

Б. Бо (B. Baugh; DigitalGlobe, США)

Разработчик современных геопространственных продуктов департамента исследований и развития компании DigitalGlobe, США

Применение данных ДЗЗ для повышения экономической эффективности планирования сейсморазведочных работ*

ВВЕДЕНИЕ

Новые возможности в коммерческом дистанционном зондировании Земли (ДЗЗ) призваны повысить экономическую эффективность сейсмической разведки. Новейшие коротковолновые инфракрасные каналы (SWIR) совместно с улучшенным пространственным разрешением изображений с космического аппарата WorldView-3, как ожидается, резко повысят эффективность планирования сейсморазведочных работ за счет использования космических снимков (примеры предшествующих исследований применения спутниковых данных описаны в [1]). Релевантные параметры, получаемые с помощью оптических спутниковых изображений, делятся на три основные категории: состав материала поверхности, влажность поверхности и модели поверхности рельефа. Классификация минерального состава поверхности, влажности и текстуры, полученная по данным WorldView-3, должна качественно отличаться от классификации, полученной по другим спутниковым данным.

Преимущества использования данных WorldView-3 заключаются в возможности:

- проводить технико-экономический анализ доступности области исследования для транспортных средств, полученный на основе информации об уклонах местности, составе материала поверхности и влажности;
- лучше понимать скоростные приповерхностные характеристики передвижения пород и подстилающей поверхности;
- лучше определять характеристики сцепления материалов и их устойчивости к вибрациям;

Недавно запущенный спутник WorldView-3 однозначно подходит для выполнения этих задач. При определении материала подстилающей поверхности и выявлении увлажненности спутник использует расширенный набор спектральных каналов от видимых и ближних инфракрасных (VNIR) до коротковолновых инфракрасных (SWIR). Коротковолновой инфракрасный диапазон, в частности, особо чувствителен к уникальным свойствам поглощения электромагнитного излучения минералами и почвами.

Диапазон SWIR также очень чувствителен к присутствию влаги. Все это открывает новые возможности, которые ранее были недостижимы, по картографированию

*Статья представлена компанией DigitalGlobe. Перевод с английского языка.

в крупном масштабе полезных ископаемых, растительного покрова и степени увлажненности. Для создания цифровой модели рельефа используется высокая маневренность спутника, что позволяет получать несколько изображений с одной или с нескольких орбит. Изменение углов съемки при перемещении спутника вдоль орбиты позволяет получить стереоизображение объекта.

МЕТОДИКА И ТЕОРИЯ

Съемочная аппаратура WorldView-3

Спутник WorldView-3 открывает новые возможности использования данных для составления геологических и минералогических карт, а также карт, отображающих относительную увлажненность поверхности. Применение этих возможностей совместно с традиционными спутниковыми методами, используемыми для планирования сейсморазведки, позволяет эффективнее экономить ресурсы. Изображения диапазона

SWIR WorldView-3 имеют исходное пространственное разрешение 3,7 м и охватывают широкий спектр разнообразных и уникальных особенностей поглощения электромагнитного излучения различными материалами, которые предвостоят интерес для геофизической разведки. Кроме того, доступны 8-канальные данные WorldView-2, охватывающие видимый и ближний инфракрасный (VNIR) диапазон электромагнитного спектра. В каналах VNIR изображения получают с более высоким разрешением — 1,2 м. Панхроматический канал имеет пространственное разрешение 0,31 м, что позволяет отобразить объекты на Земле с беспрецедентной детальностью.

На рис. 1 показаны спектральные каналы WorldView-3. 8 каналов VNIR такие же, как и у WorldView-2, но имеют более высокое пространственное разрешение (1,2 м). Новыми являются 8 каналов коротковолновой инфракрасной области электромагнитного спектра, они позволяют получать изображения с разрешением 3,7 м.

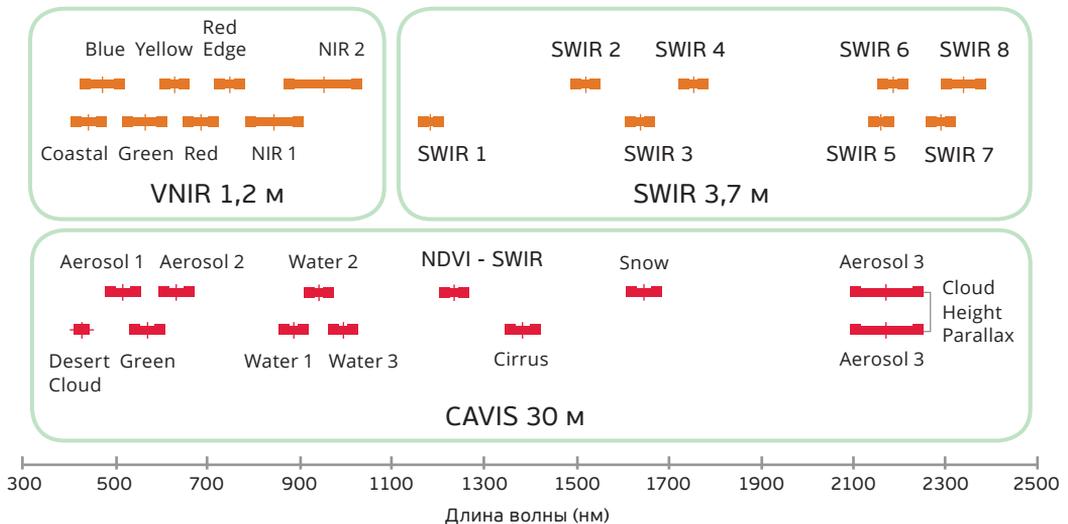


Рис. 1. Расположение спектральных каналов WorldView-3 для VNIR диапазона с разрешением 1,2 м, SWIR диапазона с разрешением 3,7 м, а также для CAVIS с разрешением 30 м. (Панхроматический канал с разрешением 0,31 м не показан)

Некоторые каналы схожи с теми, что имеют место на инструменте ASTER (спутник Terra, пространственное разрешение 30 м) [2]. Это каналы 5–8 спутника WorldView-3. Отметим корреляцию каналов WorldView-3 и ASTER для этого диапазона. Однако, аналог канала ASTER SWIR 9 не представлен на WorldView-3. Причина этого — ограниченный выбор конечного числа каналов, предназначенных для различных целей.

Каналы SWIR 2–4 на WorldView-3 соответствуют широкому каналу 4 сенсора ASTER, однако они разделены на три дискретных спектральных канала для лучшей дифференциации материалов подстилающей поверхности. Канал SWIR 1 на WorldView-3 не имеет аналога на инструменте ASTER и является эффективным как для выявления поглощения электромагнитного излучения железом (на длине волны около 900 нм), так и для расчета нормализованного индекса воды (NDWI).

Каналы CAVIS (от английских слов Cloud, Aerosol, Vapor, Ice, Snow — соответственно облачность, аэрозоль, водяной пар, лед, снег) были выбраны для получения информации о наличии в атмосфере аэрозоля и паров воды. Информация из этих каналов используется в качестве входных данных для алгоритмов атмосферного моделирования и улучшения расчетов отражательной способности поверхности. Инструмент CAVIS работает синхронно с главным сенсором и получает данные одновременно с основной съемкой. Дополнительные каналы CAVIS предназначены для обнаружения перистых облаков, выявления льда / снега на фоне облаков, а также для измерения высоты верхней границы облачности.

Что касается геофизических приложений, имеющих отношение к теме данной статьи, каналы SWIR могут дифференцировать различные классы минералов и материалов. Это обеспечивается химическим составом материала породы и тем, как он взаимодействует

с электромагнитным излучением в SWIR диапазоне. При подобном взаимодействии спектральные особенности поглощения уникальны для различных материалов, что дает возможность составить спектральную подпись для автоматизированного получения информации из изображений, а также получить информацию о химическом составе материала. Например, наличие поглощения на канале примерно 900 нм наводит на мысль о присутствии железа в породе или материале. Это достаточно интенсивное свето-химическое взаимодействие для обнаружения объектов в SWIR диапазоне (второй обертона колебательного поглощения). Эффект также присутствует во VNIR диапазоне, но он слишком слаб, чтобы его можно было использовать в аэросъемочных или космических сенсорах (третий обертона колебательного поглощения). Добавление каналов SWIR открывает совершенно новые возможности в обнаружении различных типов минералов и материалов.

Типы пород, которые могут быть определены по SWIR данным WorldView-3, включают: карбонаты, глины, слюды, вторичные минералы, железосодержащие материалы, а также некоторые оксиды кремния (рис. 2). Это позволяет лучше различать стратиграфические слои с разными составными фрагментами или скрепляющими материалами. Также обеспечивается возможность выявлять поверхности, богатые глиной или известняком.

Вода сильно поглощает электромагнитное излучение в ближнем инфракрасном (NIR) диапазоне, а тем более в диапазоне SWIR. Это позволит улучшить определение состояния влажности поверхности. Использование космических данных SWIR Landsat TM низкого разрешения для определения параметров влажности поверхности описано в [3].

И наконец, понимание текстуры поверхности в области сейсмической

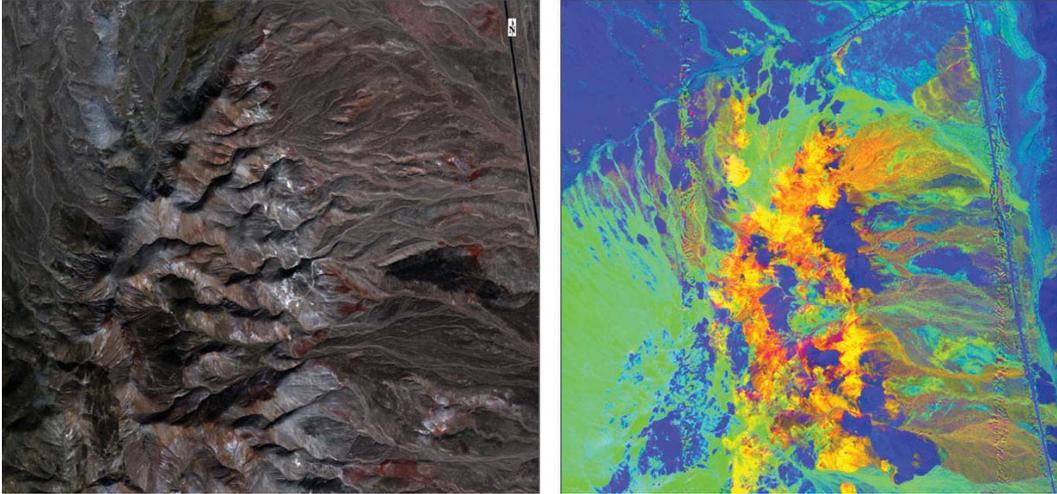


Рис. 2. Невада, США: сравнение цветного изображения WorldView-2 (слева) с минералогической картой, полученной по данным WorldView-3 (справа). Красные, зеленые и синие цвета на минералогической карте являются минеральными индексами ASTER, которые чувствительны к глинам, вторичным минералам (красный, оранжевый, желтый), слюдам (оттенки зеленого) и карбонатным породам (синие). Обратите внимание на улучшение информативности изображения при использовании SWIR каналов спутника WorldView-3.

разведки имеет решающее значение для определения контактных характеристик между источником вибраций и землей. Сверхвысокое пространственное разрешение панхроматического канала спутника WorldView-3 (0,31 м) может отобразить беспрецедентную по детальности текстуризации исследуемой площадки.

ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ

Геофизики используют данные сейсморазведки для создания многомерных видов геологических структур под поверхностью Земли. Во время разведки углеводородов эти подземные карты позволяют помочь в определении образований, которые могли бы служить ловушками для нефти и природного газа. После того как потенциальные резервуары обнаружены, компьютерное моделирование объединяет сейсмические и другие геофизические данные для моделирования оптимального метода извлечения углеводородов.

В сейсморазведке наиболее эффективным и часто используемым источником звука является вибросейсмический вибратор на платформе грузовика. Подобные платформы, однако, габаритные и тяжелые. Их развертывание требует тщательного технического планирования. В гористой местности есть опасность опрокидывания, а при мягком грунте платформа может застрять в песке или грязи.

Другие риски возникают во время взаимодействия источника вибраций с поверхностью земли. С одной стороны мягкие отложения и рыхлый гравий могут ослабить звуковой сигнал. С другой стороны, усыпанная твердой породой поверхность может не обеспечить правильную связь из-за того, что контактная колодка касается лишь нескольких наивысших точек на скале в точке исследования. И, наконец, использование вибросейсмической платформы может привести к тому, что она провалится под землю под действием дополнительной силы от источника

вибраций при использовании ее, например, в руслах высохших рек [4].

Эти сигналы, проходящие через поверхностные или приповерхностные горные породы и грунтовые слои и отраженные от глубоких образований, имеют серьезное влияние на понимание всей подземной структуры исследуемого объекта. В первую очередь, необходимо точно понимать скорости поверхностных звуковых волн. Основными переменными, влияющими на эти скорости, являются состав и плотность поверхностных пластов. Например, твердые породы передают сигнал на поверхность иначе, чем почвы или рыхлый гравий.

Спутниковые снимки традиционно играют много ролей в планировании сейсмической разведки. Во-первых, в качестве инструмента логистики. Сейсмопартии, как правило, включают сотни людей, десятки грузовых транспортных средств и тонны оборудования, которые должны перевозиться к месту разведки. При планировании экспедиций изображения используются для поиска близлежащих городов, современной инфраструктуры, существующих подъездных дорог и источников воды. Во-вторых, изображения используются для планирования фактического расположения сейсмоприемников. Планировщики часто используют изображения, классифицированные по растительному покрову и типу землепользования, чтобы оценить поверхности в зоне изысканий и определить наиболее или наименее благоприятные места для сейсморазведочных работ [4].

«Использование высококачественных спутниковых снимков и данных о местности ведет к минимизации рисков, — говорит Боб Брук, генеральный директор Salamanca Energy. — Общая стоимость дополнительных работ, как правило, менее 1% от типичной сейсморазведки — это небольшая цена при значительном уменьшении рисков» [4].

ВЫВОДЫ

Новые SWIR каналы высокого пространственного разрешения спутника WorldView-3 и улучшение разрешения панхроматического канала (31 см) позволят, с экономической точки зрения эффективнее планировать сейсморазведочные работы. Это связано с резким повышением качества определения поверхностных характеристик, в том числе видов полезных ископаемых, поверхностной влаги и поверхностных неровностей. Маневренные спутники позволяют создавать цифровые модели рельефа (ЦМР) высокого разрешения. Это знание дает возможность улучшить наземную часть сейсмического планирования благодаря лучшему пониманию поверхности земли, а именно более точному описанию тяговых характеристик, способности выдерживать нагрузки, вибрационные требования (например, текстура поверхности), оценке наклона местности, а также поверхностных скоростных эффектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Grabak S.C.O., Sweeney A.C.D., Schachinger R.H.M., Laake A., Monk D.J. Towart, J. [2009] *Satellite Sensing: Risk Mapping for Seismic Surveys*. *Oilfield Review*, 4, 40-51.
2. LP DAAC [2014, April 14] *ASTER Overview*. Retrieved from https://lpdaac.usgs.gov/products/aster_products_table/aster_overview.
3. Groeneveld D.P., Watson R.P., Barz D.D., Silverman J.B., Baugh W.M. [2010] *Assessment of two methods to monitor wetness to control dust emissions, Owens Dry Lake, California*. *International Journal of Remote Sensing*, 31, 3019-3035.
4. Galovski V. [2013] *Satellite Imagery Improves Quality of Seismic Surveys*. *POB Point of Beginning*, August 2013.

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