид процессы согласования типов архитектурного решения и уточнения размещения объектов городской инфраструктуры (рис. 3).

В рамках второго этапа большой акцент сделан на интеграцию геоданных информационных ресурсов Единого геоинформационного пространства Москвы как с внешними федеральными и региональными сервисами, так и с информацией из отраслевых и общегородских информационно-справочных систем для повышения качества анализа, а также для извлечения знаний из большого объема накопленной информации. Одним из примеров таких задач является повышение эффективности размещения объектов нестационарной торговли. Для решения задачи применяются так называемые интегральные коэффициенты доступности объектов торговли и услуг, рассчитываемые средствами ГИС ОИВ на основе различных показателей (численность населения в зоне интереса, районе и/или округе; статистические данные от сотовых операторов, характеристики объектов стационарной торговли и т. д.). Один из наиболее интересных показателей в данном случае — статистические данные от сотовых операторов, накапливаемые постоянно и составляющие десятки и сотни миллионов агрегированных записей о точках притяжения (парки, торговые и развлекательные центры...). Модели, сегментирующие посетителей на группы, позволяют понять, сколько из посетителей зоны, например, приезжают на работу, а сколько являются жителями района или вообще были проездом. Подобные решения

способствуют повышению эффективности планирования программ обеспечения жителей города объектами предоставления услуг в исследуемом районе. Только в 2015 г. было определено 280 зон с низкой обеспеченностью продовольственными магазинами и оптимизирована схема размещения нестационарных торговых объектов. Кроме того, интеграция множества разнородных геоданных позволила выявить расхождение в границах более 4000 объектов городского хозяйства и обеспечить оптимальное использование финансовых ресурсов на их содержание, а также оперативно скорректировать исходные данные для градостроительного проектирования на территориях Троицкого и Новомосковского административных округов Москвы.

Интеграция ГИС ОИВ с мобильными приложениями для инспекторов обеспечивает передачу информации «с земли» непосредственно оператору контролирующего органа власти и оперативное формирование заданий инспекторам и/или аварийным службам на принятие мер в части объектов незаконного строительства, проведения аварийно-восстановительных и дорожно-строительных работ, благоустройства и капитального ремонта.

Особым блоком работ в рамках второго этапа стоят мероприятия по изменению нормативно-правовой базы. В данном направлении специалистам Департамента информационных технологий Москвы удалось добиться даже больше запланированного. Помимо внесения изменений в существующие нормативно-правовые акты Правительства Москвы, в сжатые сроки обеспечена разработка предложений по решению проблем и снятию ограничений в области применения данных космической съемки, доложенных мэром Москвы С. С. Собяниным на очередном заседании Правительственной комиссии по использованию информационных технологий для улучшения качества



Рис. 2. Контроль хода капитального ремонта здания с помощью трехмерных панорам ЕГИП



Рис. 3. Согласование типа архитектурного решения для нестационарных торговых объектов

жизни и условий ведения предпринимательской деятельности 15 ноября 2013 г. Утверждение Председателем Правительства Российской Федерации разработанных членами Рабочей группы по вопросам пространственных данных Правительственной комиссии постановлений, снимающих ограничения и закрепляющих возможность открытого

получения, распространения и применения космических снимков высокого и сверхвысокого пространственного разрешения, позволит расширить сферу применения данных дистанционного зондирования и повысить качество исполнения федеральных и региональных государственных программ в области геоинформатики.

А. А. Глотов (компания «Совзонд»)

В 2009 г. окончил Воронежский государственный университет по специальности «география». В настоящее время — руководитель отдела разработки ГИС компании «Совзонд». Кандидат географических наук.

«Геоаналитика.Архив» — основа корпоративной геоинформационной инфраструктуры

Одной из важнейших задач любой организации, использующей в своих бизнес-процессах пространственные данные, является создание эффективной инфраструктуры для управления ими, структурированного хранения, разграничения прав доступа и интеграции с другими специализированными информационными системами. По сути, речь идет о формировании корпоративной инфраструктуры пространственных данных. Выбор информационных систем, предоставляющих подобный функционал, как правило, определяется следующими критериями:

- наличие гибких инструментов импорта и экспорта данных;
- проверка данных на предмет целостности, соответствия стандарту метаданных и наличия дубликатов в хранилище;
- возможность эффективного управления правами доступа к данным в рамках организации;
- наличие многокритериального поиска данных;
- наличие прикладного интерфейса разработки приложений (API) для интеграции с внешней информационной инфраструктурой и т. д.

В качестве дополнительного требования можно отметить возможность реализации бизнес-модели «данные как сервис» (Data As a Service — DaaS) на базе системы.

Одним из стереотипов при внедрении информационных систем для формирования банков данных является суждение, что целевым рынком выступают организации, накопившие большие объемы данных и сформировавшие потребность в структурировании и создании эффективных механизмов управления ими. Подобное мнение в определенной мере верно, но внедрение такой системы на начальной стадии формирования банка данных способно снизить издержки по анализу и организации хранения накопленных массивов информации, уменьшить повторные инвестиции в создание (приобретение) данных, а также заложить прочный фундамент геоинформационной инфраструктуры организации.

Для решения вышеуказанных задач в компании «Совзонд» была разработана информационная система «Геоаналитика.Архив», входящая в линейку программных продуктов «Геоаналитика» и предназначенная для формирования банков пространственных данных различного уровня и назначения.

Система «Геоаналитика.Архив» обладает большим набором функциональных возможностей, среди которых следует выделить следующие:

Пакетный импорт данных

Позволяет выполнять регистрацию больших объемов данных в системе, в процессе

импорта выполняется синтаксический анализ метаданных и проверка корректности параметров с уведомлением оператора о результате процесса. На стадии импорта также выполняется проверка данных на наличие дубликата, что позволяет рационально использовать аппаратные мощности организации, так как исключается дублирование данных.

Разграничение прав доступа к данным

Реализуется в двух направлениях:

- гибкая система управления правами пользователей и ролями. Функциональные возможности «Геоаналитика.Архив» позволяют управлять ролями и правами отдельных пользователей в зависимости от специфики работы организации;
- система управления доступом к данным в формате проектов. Проектом в рамках

системы является определенный набор данных с определяемым кругом пользователей, имеющих к ним доступ (рис. 1).

Поиск пространственных данных.

В системе «Геоаналитика.Архив» поиск осуществляется по пространственным и атрибутивным характеристикам:

- тип данных;
- космический аппарат;
- период;
- облачность;
- пространственное разрешение;
- тип продукта;
- уровень обработки и др.

Поддерживается импорт геометрии в форматах .shp, WKT и GeoJSON, а также экспорт метаданных по выбранному покрытию в нескольких наиболее распространенных форматах.

Описание
Доступ

Спутник	Количество снимков	Площадь покрытия	Процент покрытия
Rapideye	18	36174.9	100
Всего:	18	36174.9 км²	100 %

Снимки в проекте (18 из 18)
Рекомендованные снимки
Поиск снимков
Экспорт (18 из 18)
Удалить (18)

<input checked="" type="checkbox"/>	Дата съемки	№ заказа	№ по каталогу	№ договора	Спутник	Обл...	Разр...	Угол отк...	Продукт	Уровень обработки	Ссылка
<input checked="" type="checkbox"/>	15.09.2014	278123	18927945	Совзонд	Rapideye	2%	5.00 м	10.39°	MS	1B Basic Product	подробно
<input checked="" type="checkbox"/>	12.09.2014	276936	18887805	Совзонд	Rapideye	4%	5.00 м	16.64°	MS	1B Basic Product	подробно

Рис. 1. Интерфейс проекта в системе «Геоаналитика.Архив»

Поисковая система позволяет анализировать покрытие данными интересующего участка территории с возможностью экспорта в формате шейп-файла покрытой и непокрытой частей области интереса (рис. 2).

Детализированная информация о данных

В системе «Геоаналитика.Архив» реализован просмотр детализированной информации (метаданных) по каждой единице хранения с возможностью экспорта метаданных в форматах .shp, .tab, .csv, WKT, GeoJSON и графических файлов для загруженных космических снимков.

Аналитика.

Информационная система предоставляет широкие функциональные возможности для ведения аналитики как по банку геоданных в целом (рис. 3), так и по каждому проекту. Это позволяет выполнять оценку общих объемов хранимых данных и динамику пополнения хранилища в разрезе различных типов данных, космических аппаратов с указанием площадных характеристик покрытия и возможности его экспорта в шейп-файл.

Интеграция и расширение функциональных возможностей

Создание банка пространственных данных организации с использованием информационной системы «Геоаналитика.Архив» открывает широкие возможности для формирования корпоративных геоинформационных и информационно-аналитических систем. Наличие полнофункционального REST API позволяет интегрировать данное решение в информационную инфраструктуру организации с широкими возможностями автоматизации бизнес-процессов, связанных с пространственной информацией, включая механизмы автоматизированного анализа и публикации данных в виде веб-сервисов OGC (WMS, WMTS, WFS, WCS и др.).

В общем случае можно выделить два основных сценария внедрения системы «Геоаналитика.Архив»:

1. При уже существующей геоинформационной инфраструктуре, созданной на базе известных вендоров программного обеспечения. В данном случае система

Дата съемки	№ спутника	№ координат	Назначение	Спутник	Обл.	Разр.	Прол. см.	Результат	Уровень обработки	Статус
06.02.2015	05410448202L_01_P021	104021030779350	031-15-LDN-OK	WorldView-3	0%	0,50 м	18,00"	RAW	Standard	подготовлен
28.04.2015	05400100000L_01_P020	105041010124480	MPPR_AA_RE	WorldView-3	0%	0,50 м	14,00"	BGRN	Standard	подготовлен
09.05.2015	05400100000L_01_P021	105041010124480	MPPR_AA_RE	WorldView-3	0%	0,50 м	14,00"	BGRN	Standard	подготовлен
23.06.2015	3504719	21148112	MPPR_AA_RE	РадарСв	0%	6,00 м	9,64"	MS	18 Basic Product	подготовлен
27.06.2015	3504719	21204813	MPPR_AA	РадарСв	10%	6,00 м	6,40"	MS	18 Basic Product	подготовлен
03.07.2015	3504717	21202072	MPPR_AA_RE	РадарСв	1%	6,00 м	12,90"	MS	18 Basic Product	подготовлен
16.07.2015	3504717	21455765	MPPR_AA_RE	РадарСв	17%	6,00 м	2,70"	MS	18 Basic Product	подготовлен
22.07.2015	300260	21656655	MPPR_AA_RE	РадарСв	0%	6,00 м	12,90"	MS	18 Basic Product	подготовлен

Рис. 2. Интерфейс поиска

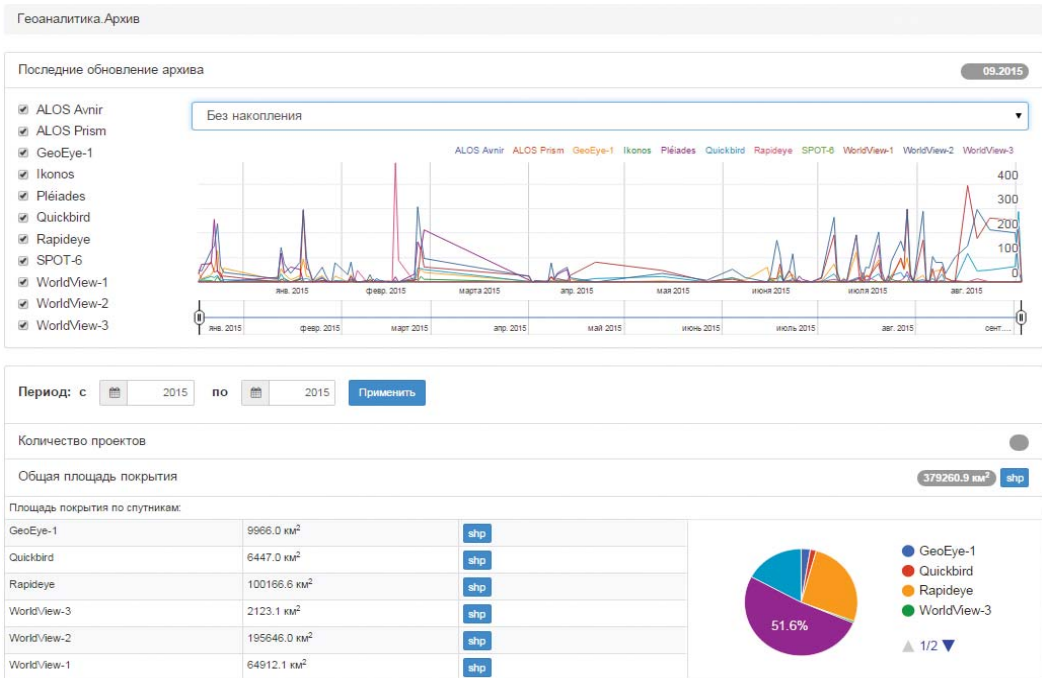


Рис. 3. Аналитика по банку геоданных

способна занять нишу банка геоданных и интегрироваться с остальными компонентами ГИС за счет API. При этом задачи публикации в виде веб-сервисов, построения рабочих процессов анализа данных и другой дополнительной функциональности остаются в рамках существующих компонентов ГИС.

2. Система «Геоаналитика.Архив» может выступить центральным звеном формирования новой корпоративной ГИС или перевода существующей инфраструктуры на другую платформу. Второй сценарий подразумевает использование платформы «Геоаналитика» для формирования ГИС организации, включая возможность реализации функциональности предоставления данных, хранящихся в системе «Геоаналитика.Архив», в виде веб-сервисов ОГС с использованием

ГИС-сервера «Геоаналитика.Сервер» (на базе библиотеки с открытым исходным кодом mapnik), а также процессов автоматизированного анализа данных.

Реализация второго сценария построения бизнес-процессов на базе геоинформационной платформы «Геоаналитика» рассмотрена нами для задач сельскохозяйственного мониторинга на примере геоинформационного сервиса поддержки принятия решений «Геоаналитика.Агро» [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мышляков С. Г. «Геоаналитика.Агро» — инновационное решение для сельскохозяйственного мониторинга / С. Г. Мышляков, А. А. Глотов // // Геоматика. - М., — 2015. — № 2. — С. 58–62.

К. Н. Айтимов (ТОО «Астанагорархитектура», Республика Казахстан)

В 1982 г. окончил Алмаатинский архитектурно-строительный институт (Казахская головная архитектурно-строительная академия), Институт рынка при Казахской государственной академии управления. С 2006 г. заместитель директора Астанинского филиала РГП «Госэкспертиза» РГП «Госэкспертиза проектов» Комитета по делам строительства Министерства индустрии и торговли Республики Казахстан. Директор ТОО «Астанагорархитектура».

Д.М. Селиванов (ТОО «Астанагорархитектура», Республика Казахстан)

В 2000 г. окончил Акмолинский аграрный университет им. С. Сейфуллина. В настоящее время - Начальник отдела архитектуры и застройки районов индивидуального жилья ТОО «Астанагорархитектура».

Автоматизированная информационная система «Дежурный план города Астаны»

В соответствии с поручением акимата города Астаны в 2013 г. в целях осуществления постоянного мониторинга объектов архитектурной, градостроительной и строительной деятельности, формирования актуальной информации о состоянии застройки по всей территории города Астаны и принятия оперативных решений по различным градостроительным ситуациям, ТОО «Астанагорархитектура» осуществляет услугу по ведению дежурного плана города Астаны.

В 2013 г. ТОО «Астанагорархитектура» впервые разработало и применило специальное программное обеспечение «Автоматизированная информационная система «Дежурный план города Астаны» (рис. 1). Данная программа позволяет автоматизировать существующие производственные процессы отделов ТОО «Астанагорархитектура» при отводах земельных участков и мониторинге застройки. Постоянное заполнение данной базы отделами в пределах своей компетенции позволяет хранить актуальную и разрозненную информацию в едином хранилище.

Дежурный план дает полное и наглядное представление заинтересованным органам и всем участникам градостроительного процесса о фактических и намечаемых изменениях в планировке застройки, обеспечивает гласность и возможность участия в обсуждении решений до их утверждения.

Одним из главных элементов дежурного плана города является картографическая база данных. Оптимальной средой для хранения и управления дежурным планом являются геоинформационные системы. Нами в качестве основной программной ГИС-платформы была выбрана ArcGIS от компании Esri.

В связи с высокой стоимостью топографической основы и большими временными затратами на ее осуществление для целей первичного мониторинга застройки компанией «Совзонд» были поставлены космические снимки спутника WorldView-2 на территорию города Астаны. Применение данных дистанционного зондирования Земли совместно с данными геоинформационной системы позволяет оперативно отслеживать изменение застройки

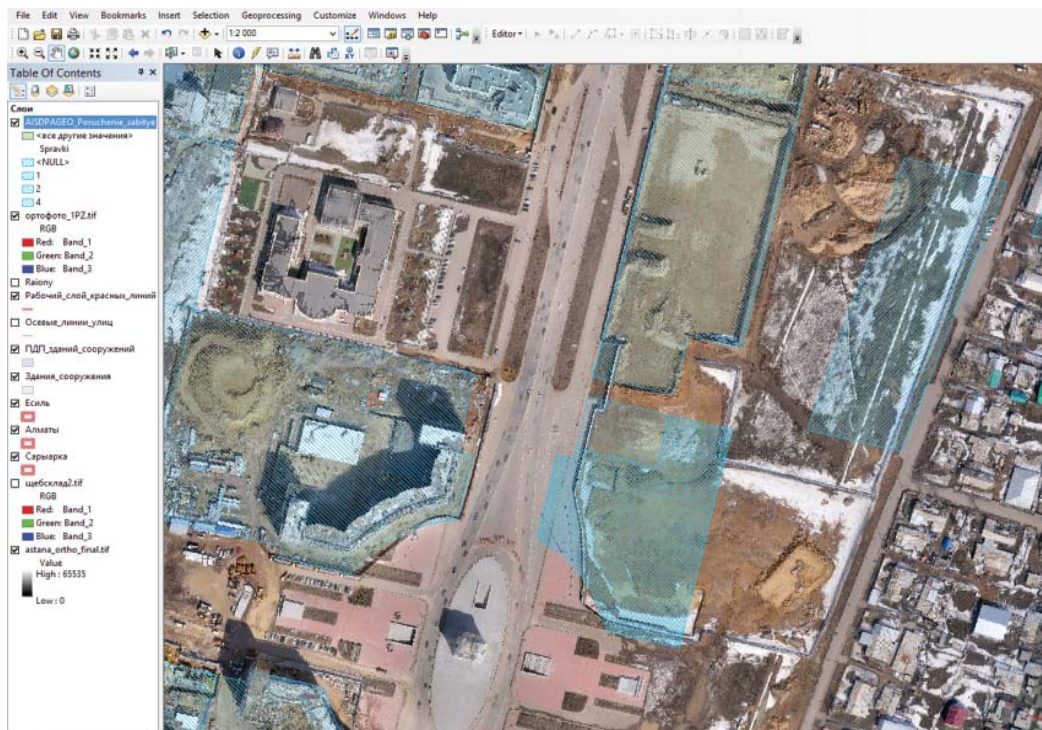


Рис. 1. Интерфейс ПО «Автоматизированная информационная система «Дежурный план города Астаны»

на территории города, а также проводить анализ.

Автоматизированная технология ведения дежурного плана обеспечивает поддержку решения следующих задач:

- ведение дежурного плана;
- ведение дежурного топографического плана;
- выдача исходно-разрешительных документов;
- контроль согласований;
- подготовка справки с дежурного плана (рис. 2);
- мониторинг застройки города.

Изменения в дежурный план вносятся на основании:

- материалов, сформированных по результатам инженерных изысканий

(геодезических, геологических, гидрологических);

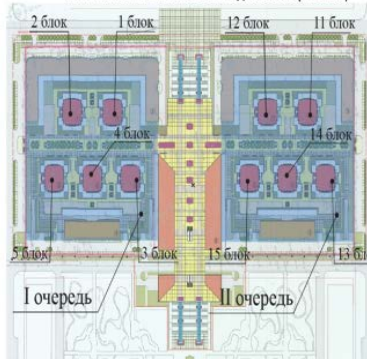
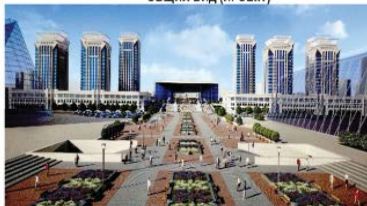
- материалов исполнительных геодезических съемок объектов, законченных строительством, реконструкцией, капитальным ремонтом.

Функциональная часть системы состоит из следующих подсистем:

- **«Мониторинг застройки»** — предназначена для ввода, хранения и предоставления материалов по результатам мониторинга на различных этапах строительства, а также для формирования отчетов по результатам мониторинга.
- **«Классификаторы и справочники»** — несет вспомогательную функцию и содержит в себе классификаторы, используемые во всех подсистемах,

СТРУКТУРА ДЕЖУРНОГО ПЛАНА ГОРОДА АСТАНЫ (НА 1 ОБЪЕКТ)

Наименование	№ п/п	Объект						
Заказчик	1	ТООС Компания "Городы Астаны"						
Наименование объекта	2	Административно-деловая комплекс (офис)						
Адрес объекта	3	ул. Ж. Навоибердская						
Площадь участка, га	4	10,1484						
Дата предоставления, размещения	5	№ 37-273 от 08.04.2011г., № 197-1788 от 22.10.2013г., № 37-273 от 08.04.2011г., № 197-801 от 20.05.2014г.						
Вид финансирования (исходные данные, проектирование, строительство)	6	аренда, частная собственность						
График освоения	7	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Вид работ</th> <th>Начало работ</th> <th>Окончание работ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>завершение проектирование</td> <td>26.09.2014</td> <td>26.03.2015</td> </tr> </tbody> </table>	Вид работ	Начало работ	Окончание работ	завершение проектирование	26.09.2014	26.03.2015
Вид работ	Начало работ	Окончание работ						
завершение проектирование	26.09.2014	26.03.2015						
Срок окончания действия постановления	8	№ 37-273 от 08.10.2010г., № 197-1788 от 22.04.2014г., № 37-273 от 08.10.2011г., № 197-801 от 20.11.2014г.						
Координаты	9	№ 261 от 25.04.2011г., № 1202 от 26.08.2012г.						
АПУ	10	№ 15 от 31.05.2011г., № 1251 от 23.05.2012г.						
№	Дата	Организация	Заключение					
11	11.09.10	АО "Астана-департамент административной компании"	есть					
12	23.05.2012	АО "Астана-телекоммуникации"	есть					
13	15.05.2012	ПТТ "Астана-отдел связи"	есть					
14	10.08.2012	Управление землеустройства и коммунального хозяйства города Астаны	есть					
Схема трасс	12	02.07.2012 г.						
Топографическая съемка для проектирования	13	16.01.2013 г.						
Эскизный проект	14	№ 5827 (допол.) от 31.07.2014г., № 3838 от 08.08.2012г.						
Технико-экономические показатели по эскизному проекту	ТЭП							
	Наименование показателя	Единица измерения	Эскизный проект № 5827 (допол.) от 31.07.2014г.					
	Количество мест на парковку	мест	652 (1 очередь)					
	Количество квартир (блок 3,4,5)	квартир	511					
Технико-экономические показатели по эскизному проекту	Материалы отделки							
	№ п/п	Часть застройки	Эскизный проект № 5821 (допол.) от 31.01.2014г.					
	1	Цоколь	мрамор, агломерат, гранит, гранит, гранит					
	2	Скала	керамическая плитка					
Гравосвет	№ 16 от 05.08.2012 г.							
	№ 17 от 21.05.2012 г.							
Согласование разбивочного плана	№ 17 от 21.05.2012 г.							
	№ 18 от 18.06.2014 г.							
Энергоосвещение	№ 18 от 01.08.2012 г.							
	№ 19 от 01.08.2012 г.							
Заключение экспертизы	ТЭП							
	Наименование показателя	Единица измерения	Заключение экспертизы № 811 от 06.12.2013 г.					
	Количество мест на парковку	мест	652 (1 очередь)					
	Количество квартир (блок 3,4,5)	квартир	511					
Технико-экономические показатели по заключению экспертизы	Материалы отделки							
	№ п/п	Часть застройки	Заключение экспертизы № 811 от 06.12.2013 г.					
	1	Цоколь	мрамор, агломерат, гранит, гранит, гранит					
	2	Скала	керамическая плитка					
Фасады по проекту (подготовочные материалы)	№ 21 от 01.08.2012 г.							
	№ 22 от 01.08.2012 г.							
Информация об участии в собственности земельных участков	№ 23 от 120-2000 (1 оч. блок 1, 2) от 25.11.2013г., № 120-494 (1 оч. блок 3, 4, 5) от 02.04.2014г., № 120-2030 (блок 1, 2) от 25.11.2013г.							
	№ 120-494 (блок 3,4,5) от 02.04.2014г., № 120-1497 (блок 7) от 08.09.2014г., № 120-1509 (блок 11,12,13,14,15) от 17.11.2014г.							
Поставление на строительство	№ 120-2000 (1 оч. блок 1, 2) от 25.11.2013г., № 120-494 (1 оч. блок 3, 4, 5) от 02.04.2014г., № 120-2030 (блок 1, 2) от 25.11.2013г.							
	№ 120-494 (блок 3,4,5) от 02.04.2014г., № 120-1497 (блок 7) от 08.09.2014г., № 120-1509 (блок 11,12,13,14,15) от 17.11.2014г.							
Срок действия постановления	№ 120-2000 (1 оч. блок 1, 2) от 25.11.2013г., № 120-494 (1 оч. блок 3, 4, 5) от 02.04.2014г., № 120-2030 (блок 1, 2) от 25.11.2013г.							
	№ 120-494 (блок 3,4,5) от 02.04.2014г., № 120-1497 (блок 7) от 08.09.2014г., № 120-1509 (блок 11,12,13,14,15) от 17.11.2014г.							
Разрешение СМР	№ 25 от 08.12.2013г.							
	№ 26 от 21.05.2012г.							

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН С ОЧЕРЕДНОСТЬЮ (ПРОЕКТ)

ОБЩИЙ ВИД (ПРОЕКТ)

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ НА 11.07.2014 г.
Рис. 2. Дежурный план города Астаны. Справка об объекте

а также предназначена для формирования справочников.

- «Электронный архив» — предназначена для учета, хранения и предоставления документов в различных электронных форматах. Подсистема интегрирована в подсистемы «Журналы и АРМы ввода», «Топографическая съемка», «Мониторинг застройки» и представляет собой интерактивные модули для загрузки файлов в систему.

Использование адресной системы в составе автоматизированной технологии ведения

дежурного плана позволяет однозначно определять расположение объекта на территории города, устранять возможность неправильного ввода названия улицы, контролировать присвоение адресов новым объектам и т. д.

Таким образом, внедрение автоматизированной технологии ведения дежурного плана города Астаны позволило повысить скорость обработки информации и усилить контроль за качеством выполнения работ по строительству и реконструкции на территории города.

Новосибирск
Россия

Interexpo
Geo
SIBERIA

Novosibirsk
Russia

Международный форум

Интерэкспо

Гео-Сибирь

20 - 22 апреля 2016

Организаторы / Organizers

Партнер Форума / Partner of the Forum



СГУГИТ
СИБИРСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОСИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ

sgugit-geosib.ru

Interexpo
Geo
SIBERIA
www.expo-geo.ru

**NOVOSIBIRSK
EXPO CENTRE**

Официальная поддержка / Official support



EAGE



GIM
INTERNATIONAL



Итоги 11-й международной выставки и научного конгресса «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015»

20–22 апреля 2015 г. в МВК «Новосибирск Экспоцентр» прошла 11-я международная выставка и научный конгресс «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015».

Организатор — ФГБУ ВПО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий» (СГУГиТ), выставочный оператор — ООО «ИнтерГЕО Сибирь», партнер форума «Интерэкспо ГЕО-Сибирь» — МВК «Новосибирск ЭкспоЦентр». Мероприятие прошло при поддержке аппарата полномочного представителя Президента РФ в Сибирском федеральном округе (СФО), Президиума СО РАН, Международного общества фотограмметрии и дистанционного зондирования (ISPRS), Международной федерации геодезистов (FIG), Международной картографической ассоциации (ICA) и др.

В рамках форума «Интерэкспо ГЕО-Сибирь» прошли международный научный конгресс «Электронное геопространство на службе общества» и международная выставка.

Перспективы производства и применения беспилотных летательных аппаратов, развитие городских агломераций, совершенствование технологий трехмерного лазерного сканирования, прогнозирование паводков, использование спутниковых навигационных систем, совершенствование подготовки кадров и всей системы высшего образования — эти и другие вопросы обсуждались на конгрессе и были представлены участниками выставочной экспозиции.

Участниками конгресса стали 296 организаций из 52 городов России, а также Германии, Швейцарии, Нидерландов,



Израиля, Швейцарии, Австрии, Канады, США, Чешской Республики, Нигерии, Бельгии, Китая, Финляндии, Узбекистана, Казахстана, Монголии, Белоруссии (всего 24 страны-участницы). Численность иностранной делегации – 47 человека.

Одним из важных и значимых событий в рамках «Интерэкспо ГЕО-Сибирь» стала II Международная конференция рабочей группы ISPRS IV/2 «Глобальная пространственная информация и глобальное картографирование растительного покрова и землепользований высокого разрешения».

Всего в Форуме приняли участие более 300 отраслевых организаций, а также руководители и представители органов государственного и муниципального управления и хозяйствующих субъектов, вузов, НИИ, ведущие мировые разработчики средств измерений, программного обеспе-

чения и технологий; ученые и специалисты России, стран ближнего и дальнего зарубежья.

1700 специалистов в области систем государственного и муниципального управления, учета и регистрации имущества, специализированных геоинформационных систем, геодезии, картографии, дистанционного зондирования Земли, кадастра, маркшейдерии, землеустройства, геоэкологии, геомониторинга, научной, образовательной и производственной деятельности ознакомились с продукцией на стендах, а также приняли участие в деловой программе форума из 40 городов России и стран СНГ.

В выставке приняли участие 65 ведущих компаний геоинформационной отрасли России и зарубежья. Из них 10 иностранных фирм и 55 отечественных из 10 стран и 13 городов России — GEOkomm (Германия), Optech (Канада), Trimble Export Limited, московское представительство, компания «Совзонд», ФГБУ «Рослесинфорг» «Запсиблеспроект» (Новосибирск), Сибирский филиал НИЦ «Планета» (Новосибирск) и др.

На стендах и в программе форума компании представили самые современные достижения геоотрасли разработчиков и производителей со всего мира по направлениям:

- Геоинформационные системы. ГИС-приложения различного назначения.
- Данные ДЗ и программные продукты по их обработке.
- Навигационные системы.
- Цифровое аэросъемочное оборудование, технологии.
- БПЛА.
- Геодезическое оборудование, инструменты, программное обеспечение. Сервисное обслуживание. Инженерно-геодезические работы.
- Средства бесконтактного получения

3D-моделей реальных объектов, технология их применения. Трехмерные модели объектов территорий. Современные методы проектирования в 3D.

- Геодезическое обеспечение, технологии и методы выполнения работ по поиску, разведке и разработке полезных ископаемых
- Технологии и методы выполнения работ, по геодезическому обеспечению изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации инженерных сооружений.
- Технологии сбора геопространственных данных об объектах городской инфраструктуры, функционировании городского хозяйства. Технологии создания и ведения муниципальных ГИС.
- Картографическая продукция.
- Современные технологии создания, обновления, мониторинга цифровых карт и планов.
- Информационные кадастровые системы. Способы разграничения объектов различного вида собственности и оценки недвижимости.
- Формирование государственного Лесного реестра, составление лесных планов субъектов Федерации.

Компания «Совзонд» (Москва) — одна из ведущих российских компаний в области геоинформационных технологий — провела семинар «WorldView-3 и сервисы DigitalGlobe: «Уникальные технологии и услуги в области дистанционного зондирования Земли из космоса», на котором специалисты рассказали о возможностях нового спутника ДЗЗ WorldView-3, который выполняет съемку Земли с высочайшим пространственным разрешением и с уникальными спектральными характеристиками.

Разнообразие тематического наполнения и широкая география участников в очередной раз подтвердили статус форума «Интерэкспо ГЕО-Сибирь» как одного из ведущих выставочно-конгрессных мероприятий России в геоинформационной отрасли.

Глобальные цифровые модели рельефа

WorldDEM

Продукт WorldDEM от компании Airbus Defence and Space — уникальная высокоточная глобальная цифровая модель рельефа (ЦМР). WorldDEM превосходит все существующие на сегодняшний день ЦМР, полученные по данным дистанционного зондирования Земли:

- относительная точность по высоте — 2 м, абсолютная — 4 м;
- размер ячейки сетки 12x12 м;
- доступность на всю земную поверхность — 150 млн кв. км.
- достоверная информация о рельефе в любой точке земного шара;
- глобальная однородность данных, полученных в течение 3 лет.

WorldDEM создается по данным съемки с космических аппаратов TanDEM-X и TerraSAR-X — совместный проект государственно-частного партнерства между Германским аэрокосмическим центром (DLR) и компанией Airbus Defence and Space, которая обладает исключительными коммерческими правами и отвечает за адаптацию ЦМР к потребностям пользователей по всему миру.

WorldDEM доступен в трех вариантах:

- WorldDEMcore — необработанная цифровая модель местности (ЦММ), на которой могут быть видны дефекты, присущие радарной съемке, и пропуски информации.
- WorldDEM™ — обработанная ЦММ с добавлением гидрографии: речные долины, реки, береговая линия.
- WorldDEM DTM — ЦМР с исключением объектов растительного покрова и антропогенных объектов.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ WORLDDEM

Базовые данные	Интерферометрические пары радарных снимков спутников TerraSAR-X и TanDEM-X
Год создания	2014–2015, продолжает дополняться
Разработчик	Airbus Defence and Space
Распространение	На коммерческой основе
Описание	http://www.geo-airbusds.com/worlddem/
Покрытие	Вся земная поверхность
Размер ячейки сетки	0,4'' x 0,4'' (12x12 м)
Абсолютная точность по высоте	LE90 — 4 м
Относительная точность по высоте	LE90 — 2 м

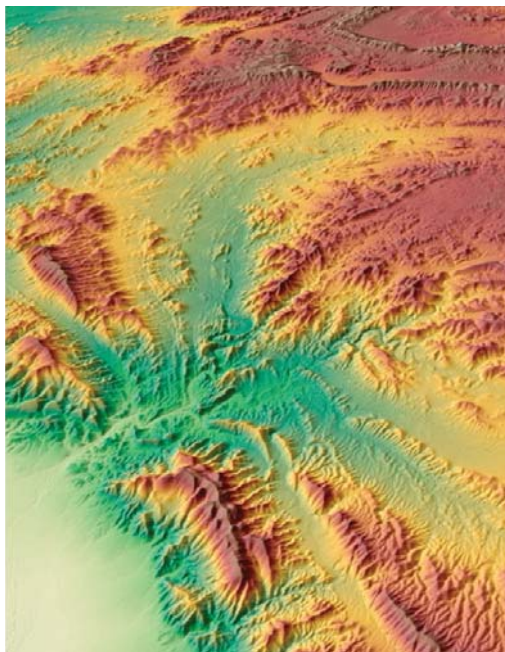


Рис. 1. ЦМР WorldDEM, город Парачилна, Австралия

NextMap World 10 и World 30

Цифровые модели рельефа NextMap World 10 и NextMap World 30 от компании Intermap — коммерческие продукты, охватывающие всю поверхность Земли площадью 150 млн кв. км. NextMap World 10 и NextMap World 30 созданы путем интеграции данных космической съемки и ЦМР (SRTM, ASTER GDEM2, GTOPO30), а также данных лазерного сканирования со спутника ICESat. Сочетание оптических и радарных

данных дистанционного зондирования Земли с данными лазерного сканирования, а также использование уже созданных ЦМР позволило получить глобальные модели рельефа. NextMap World 10 и NextMap World 30 могут эффективно применяться во многих отраслях: телекоммуникации, энергетике, прогнозировании рисков, обороне, управлении водными ресурсами, сельском хозяйстве. ЦМР от компании Intermap — хороший пример сочетания качества и цены.

NEXTMAP WORLD 10 И WORLD 30

	World 10	World 30
Базовые данные	SRTM, ASTER GDEM2, данные лазерного сканирования ICESat	SRTM, ASTER GDEM2, GTOPO30, данные лазерного сканирования ICESat
Год создания	2015	2012
Разработчик	Intermap (США)	
Распространение	На коммерческой основе	
Описание	http://www.intermap.com/data/nextmap-world-10	http://www.intermap.com/data/nextmap-world-30
Покрытие	Вся земная поверхность	
Размер ячейки сетки	0,4'' x 0,4'' (10x10 м)	1'' x 1'' (30x30 м)
Абсолютная точность по высоте	LE90 — от 10 м (точность зависит от источника данных и от территории)	

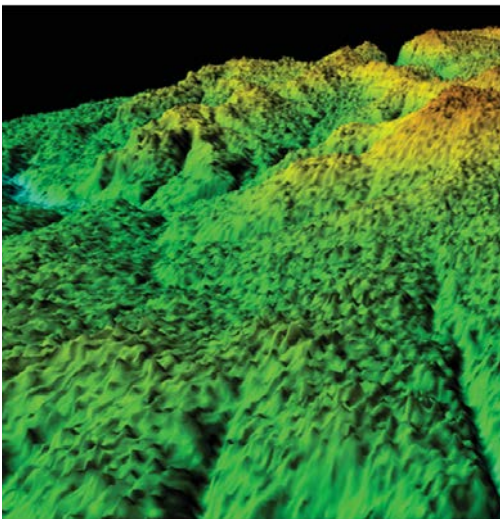


Рис. 2. ЦМР NextMap World 10

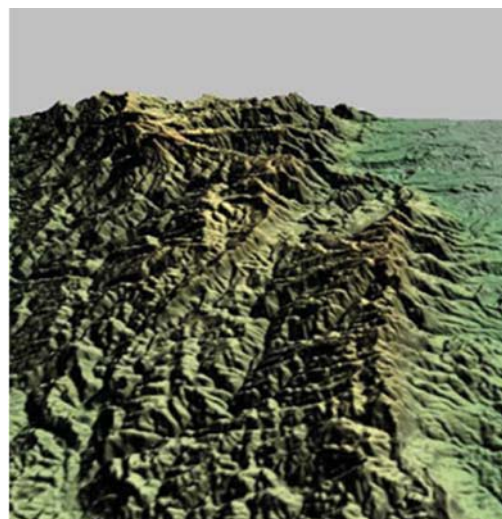


Рис. 3. ЦМР NextMap World 30

ALOS AW3D

ALOS AW3D (ALOS World 3D Topographic-data) — новый продукт от компаний NTT DATA и RESTEC (Япония), полученный в результате применения алгоритмов потоковой обработки данных с нового радарного спутника ALOS-2 и архивных оптических снимков со спутника ALOS, выведенного из эксплуатации.

Предлагаются следующие уровни обработки ЦМР ALOS AW3D:

- Level 1 DSM (Raw) — цифровая модель местности по необработанным данным, остаются дефекты съемки.

- Level 2 DSM (Standard) — данные, используемые для построения модели, проходят проверку: добавляются непокрытые участки, устраняются ошибки.

- Level 3 DTM — ЦМР с вычетом высот зданий и древесной растительности.

Дополнительные продукты:

- Панхроматическое ортофото — ортокорректированные изображения с сенсора PRISM. Область ограничена размером сцены или участком построения DSM/DTM.

- Цветное ортофото — ортокорректированная мозаика с разрешением 2,5 м на участок продукта DSM или DTM.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ALOS AW3D

Базовые данные	Радарные снимки со спутника ALOS-2 и архивные оптические данные со спутника ALOS
Год создания	2015–2016
Разработчик	NTT DATA, RESTEC (Япония)
Распространение	На коммерческой основе
Описание	http://alos-world3d.jp/en/
Покрытие	Вся земная поверхность
Размер ячейки сетки	0,2'' x 0,2'' (5x5 м). По заказу — 0,1" (2,5x2,5 м)
Абсолютная точность по высоте	LE90 — от 5 м

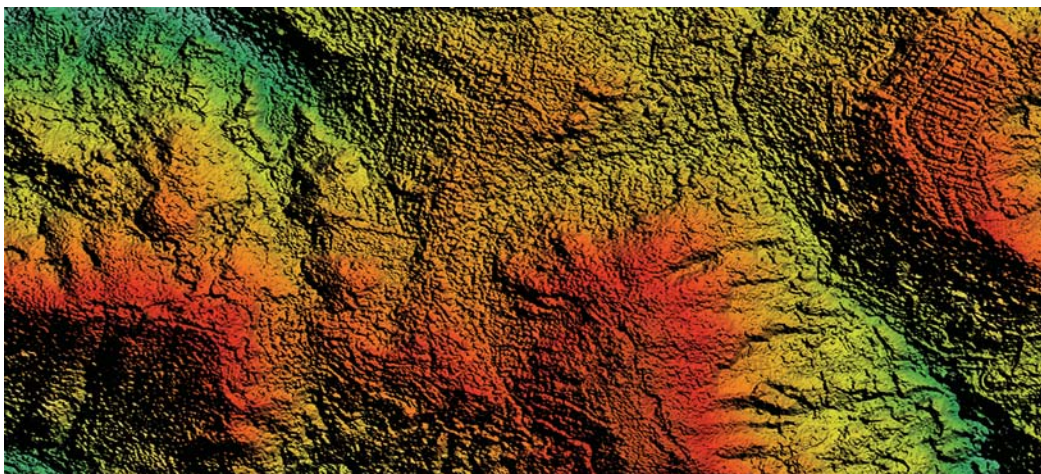


Рис. 4. ЦМР ALOS AW3D, г. Нагасаки (Япония)

SRTM

В 2000 году с борта космического корабля многоразового пользования Shuttle была проведена радарная интерферометрическая съемка поверхности Земли. Съемка велась сенсорами SIR-C и X-SAR и охватывала почти всю территории Земли между 60° с.ш. и 56° ю.ш. По результатам съемки SIR-C (SRTM C-band) была создана ЦМР почти 80% поверхности Земли. Данные SRTM существуют в нескольких версиях. Более точные данные

SRTM1 с размером ячейки 30x30 м доступны на территорию США. На остальную поверхность Земли доступны только данные SRTM3 с размером ячейки 90x90 м. Все данные находятся в открытом доступе и доступны для скачивания.

В 2011 году по данным съемки сенсора X-SAR Германское аэрокосмическое агентство (DLR) создало ЦМР SRTM X-band с размером ячейки 30x30 м. Данная ЦМР содержит значительные провалы между полосами съемки: чем южнее, тем больше пропусков.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ SRTM

	C-band	X-band
Базовые данные	Интерферометрические пары радарных снимков, полученные в 2000 г. съемкой с борта космического корабля многоразового пользования Shuttle	
Год создания	2003	2011
Разработчик	NASA, NGA (США)	DLR (Германия)
Распространение	В свободном доступе	
Описание	http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/dataprod.htm	http://www.dlr.de/eoc/en/desktopdefault.aspx/tabid-5515/9214_read-17716/
Покрытие	60° с.ш. – 56° ю.ш. (80% поверхности земного шара)	
Размер ячейки сетки	1'' x 1'' (30x30 м на территорию США); 3'' x 3'' (90x90 м на остальной мир)	1'' x 1'' (30x30 м)
Абсолютная точность по высоте	LE90 — <=16 м	LE90 — <=16 м
Относительная точность по высоте	LE90 — <=10 м	LE90 — <=6 м



Рис. 5. ЦМР SRTM C-band, г-во Оман

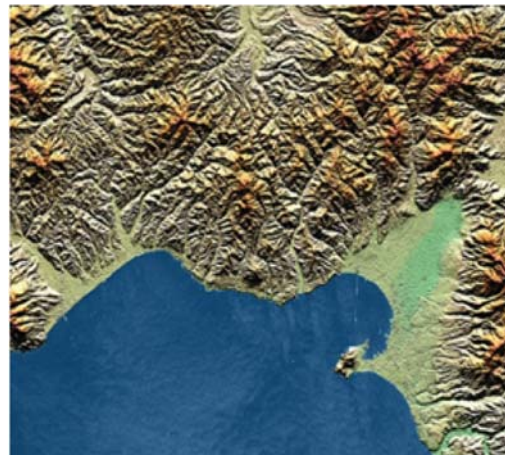


Рис. 7. ЦМР SRTM X-band, о. Хоккайдо, Япония

ASTER GDEM

Продукт ASTER GDEM (Global Digital Elevation Model) разработан совместно METI (Ministry of Economy, Trade, and Industry of Japan) и NASA на основе данных сенсора ASTER спутника Terra. Сенсор имеет возможность стереоскопической съемки вдоль полосы пролета с помощью двух телескопов, снимающих в нади́р и назад в ближнем инфракрасном диапазоне с разрешением 15 м.

Для создания ЦМР ASTER GDEM использовалась автоматическая обработка всего архива данных ASTER, насчитывающего 1,5 млн сцен. В 2011 году была создана улучшенная версия ЦМР — ASTER GDEM Version 2: добавлены новые сцены, исправлены ошибки. Для замены некорректных данных использованы другие ЦМР: SRTM, NED (National Elevation Dataset; USGS), CDED (Canada digital elevation data), Alyaska DEM.

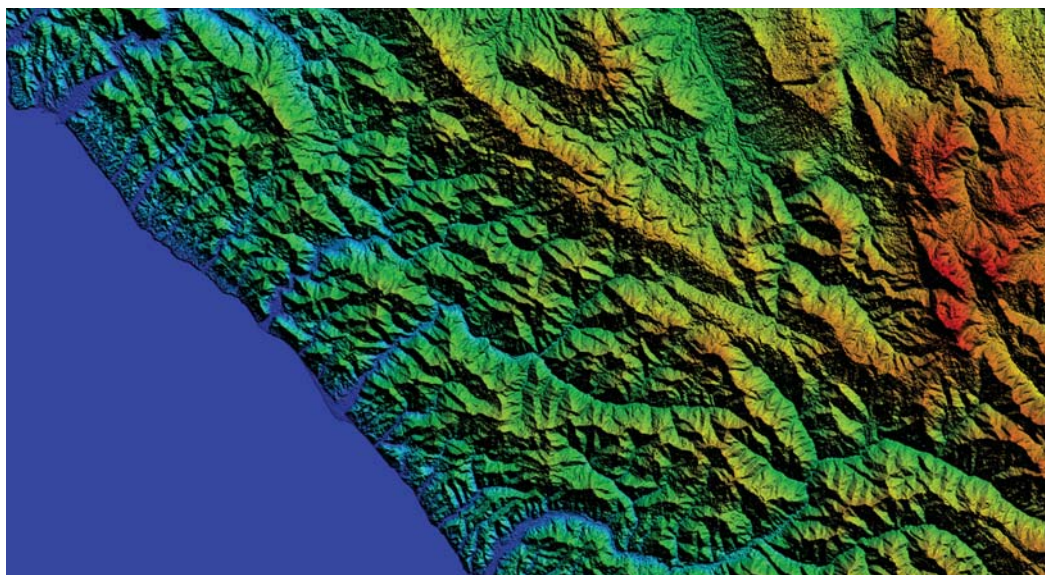


Рис. 8. ЦММ ASTER GDEM, Кавказ

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ASTER GDEM

Базовые данные	Стереопары оптических снимков сенсора ASTER спутника Terra
Год создания	2011
Разработчик	METI (Япония), NASA (США)
Распространение	В свободном доступен (имеются ограничения на использование) http://gdem.ersdac.jspasystems.or.jp/ ; имеются ограничения на использование.
Описание	http://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp
Покрытие	83° с.ш. – 83° ю.ш. (99% поверхности земного шара)
Размер ячейки сетки	1'' x 1'' (30x30 м)
Абсолютная точность по высоте	LE90 — 12–30 м

**13-я Международная выставка
оборудования и программного
обеспечения для геодезии
и геоинформационных систем**



**Забронируйте стенд
на выставку 2016 года**

**18–20 октября 2016
Москва, КВЦ «Сокольники»**



Организатор
Группа компаний ITE
Тел.: +7 (495) 935 81 00
E-mail: geoformexpo@ite-expo.ru

www.geoexpo.ru

ПОДПИСКА на журнал «Геоматика» 2016

1. На почте в любом отделении связи.

Каталог агентства «Роспечать».

Полугодовой подписной индекс — 20609, цена – 435 р. / 2 номера.

2. По системе адресной подписки.

а) Заполните платежный документ (указав количество журналов, общую стоимость).

Стоимость 1 номера: 217 р. 50 к., периодичность выхода: 4 номера в год.

б) Отправьте копию квитанции об оплате:

по факсу: +7 (495) 988-7533;

по e-mail: geomatics@sovzond.ru;

по адресу: 115563, Москва, ул. Шипиловская, д. 28А, бизнес-центр «Милан», компания «Совзонд».

Подписка оформляется с ближайшего номера после поступления оплаты.

В стоимость подписки включена доставка журналов.

ИЗВЕЩЕНИЕ	<p>ООО «Компания СОВЗОНД» ИНН 7720568664 / КПП 772001001 Р/с № 40702810038120110056 Московский банк ОАО «Сбербанк России» г. Москва БИК 044525225 К/с № 30101810400000000225</p> <p>Ф.И.О. _____ Почтовый 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									
Кассир	<p>ООО «Компания СОВЗОНД» ИНН 7720568664 / КПП 772001001 Р/с № 40702810038120110056 Московский банк ОАО «Сбербанк России» г. Москва БИК 044525225 К/с № 30101810400000000225</p> <p>Ф.И.О. _____ Почтовый 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									
Кассир										



13–15 апреля 2016

Международный GIS-Forum

«Интеграция геопространства — будущее информационных технологий»



Конференции



Мастер-классы
и семинары



Круглые столы



Деловые встречи



Выставка



Конкурс



Узнайте больше
на gisforum.ru

УСПЕЙТЕ ЗАРЕГИСТРИРОВАТЬСЯ
на одно из самых масштабных
мероприятий в сфере ГИС и ДЗЗ!



Организатор — компания «Совзонд»
Адрес: ул. Шипиловская, 28а, г. Москва, 115563
Тел.: +7 (495) 988-7511 (доб. 823)
Факс: +7 (495) 988-7533
E-mail: info@gisforum.ru
Web-site: www.gisforum.ru