

# От пикселей к готовому продукту и получению новых знаний\*

Уже более 40 лет сфера дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) сталкивается с двумя основными проблемами при использовании космических снимков: поиск методов автоматизированного извлечения информации и выявление изменений. Спутник DigitalGlobe WorldView-3, запущенный в августе 2014 г., предназначен для решения этих проблем путем последовательного создания однородных наборов данных ДЗЗ и предоставления уникальной информации для сельского и лесного хозяйства, горнодобывающей промышленности и других отраслей.

## УВЕЛИЧЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА СПЕКТРАЛЬНЫХ КАНАЛОВ

Спутник WorldView-3 — это первый коммерческий спутник высокого разрешения с 16 спектральными каналами, который ведет съемку в видимом и ближнем инфракрасном (VNIR), коротковолновом инфракрасном (SWIR) диапазонах электромагнитного спектра. Находясь на орбите высотой 617 км, спутник ведет съемку с разрешением 31 см в панхроматическом режиме, 1,24 м — в мультиспектральном (VNIR) и 3,7–7,5 м — в режиме SWIR.

Спутник WorldView-3 сконструирован на базе спутника WorldView-2 и имеет такие же уникальные возможности для съемки в режиме VNIR, а также дополнительно восемь спектральных каналов в новом коротковолновом режиме съемки (SWIR), что оказывает существенную помощь при комплексном моделировании и картографировании горных

пород, грунтов и почв. Потенциальные области применения включают в себя: геологическое картирование, экологический контроль и мониторинг районов стихийных бедствий, разведку нефтяных месторождений, других полезных ископаемых, а также оценку геотермальных ресурсов. Благодаря минимальному атмосферному воздействию или шумам в этой части электромагнитного спектра, а также улучшенной способности различать материалы каналы режима SWIR открывают новые возможности для автоматизированного извлечения информации, позволяя экономить время, деньги и, возможно, спасти жизни.

## ПОЛУЧЕНИЕ ОДНОРОДНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Спутники ДЗЗ ведут съемку Земли с высоты верхнего слоя атмосферы. Изменения в составе атмосферы, особенности освещения и условий проведения съемки обуславливают неоднородность получаемых данных, что препятствует автоматизированной обработке изображений и выявлению изменений. Атмосферные условия, как правило, варьируются от снимка к снимку из-за различных уровней влажности (водяной пар) и твердых частиц (аэрозолей) в атмосфере. Было выполнено много исследований для точного измерения атмосферного влияния на снимки земной поверхности. В результате было использовано несколько технологий внесения поправок атмосферных

\* Статья предоставлена компанией DigitalGlobe. Перевод с английского языка И. Бобриш (компания «Совзонд»)

и геометрических искажений для различных типов сенсоров.

Трудность заключалась в получении точных атмосферных измерений в соответствующем масштабе, которые могли бы обеспечить правильную коррекцию изображения. Ожидается, что космический аппарат WorldView-3 решит эту проблему, став первым коммерческим спутником, несущим в своей полезной нагрузке инструмент для оценки состояния атмосферы.

Одновременно с получением изображения атмосферный инструмент на WorldView-3 сможет обнаружить присутствие облаков, аэрозолей и паров воды с пространственным разрешением 31 см, тем самым измеряя состояние атмосферы для каждого полученного снимка. На рис. 1 показано, что ширина полосы сенсора для атмосферной коррекции больше, чем ширина полосы съемочной аппаратуры.

Специалисты компании DigitalGlobe разработали собственные алгоритмы, которые используют данные атмосферных измерений для получения однородных изображений со спутника WorldView-3. Это называется атмосферной коррекцией. Она особенно необходима для получения информации,

например, при выявлении изменений или анализе растительности, так как искажения, связанные с атмосферой, не учитываются при анализе. Атмосферная коррекция влияет на данные отражающей способности. На рис. 2 показан пример изображения земной поверхности после атмосферной коррекции. Индекс NDVI, полученный по данным без атмосферной коррекции, занижает количество растительности примерно на 10–13%.



Рис. 1. Ширина полосы съемки сенсора для атмосферной коррекции спутника WorldView-3 больше, чем ширина полосы съемочной аппаратуры

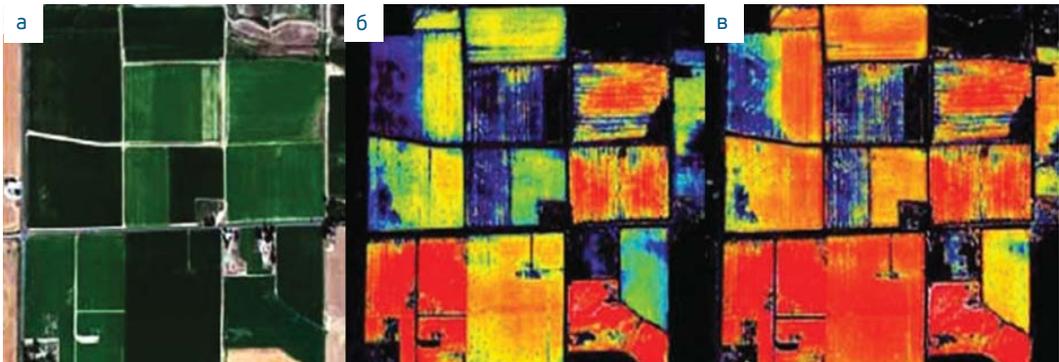


Рис. 2. Снимок со спутника WorldView-2. Район города Лонгмонт, штат Колорадо, 10 августа 2011 г.

- а) Изображение в натуральных цветах после внесения атмосферной коррекции;
- б) Индекс NDVI, полученный по данным съемки с высоты верхнего слоя атмосферы;
- в) Индекс NDVI, полученный без учета атмосферного влияния

Еще одна проблема — это невысокая степень автоматизации процесса выделения облачного покрова на изображении. Сочетание данных, полученных с сенсоров VNIR и SWIR, позволяет точно отличать облака от других ярких объектов, таких, как снег и лед. На рис. 3 представлено изображение земной поверхности, полученное сенсором SWIR в условиях задымленной атмосферы и тумана. На рис. 4 показан снимок извержения вулкана в Исландии в 2010 г., полученный сенсором NuRegion в режиме VNIR, и смоделированный снимок со спутника WorldView-3, позволяющий различать пепел, лед и облака.

WorldView-3 — это первый суперспектральный спутник, имеющий возможность одновременно измерять атмосферные параметры во время проведения основной съемки, что позволяет получить беспрецедентное количество нормированных изображений по всему миру. Такой подход открывает новую веху в автоматизированном

получении информации и выявлении изменений.

Атмосферный сенсор спутника WorldView-3 может использоваться для нормализации изображений при различном состоянии атмосферы, а также позволяет разработать универсальные алгоритмы для всего земного шара. Кроме того, спутник с 16 спектральными каналами позволяет реализовать автоматизированное извлечение информации для различных сфер применения. Спутник WorldView-3 — это одновременно и эволюционный (продолжение технологии, примененной в спутнике WorldView-2), и революционный (новые спектральные каналы) аппарат. Он призван преобразовать отрасль ДЗЗ в целом, осуществив переход от индустрии пикселей к индустрии продуктов, что приведет к расширению использования данных дистанционного зондирования и поможет лучше понимать нашу меняющуюся планету.



а



б

Рис. 3. Спутник WorldView-3. Электромагнитные волны в длинноволновом инфракрасном диапазоне способны проникать через дым пожара и туман: а) снимок в натуральных цветах (справа вверху — облако, слева внизу — дым); б) снимок с сенсора SWIR (виден только след от облака и очаг пожара)

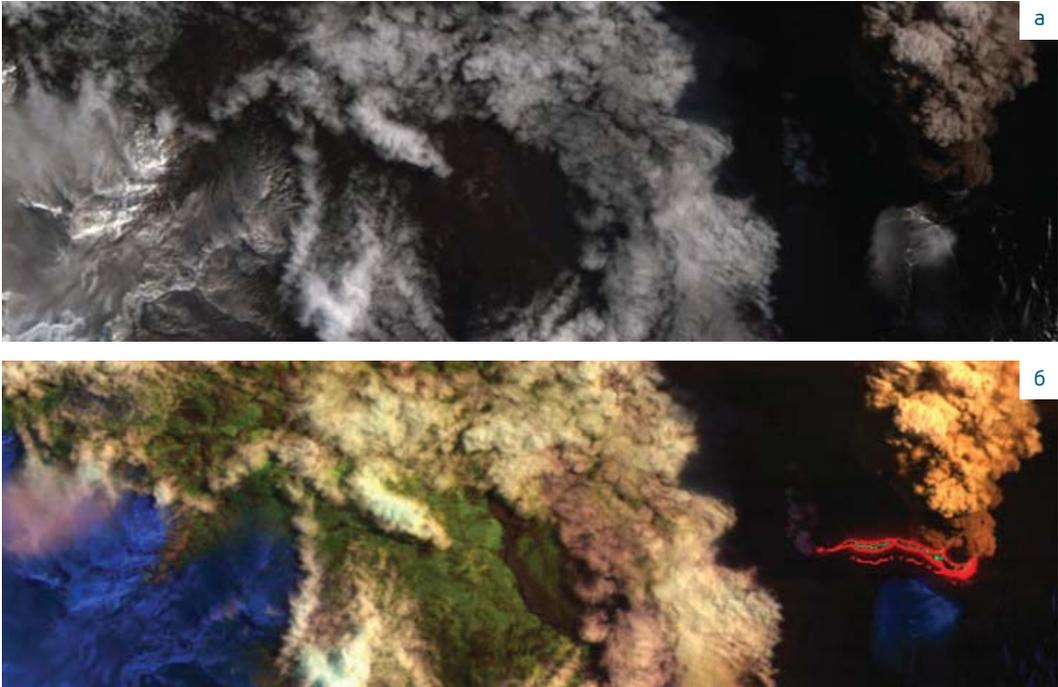


Рис. 4. Изображение извержения вулкана в Исландии. Видно, что снег (лед) и облака выглядят по-разному в диапазоне SWIR: а) композит RGB в диапазоне VNIR; б) композит SWIR-5 — SWIR-1 — Red

## ПРЕИМУЩЕСТВА СЪЕМКИ В ДИАПАЗОНЕ SWIR ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ

### Сельское хозяйство

Использование 16-канальной съемки со спутника WorldView-3 повысит эффективность мониторинга в данной области. Одна из главных задач сельского хозяйства — это получение точных оценок ресурсов сельскохозяйственных культур в региональном и глобальном масштабе. Снимки со спутника WorldView-3, прошедшие атмосферную коррекцию, позволяют создавать точные карты посевов и типов культур.

Поскольку мир заинтересован в повышении глобальной продовольственной безопасности, решающее значение имеет увеличение

производительности и урожайности на небольших фермах при одновременном снижении затрат, минимизации воздействия на окружающую среду, применении точного земледелия и повышении эффективности управления сельским хозяйством. Важно принимать корректирующие действия в начале периода вегетации, имея точное понимание состояния посевов, их угнетенности, вызванной дефицитом питательных веществ, влаги или вредителями. На рис. 5 показано, как спектральные каналы (крайний красный — red edge и желтый — yellow) на спутниках WorldView-2 и WorldView-3 помогают в наблюдении и сопоставлении этих явлений. Угнетение культуры приводит к изменению содержания хлорофилла в листьях и замене его каротиноидами,

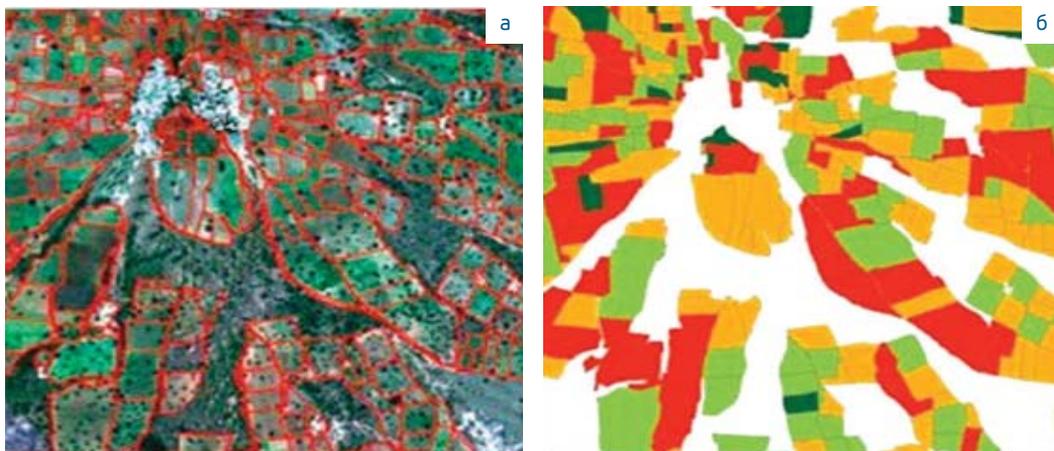


Рис. 5. Автоматизированное картографирование сельхозкультур в Мали:

а) границы полей, наложенные на цветное изображение в естественных цветах;

б) классификация растений (красный цвет — хлопок, желтый — кукуруза, светло-зеленый — просо, темно-зеленый — сорго)

имеющими желтые и красные цвета. Желтый, крайний красный и два ближних инфракрасных канала чувствительны к изменениям хлорофилла, тем самым выявляя каротиноиды во время угнетения. Кроме того, каналы SWIR используются для оценки влажности зерна, которая является еще одним показателем здоровья растений. Наблюдения за типами почв до, во время и после сбора культур важно для повышения урожайности. Спутники дистанционного зондирования дают возможность наблюдать за состоянием почв и его влиянием на растительность.

Органический состав почвы и уровни влажности можно определять с помощью каналов VNIR + SWIR. При правильном наблюдении такая информация помогает пониманию текущего и будущего состояния культур. Одна из лучших практик управления в агропромышленном комплексе относится к эффективному выявлению остаточной растительности на поле после сбора урожая. Остаточная растительность сохраняет влагу и предотвращает эрозию почвы в дождливые месяцы. Каналы SWIR могут

быть использованы для отображения и количественной оценки растительных остатков и качества почв для прогнозирования будущего урожая.

#### Лесное хозяйство

Требования лесного хозяйства идентичны требованиям сельскохозяйственной отрасли, в том числе в вопросе детальной инвентаризации лесов на обширных территориях и мониторинга здоровья деревьев для понимания и минимизации последствий от нашествия насекомых.

Спектральные каналы WorldView-3 позволяют классифицировать породы деревьев, которые имеют уникальные спектральные характеристики. Классификация может проводиться автоматически с помощью спектрального анализа данных WorldView-3. Угнетенная лесная растительность будет отображаться подобно угнетенным сельхозкультурам, когда зеленый хлорофилл в листьях заменяется на желтые и красные каротиноиды.

### Добыча полезных ископаемых, геология

Спектральные каналы WorldView-3 позволяют проводить уникальную классификацию минеральных горных пород и определять их химический состав.

Поглощение на длинах волн меньше чем 1000 нм позволяет аналитикам идентифицировать материалы, содержащие железо. Молекулярные колебательные характеристики на длинах волн около 1–2,5 мкм диагностируют в исследуемом материале содержание анионных групп, таких, как Al-OH, Mg-OH, Fe-OH, Si-OH, карбонатов, аммония и сульфатов. Спектральные поглощения минеральных пород особенно ясно наблюдаются в коротковолновой инфракрасной области спектра (SWIR) (рис. 6). Открытые выходы или проявления пород являются индикаторами потенциальных залежей полезных ископаемых. Геологическая и горнодобывающая отрасли тратят миллионы долларов, чтобы определить потенциальные места добычи во время разведки. Данные WorldView-3 позволяют сократить расходы геологоразведки за счет ограничения областей поиска месторождений.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Съемочная система WorldView-3 имеет высокое спектральное разрешение (диапазоны VNIR и SWIR) — 16 каналов, что позволяет перейти от визуального анализа к автоматизированному анализу с использованием спектральных характеристик материалов. Съемка в ближнем инфракрасном и среднеинфракрасном диапазонах содержит в себе ценную информацию для выполнения атмосферной коррекции снимков и извлечении необходимой информации из изображений.

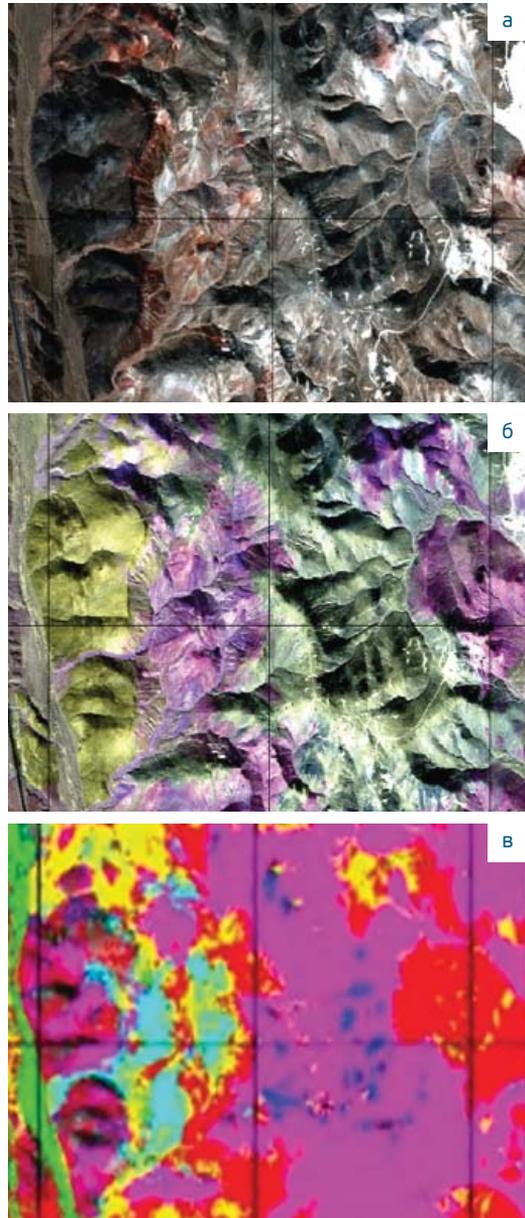


Рис. 6. Съемка со спутника WorldView-3 позволит аналитику выявить минералы с помощью спектрального анализа:

- а) естественные цвета — RGB;
- б) WorldView-3: каналы SWIR-7, SWIR-5, SWIR-4;
- в) WorldView-3: классификация минералов