

**А. С. Шокол** (НЦ ОМЗ ОАО «Российские космические системы»)

Окончил Московский авиационный институт по специальности «радиоэлектроника летательных аппаратов». В настоящее время — исполняющий обязанности начальника Научного центра оперативного мониторинга Земли ОАО «Российские космические системы».

**А. И. Бочарников** (НЦ ОМЗ ОАО «Российские космические системы»)

Окончил Военный инженерный краснознаменный институт им. А. Ф. Можайского по специальности «приборы оптико-электронного наблюдения». В настоящее время — начальник отдела Научного центра оперативного мониторинга Земли ОАО «Российские космические системы». Заслуженный военный специалист.

**А. Г. Жиличкин** (НЦ ОМЗ ОАО «Российские космические системы»)

Окончил Военно-воздушную инженерную академию им. проф. Н. Е. Жуковского по специальности «авиационное радиоэлектронное оборудование». В настоящее время — старший научный сотрудник отдела Научного центра оперативного мониторинга Земли ОАО «Российские космические системы». Кандидат технических наук.

## Космический контролер чрезвычайных ситуаций «Канопус-В» подтверждает заявленные характеристики

В конце 2012 г. в штатную эксплуатацию принят космический комплекс (КК) оперативного мониторинга техногенных и природных чрезвычайных ситуаций «Канопус-В» (разработчик — ОАО «Корпорация «ВНИИЭМ»). Целевое применение КК осуществляет оператор космических систем дистанционного зондирования Земли (далее — Оператор КС ДЗЗ) — Научный центр оперативного мониторинга Земли (НЦ ОМЗ) ОАО «Российские космические системы». Помимо решения целевых задач в интересах МЧС, космическим комплексом успешно выполняются заявки на съемку земной поверхности, поступающие от других государственных организаций, включая Минсельхоз, Минприроды, Росреестр, а также от ряда коммерческих структур и индивидуальных пользователей.

Одним из важнейших показателей качества космических снимков является детальность, т. е. способность воспроизводить на изображении наиболее мелкие детали объектов подстилающей поверхности. Зарубежные производители систем наблюдения из космоса, пре-

следуя цели получения конкурентных преимуществ, в своих рекламных материалах обычно характеризуют детальность получаемых снимков размером проекции стороны единичного приемника излучения (пиксела) на земную поверхность. Такой подход к оценке детальности носит сугубо расчетный характер и не может рассматриваться как исчерпывающий, поскольку не учитывает целый ряд ключевых факторов, определяющих формирование космических изображений, таких, как:

- ✦ влияние атмосферы и условий съемки;
- ✦ свойства оптической системы целевой аппаратуры (в первую очередь соотношение ширины функции рассеяния и размера пиксела);
- ✦ точность работы систем ориентации и стабилизации спутника в момент съемки, определяющая величину остаточных сдвигов изображения;
- ✦ особенности работы приборов, осуществляющих пространственную дискретизацию и квантование оптического сигнала;
- ✦ параметры сжатия при подаче сигнала по радиоканалу и др.

Положение дел не спасает предоставление дополнительных данных, например, таких как: значение функции передачи модуляции на пространственной частоте дискретизации, отношение сигнал/шум и др. Главная проблема заключается в том, что попытки увязать их единым функционалом, обеспечивающим достоверное оценивание детальности реальных изображений, получаемых из космоса, пока не приводят к положительному результату. Кроме того, отметим, что пользователям, как правило, предоставляются данные, полученные на этапе наземных испытаний целевой аппаратуры, которые уже не могут считаться достоверными для орбитальной фазы эксплуатации.

Именно поэтому в отечественной космической отрасли общепринятым показателем детальности считается величина линейного разрешения на местности (ЛРМ). Указанный показатель является наиболее агрегированным и часто используемым. Он, в общем случае, может быть интерпретирован как наименьший размер объекта на местности, который еще наблюдается на изображении. Следует отметить, что данный показатель

является чувствительным ко всем звеньям процесса формирования изображения.

Для детальных систем наблюдения разрешение на местности определяется посредством съемки наземной миры (рис. 1), представляющей собой тест-объект в виде уменьшающихся по размеру элементов. При визуальном анализе изображений миры оператору ставится задача, следуя от хорошо различимых элементов к неразличимым, найти поле, в котором элементы миры еще воспринимаются отдельно. Размер элементов в указанном поле миры отождествляется с линейным разрешением на местности. Такая процедура определения линейного разрешения на местности реализует метод прямых измерений в реальных условиях применения и считается наиболее простым, понятным и достоверным способом оценивания детальности космических систем наблюдения по сравнению с любыми другими (расчетными или косвенными) методами.

Отметим, что проблемный (для систем опико-электронного наблюдения) вопрос, связанный со случайным характером наложения растровой структуры приемника изображения на периодическую структуру миры, решается за

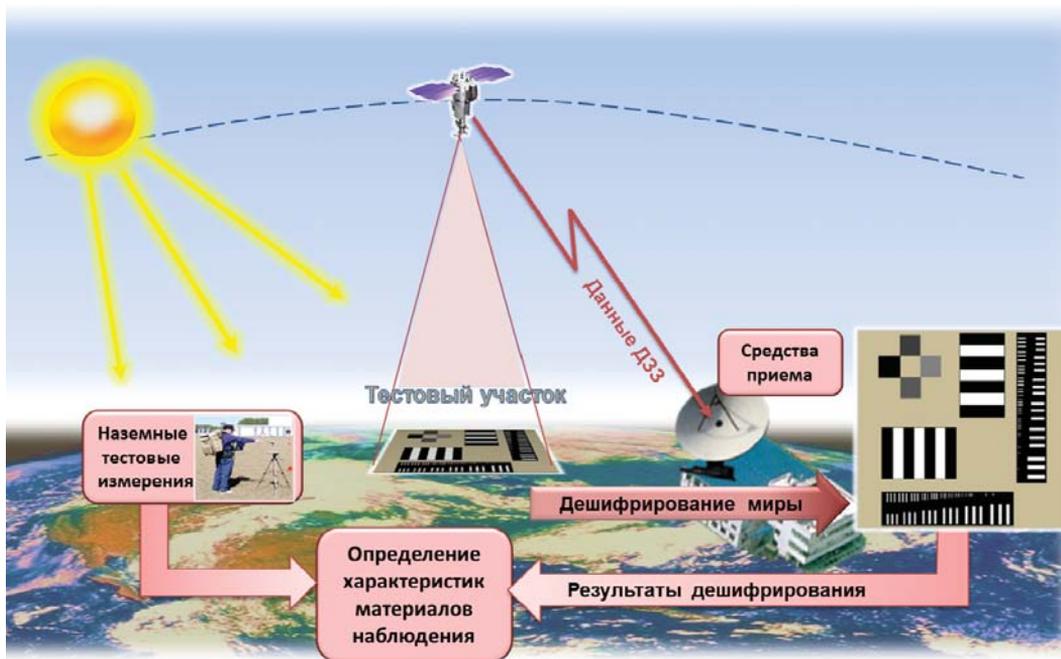


Рис. 1. Организация работ по оценке величины ЛРМ

счет проведения нескольких сеансов измерений и специальной обработки полученных результатов.

В космической отрасли современной России сложилась уникальная ситуация. Последний в СССР мишенный комплекс на космодроме Байконур прекратил свое существование на рубеже 80–90-х гг. XX в. Все дальнейшие попытки возродить такой комплекс оканчива-

лись неудачей как по экономическим причинам, так и в связи с незаинтересованностью отдельных структур в наличии объективных методов контроля. При этом зарубежный опыт подтверждает необходимость использования наземных тест-объектов. На сегодняшний момент в мире насчитывается более полутора десятков постоянно действующих мишенных комплексов (рис. 2).



Рис. 2. а) Казахстан (СССР), Байконур; б) Финляндия, Сьюккулла; в) Корея, Кари; г) США, Райт-Паттерсон

Федеральным космическим агентством принимаются меры по исправлению сложившейся ситуации. В частности, в рамках Федеральной космической программы России на 2006–2015 гг. проводится ОКР «Регион-В-Валидация-РК» (головной исполнитель — ОАО «Российские космические системы») по созданию системы валидации для целевой аппаратуры КК ДЗЗ. Указанная ОКР предусматривает работы по проектированию и созданию тестовых участков валидационных подспутниковых

наблюдений, в том числе, комплексов мир — мишенных комплексов для контроля характеристик КК ДЗЗ. В состав комплекта входят миры двух видов: штриховые и радиальные (рис. 3).

В ходе экспериментальной отработки базовых элементов системы валидации были произведены съемки мишенного комплекса панхроматическим каналом целевой аппаратуры КК «Канопус-В». В ходе эксперимента производился инструментальный контроль условий



Рис. 3. Фрагменты мишенного комплекса, развернутые в полевых условиях

наблюдения, яркостных характеристик тест-объекта, параметров состояния атмосферы.

По данным визуального дешифрирования материалов съемки была произведена обработка полученных результатов и установлено, что при проекции пиксела на земной поверхности 2,3 м линейное разрешение на местности материалов съемки панхроматического канала КК «Канопус-В» составляет величину 3 м.

Указанная величина соответствует расчетным значениям и свидетельствует о том, что на снимках КК «Канопус-В» выявляются объекты местности размером не менее 3 м. Анализ изобразительных и дешифровочных свойств материалов наблюдения КК «Канопус-В», проведенного группой опытных дешифровщиков-интерпретаторов космических изображений, заключающийся в определении степени проработки на снимке деталей типовых объектов наблюдения, подтвердил данный вывод. Использование изображений с такой детальностью позволяет уверенно решать следующие целевые задачи:

- оперативный мониторинг техногенных и природных чрезвычайных ситуаций;
- обнаружение очагов лесных пожаров, крупных выбросов загрязняющих веществ в природную среду;
- контроль сельскохозяйственной деятельности и природных ресурсов;
- оперативное наблюдение заданных районов земной поверхности и др.

По результатам анализа снимков, содержащих

мишенный комплекс, выявлен резерв повышения качества материалов КК «Канопус-В», который заключается в модернизации технологии сшивки маршрута съемки из отдельных микрокадров. В настоящий момент штатная технология обработки на средствах Оператора КС ДЗЗ предусматривает предварительное геокодирование отдельных микрокадров с их разворотом в направлении на север. Данная операция выполняется посредством передискретизации исходного изображения с некоторой потерей детальности.

Представляется целесообразным внести изменения в технологию обработки материалов наблюдения КК «Канопус-В» и сшивку маршрута производить до выполнения операции геокодирования. В результате ожидается повышение качества материалов наблюдения КК «Канопус-В» по показателю ЛРМ на величину 10–20%.

В качестве вывода отметим следующее. В ходе орбитального полета космического аппарата оперативного мониторинга техногенных и природных чрезвычайных ситуаций «Канопус-В» проведены натурные измерения, объективно подтвердившие заявленные характеристики по детальности получаемых материалов наблюдения. Результаты штатной эксплуатации КК «Канопус-В» показывают, что в составе российской космической группировки появился спутник, отвечающий современным требованиям по решению широкого спектра задач ДЗЗ и составляющий конкуренцию зарубежным аналогам.