

РОССИЙСКИЕ ДАННЫЕ ДЗЗ И ПОТЕНЦИАЛ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

А.В. Абросимов («Совзонд»)

В 1992 г. окончил географический факультет Удмуртского государственного университета по специальности «география». После окончания университета работал в Курганском государственном университете. С 2006 г. работает в компании «Совзонд», в настоящее время — заместитель главного инженера. Кандидат географических наук.

А.В. Беленов («Совзонд»)

В 1996 г. окончил Санкт-Петербургское высшее военно-топографическое командное училище по специальности «аэрофотогеодезия». После окончания училища проходил службу в 29-м НИИ МО РФ. С 2001 г. работал в ЦПГ «Терра-Спейс». С 2006 г. работает в компании «Совзонд», в настоящее время — главный инженер.

Б.А. Дворкин («Совзонд»)

В 1974 г. окончил географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова по специальности «картография». После окончания университета работал в ПКО «Картография», ООО «Картография Хубер», ГИС-Ассоциации и Научном геоинформационном центре РАН. С 2008 г. работает в компании «Совзонд», в настоящее время — главный аналитик. Кандидат географических наук.

Т.В. Орлов («Совзонд»)

В 2003 г. окончил магистратуру географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова по специальности «география». После окончания университета работал в Институте геоэкологии РАН, с 2013 г. — в ИТЦ «СКАНЭКС». С 2015 г. работает в компании «Совзонд», в настоящее время — ведущий инженер тематической интерпретации данных ДЗЗ. Кандидат геолого-минералогических наук.

А.Ю. Агольцов («Совзонд»)

В 2006 г. окончил лесной факультет Московского государственного университета леса (МГУЛ) по специальности «лесное хозяйство». После окончания университета работал заведующим лабораторией кафедры информационных технологий в лесном секторе лесного факультета МГУЛ. С 2008 г. работает в компании «Совзонд», в настоящее время — заместитель начальника отдела разработки.

Космический мониторинг является одной из наиболее успешно и динамично развивающихся инновационных технологий и все активнее используется в самых разных отраслях народного хозяйства, государственном, региональном и муниципальном планировании и управлении, к которым относятся:

- сельское хозяйство;
- лесное хозяйство;

- охрана окружающей среды;
- недропользование;
- водное хозяйство;
- нефтегазовое хозяйство;
- транспортная инфраструктура;
- связь;
- муниципальное хозяйство;
- ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций и т. д.

Говоря о состоянии космического мониторинга в России, можно констатировать ряд положительных моментов, которые укладываются в мировые тенденции. В настоящее время Правительством РФ принята и утверждена Федеральная космическая программа России на 2016–2025 гг., в которой определены основные направления создания и развития

средств и технологий дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [1]:

- постоянное наращивание российской орбитальной группировки космических средств ДЗЗ;

- совершенствование наземной инфраструктуры приема, сбора, обработки хранения и распространения данных ДЗЗ;

- формирование научно-технического задела в создании перспективных бортовых приборов ДЗЗ;

- совершенствование нормативно-правовой и законодательной базы в области ДЗЗ;

- взаимодействие государственных структур с ведущими общественными и коммерческими организациями в области ДЗЗ;

- расширение международного сотрудничества в области ДЗЗ из космоса.

В составе российской орбитальной группировки спутников ДЗЗ (на конец июля 2017 г.) насчитывается 9 космических аппаратов (КА), в том числе:

- три КА «Ресурс-П» с аппаратурой наблюдения с разрешением лучше 1 м, широкозахватной мультиспектральной аппаратурой высокого (12 м) и среднего (60 м) разрешения и гиперспектральной аппаратурой с разрешением 30 м;

- КА «Канопус-В» со съемочной аппаратурой с разрешением 2,5 м и спектральной камерой с разрешением 12 м;

- КА «Канопус-В-ИК» со съемочной аппаратурой с разрешением 2,5 м и спектральной камерой с разрешением 12 м, дополнительно снабженный многоканальным радиометром среднего и дальнего инфракрасных диапазонов для обнаружения очагов пожаров на территории размером до 5x5 м;

- два КА гидрометеорологического назначения «Метеор-М»

№ 1 и «Метеор-М» № 2 со съемочной аппаратурой КМСС (Комплекс многозональной спутниковой съемки) с разрешением 50–70 м, шириной полосы съемки 1000 км и глобальным мониторингом территории России в течение двух-трех суток;

- два КА гидрометеорологического назначения на геостационарной орбите «Электро-Л» с аппаратурой глобального наблюдения Земли каждые 30 минут.

Российская группировка спутников ДЗЗ будет продолжать наращиваться. До конца 2017 г. запланированы запуски КА «Метеор-М» и двух КА «Канопус-В».

Развитие российских средств ДЗЗ делает их реальными конкурентами зарубежных космических аппаратов в области геоинформационных услуг и технологий. Снятие ограничений на использование данных ДЗЗ из космоса позволяет в ближайшее время активизировать коммерциализацию отрасли в России и значительно расширить присутствие российских данных ДЗЗ как на отечественном, так и зарубежном рынках.

Повышенный интерес вызывают данные ДЗЗ со спутников «Ресурс-П» и продукция, создаваемая на их основе, которая по качеству и оперативности получения приближается к лучшим зарубежным аналогам [2]. Компания «Совзонд» проводит серию экспериментов, направленных на изучение характеристик продукции, получаемой путем обработки данных с КА «Ресурс-П», с позиции ее возможного применения для решения различных прикладных отраслевых задач.

В данной статье приводятся результаты исследований возможности использования данных с КА «Ресурс-П» для космического мониторинга по трем направлениям.

▼ Выявление изменений на земной поверхности

Автоматизированное выявление изменений земной поверхности по космическим снимкам — одно из основных направлений тематической обработки данных ДЗЗ, развивающееся в компании «Совзонд» в последнее десятилетие [3]. Более 50% всех отраслевых проектов, реализуемых компанией, в той или иной степени подразумевают извлечение из разновременных снимков информации об изменениях, произошедших на земной поверхности, что соответствует общемировой тенденции.

В качестве модельного участка для исследования была выбрана территория общей площадью 16,5 тыс. га, включающая жилые и промышленные районы города Воронежа, пригородную зону с участками частной застройки, места добычи общераспространенных полезных ископаемых и сельскохозяйственные земли.

Для удобства визуального дешифрирования провели процедуру паншарпенинга снимков с КА «Ресурс-П», в результате которой пространственное разрешение спектральных каналов каждого снимка было увеличено до 0,75 м с помощью панхроматического изображения. На основе панхроматических каналов ортоизображений создали разновременные композиты, отображающие изменения, произошедшие с 2015 г. по 2016 г. Все эти процедуры выполнялись с помощью программного обеспечения Sovzond ChangeDetection.

Такой подход позволяет выявить изменения, произошедшие даже на небольшой по площади территории (что важно именно в рамках эксперимента), но при этом отсутствие мультиспектральной информации несколько усложняет автоматизацию задачи классификации измене-

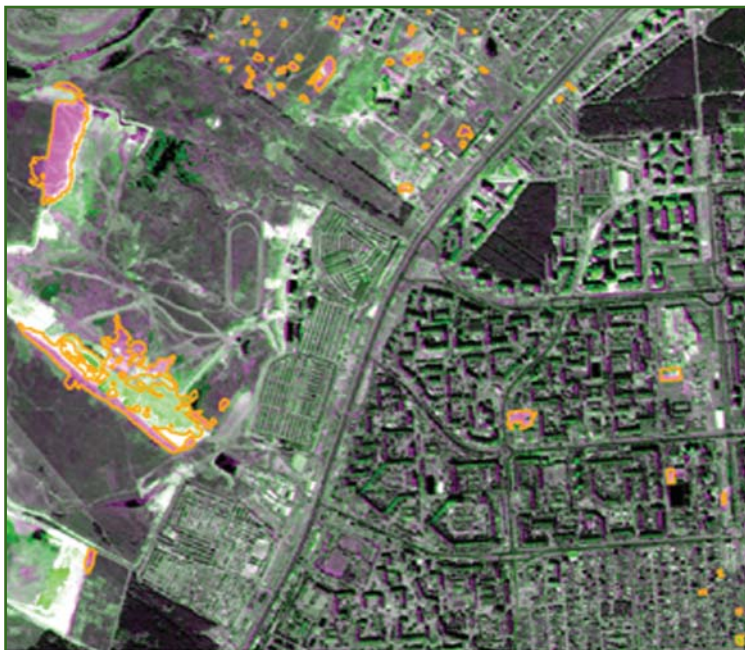


Рис. 1
Векторный слой изменений, размещенный поверх разновременного композита, созданного на базе снимков с КА «Ресурс-П»

ний по типам и векторизации изменений.

Применение к снимкам с КА «Ресурс-П» автоматизированной технологии выделения изменений, ранее применявшейся компанией «Совзонд» к другим видам космических снимков высокого разрешения, позволяет четко выявить объекты нового строительства всех типов: жилое (многоэтажное, малоэтажное и индивидуальное), социально-культурное, коммерческое, промышленное и инфраструктурное. В ряде ситуаций возможно также определить стадию строительства, в частности, возведение перекрытий и покрытие крыши. Также хорошо выделяются изменения на территориях открытого недропользования, участки с изменениями в состоянии поверхности почвы (нарушения почвенно-растительного покрова), вновь появившиеся свалки и т. п. (рис. 1).

В ходе эксперимента определялись изменения следующих типов площадных объектов: жилые многоэтажные и малоэтажные строения, промышленные

коммерческие и социальные строения, строения для сельскохозяйственного производства, объекты дорожной инфраструктуры, карьеры и др. Анализ снимков показал, что больше всего изменений произошло в сфере жилого (15 зон с многоэтажной и 178 — с малоэтажной застройкой), коммерческого (25 новых объектов) и промышленного (19 новых объектов) строительства. Использование информации о границах кадастровых участков позволило установить нарушения целевого назначения для всего объекта или его частей.

С помощью снимков, полученных с КА «Ресурс-П», возможно автоматически выявить изменения небольших по площади объектов, например, отдельные строения размером 6х3 м.

Выполненная экспериментальная работа позволяет сделать следующие выводы:

1. Использование автоматизированной технологии компании «Совзонд», направленной на выявление изменений земной поверхности по космиче-

ским снимкам высокого разрешения, дает хорошие результаты в применении к снимкам с КА «Ресурс-П».

2. Разновременные композиты, формируемые по указанным космическим снимкам, несут большой объем информации об изменениях. При этом соотношение сигнал-шум не значительно уступает зарубежным образцам, что позволяет выявлять изменения по разновременному композиту, а векторизацию и распознавание типа изменения проводить визуально, в трехоконном интерфейсе.

3. Исследуемые снимки могут использоваться в качестве визуальной базы для контроля типов и уточнения контуров изменений, ранее автоматически выявленных по снимкам среднего и низкого разрешения.

▼ Выявление свалок твердых бытовых и строительных отходов

Эксперименты по выявлению свалок, оценки состояния полигонов и других скоплений твердых бытовых отходов (ТБО) проводились на модельном участке площадью 10 000 км², расположенном на территории Воронежской области [4].

Картографирование свалок ТБО осуществлялось на основе прямых и косвенных дешифровочных признаков. В результате анализа снимков была выявлена 91 свалка. Наибольшее распространение в пределах модельного участка в количественном отношении получили коммунально-бытовые и строительные свалки. Основную площадь занимают полигоны ТБО и крупные коммунально-бытовые свалки. Максимальная площадь выявленной свалки составила 36,29 га (полигон ТБО), минимальная — 0,01 га.

Эксперимент показал, что с помощью данных с КА «Ресурс-П», в частности, возможно выявление свалок, имеющих существенное распространение и из-



Рис. 2
Строительная свалка площадью 0,41 га (снимок с КА «Ресурс-П», разрешение 0,75 м)

менение текстуры поверхности, таких как, например, строительная свалка площадью 0,41 га на западе Воронежа, вблизи бывшего карьера Воронежского комбината строительных материалов (рис. 2).

В рамках оценки предельных возможностей дешифрирования малых свалок с использованием снимков с КА «Ресурс-П» был проведен эксперимент по определению минимального контура выявляемого объекта.

Эксперимент заключался в поиске и описании места складирования мусора в пределах захламленной территории площадью 1,37 га. По снимку с КА «Ресурс-П» от 18 июня 2016 г. (разрешение 0,75 м) были выявлены 57 мест складирования мусора общей площадью 20 196 м². Далее результаты дешифрирования были уточнены по снимку с КА GeoEye-1 от 1 июля 2016 г. (разрешение 0,5 м), что позволило дополни-

тельно найти 17 малых площадок складирования мусора общей площадью 124 м² (рис. 3).

Площадь самой маленькой по своим размерам свалки, выявленной по снимку с КА «Ресурс-П», составила 10 м² (0,001 га).

Использование информации о границах кадастровых участков позволяет установить нарушения целевого назначения для всего полигона или его частей.

Проведенный эксперимент позволяет сделать следующие выводы:

1. Данные с КА «Ресурс-П», прошедшие процедуры предварительной обработки, подходят для выявления свалок ТБО. С помощью этих данных можно определить даже относительно небольшие по площади (0,001 га) места скопления ТБО.

2. Сравнительный анализ возможностей выявления мест складирования мусора показал, что с помощью снимков с КА «Ресурс-П» можно выявить 99% территорий с отходами, по сравнению со снимками с КА GeoEye-1.

▼ Автоматизированный мониторинг рубок леса

Наиболее подходящими для регулярного мониторинга лесного фонда данными ДЗЗ из космоса являются снимки среднего разрешения (5–15 м), полученные оптико-электронной аппаратурой в мультиспектральном режиме [5]. Такого разрешения достаточно для выявления большинства воздействий и негативных процессов (вырубки, ветровалы, участки, пострадавшие от пожаров, погибшие насаждения), а высокая повторяемость съемки (вплоть до еженедельной) и большая площадь снимков (60–300 км²) позволяют эффективно контролировать значительные площади лесных массивов на территории России.

В соответствии с существующей в компании «Совзонд» технологией снимки сверхвысоко-



Рис. 3
Сравнение возможностей выявления мест складирования отходов для снимков с КА GeoEye-1 (слева) и с КА «Ресурс-П» (справа). Выявленные места обозначены желтым цветом, «пропущенные» — красным цветом

го разрешения используются в качестве уточняющей, заверочной, информации об изменениях лесного фонда. Таким образом, на первом этапе, по снимкам среднего разрешения, автоматически выявляются изменения, а на втором, по снимкам сверхвысокого разрешения, — уточняются их контуры, параметры, выполняется проверка и редактирование.

Специалистами компании «Совзонд» была отработана технология автоматизированной обработки снимков с КА Sentinel-2 для мониторинга вырубок с последующей верификацией результатов по данным с КА «Ресурс-П».

Постоянно пополняющийся архив данных с КА Sentinel-2 (максимальное пространственное разрешение — 10 м, 13 спектральных диапазонов, ширина съемки — 290 км) обеспечивает пользователей высококачественной, актуальной и доступной информацией. Высокая производительность КА делает его высокоэффективным инструментом для обнаружения и оценки поврежденных участков на значительных по площади территориях лесных массивов.

Все технологические процессы, включающие подбор, загрузку и обработку снимков с КА Sentinel-2, выполнялись в специализированном приложении, доступ к которому осуществляется через web-интерфейс. Для автоматизации выявления и векторизации вырубок использовался программный модуль AutoFelling. Минимальный набор данных для работы в модуле должен включать два снимка с КА Sentinel-2 (на начальную и конечную даты мониторинга), прошедшие предварительную обработку на сервере, и маску облаков, идущую в стандартной поставке. На выходе модуль формирует композит разновременных снимков и векторный слой вырубок.

Ортотрансформирование и паншарпенинг данных с КА «Ресурс-П» выполнялись в специализированном модуле. Полученные ортоизображения использовались в качестве визуальной базы для контроля типов и уточнения контура вырубок, ранее автоматически выявленных по снимкам с КА Sentinel-2 (рис. 4).

По результатам эксперимента был сделан вывод, что полученные на основе данных с КА «Ресурс-П» ортоизображения пригодны для создания и обновления карт и планов лесных массивов масштабов 1:10 000–1:25 000.

В заключение следует отметить, что основными преимуществами использования снимков с КА «Ресурс-П» для космического мониторинга является доступная стоимость и скорость получения данных, а также разработанный в компании «Совзонд» технологический поток их обработки и интерпретации. Следует также отметить, что доступ к данным с российских космических аппаратов для компаний из России не осложнен существующей ситуацией с международными санкциями, а изменение курса валют не влияет на их ценообразование.

▼ Список литературы

1. Заичко В.А. Российская наземная инфраструктура ДЗЗ: новые возможности по предоставлению продуктов, оказанию услуг и предоставлению сервисов с использованием данных ДЗЗ. — <ftp://ftp.sovzond.ru/forum/2017>.
2. Жарова Н.Э., Лютивинская М.В. ОРТОРЕГИОН на основе данных с КА серии «Ресурс-П» // Геопрофи. — 2017. — № 3. — С. 11–16.
3. Абросимов А.В., Орлов Т.В. Возможности использования данных КА «Ресурс-П» для выявления изменений на земной поверхности. — <http://geomatica.ru>.
4. Орлов Т.В., Абросимов А.В. Возможности использования снимков с КА «Ресурс-П» для выявления свалок твердых бытовых и строительных отходов. — <http://geomatica.ru>.
5. Агольцов А.Ю., Абросимов А.В. Возможности автоматизированного мониторинга рубок по бесплатным данным ДЗЗ КА Sentinel-2 с верификацией по снимкам КА «Ресурс-П». — <http://geomatica.ru>.

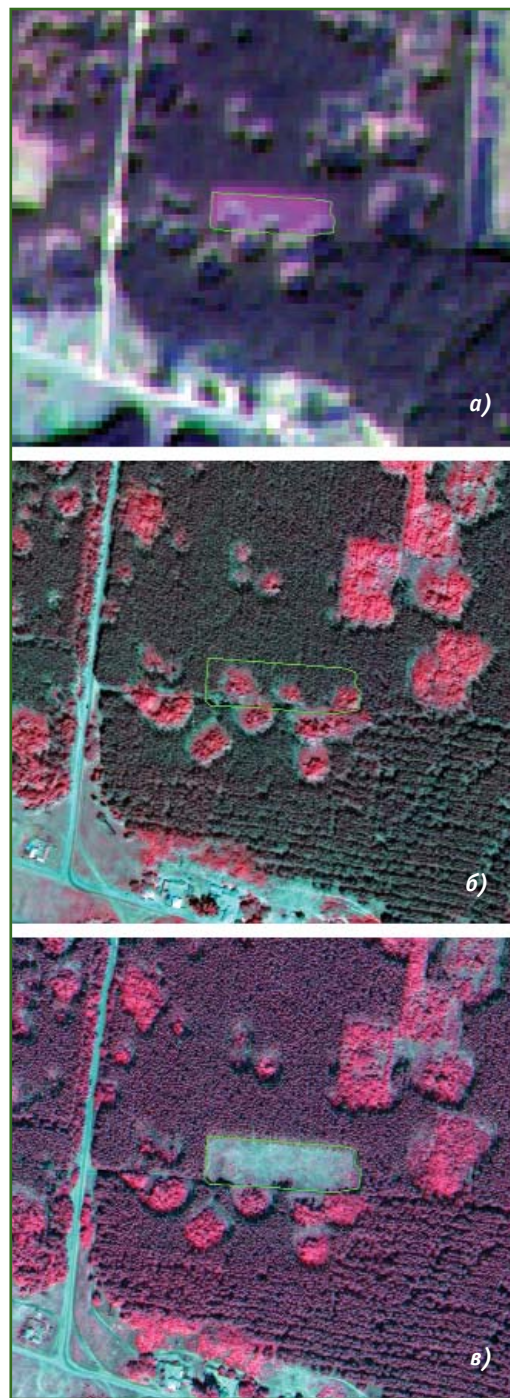


Рис. 4

Пример выявления и верификации вырубки на территории Воронежской области:
 а) композит снимков с КА Sentinel-2 за 13.08.2015 г. и 27.08.2016 г.;
 б) снимок с КА «Ресурс-П» за 06.06.2015 г.;
 в) снимок с КА «Ресурс-П» за 18.07.2016 г.