

В. П. Седельников (ОАО «НИИП центр «Природа»)

В 1974 г. окончил Ленинградское высшее военно-топографическое командное училище по специальности «картография», в 1982 г. окончил Военно-инженерную академию им. В. В. Куйбышева по специальности «командно-штабная военно-топографическая служба». В настоящее время — генеральный директор ОАО «Научно-исследовательский и производственный центр «Природа». Кандидат технических наук.

Е. Л. Лукашевич (ОАО «НИИП центр «Природа»)

В 1963 г. окончил Московский авиационный институт по специальности «инженер-механик летательных аппаратов», в 1968 г. окончил Московский государственный университет по специальности «математика». В настоящее время — директор комплекса ДЗЗ ОАО «Научно-исследовательский и производственный центр «Природа». Доктор технических наук.

Использование орбитальных группировок КА ДЗЗ в интересах картографирования территории России

В соответствии с Федеральной космической программой России на период до 2015 г. предполагается существенное увеличение группировки отечественных космических аппаратов (КА) дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), обеспечивающих получение материалов съемки с различным пространственным разрешением.

В настоящее время на орбите находятся два КА, запущенных в июле 2012 г. одной ракетой-носителем, — «Канопус-В» и БКА (Беларусь). Оба КА имеют идентичную целевую аппаратуру, обеспечивающую получение данных ДЗЗ в панхроматическом (ПСС) режиме съемки с разрешением 2,5 м и мультиспектральном (МСС) режиме с разрешением 12 м. Во 2-м квартале 2013 г. планируется запуск КА «Ресурс-П» № 1, а в 2014 г. — запуск КА «Ресурс-П» № 2. Серия КА «Ресурс-П» имеет аппаратуру, позволяющую проводить высокодетальную съемку в панхроматическом (ПСА) режиме съемки с разрешением 1 м, в мультиспектральном (МСА) режиме с разрешением 3 м и в гиперспектральном (ГСА) режиме с разрешением 30 м. В конце 2015 г. предполагается запуск первого КА серии «Обзор-О» с разрешением в панхроматическом канале 5–7 м и КА «Канопус-В-ИК» с дополнительной аппаратурой, работающей в среднем и дальнем ИК-диапазоне.

Кроме этого, следует упомянуть о возможности проведения до конца 2015 г. модернизации целевой аппаратуры, установленной на КА «Канопус-В», которая в инициативном порядке была рассмотрена ОАО «Корпорация ВНИИЭМ»

с целью улучшения пространственного разрешения (условно это будет КА «Канопус-В-М1») до 1,1 м или увеличения полосы захвата (КА «Канопус-В-М2») до 100 км.

Основные тактико-технические характеристики перечисленных КА даны в табл. 1.

Все перечисленные КА имеют разные орбиты, разные полосы захвата, разное пространственное разрешение и разные рабочие ветви траекторий и как следствие они будут использоваться автономно, решая одни и те же задачи. Тем не менее для существенного повышения эффективности целевого использования КА в интересах картографирования следует создавать группировки КА на орбите таким образом, чтобы потребитель получал максимальную площадь изображений территории Российской Федерации и каждый КА дополнял друг друга. Следует отметить, что объединение КА в орбитальные системы, повышающие эффективность выполнения ДЗЗ, становится мировой тенденцией. В качестве примера можно привести планы Франции объединения в группировку КА Pleiades-1A (запущен 17.12.2011 г.), КА Pleiades-1B (запущен 02.12.2012 г.), КА Spot-6 (запущен 09.09.2012 г.) и КА Spot-7 (планируется к запуску в 2014 г.). Равномерно распределенные в плоскости солнечно-синхронной орбиты, эти КА ежедневно позволяют осуществлять съемку любого участка поверхности Земли с высоким разрешением (1,5 м в панхроматическом режиме) с КА Spot и со сверхвысоким разрешением (0,5 м в панхроматическом режиме) с КА Pleiades.

КА	Орбита	Полоса захвата	Пространственное разрешение	Примечание
«Канопус-В»	С/с 510 км	20 км	ПСС – 2,5-2,7 м, МСС – 12 м (4 кан.)	Рабочая ветвь траектории – восходящая
БКА (Беларусь)				
«Канопус-В-ИК»				
Серия «Ресурс-П»	С/с 475 км	38 км	ПСА – 1 м, МСА – 3 м (5 кан.)	Рабочая ветвь траектории – нисходящая
		97 км	ПСА – 12 м, МСА – 24 м (3 кан.)	
		30 км	ГСА – 30 м (96 кан.)	Спектральное разрешение – около 5 нм
«Обзор-О» (1-й этап)	С/с 700 км	85 км	ПСА – 7 м, МСА – 14 м (6 кан.)	Площадная плановая съемка
«Обзор-О» (2-ой этап)	С/с 700 км	120 км	ПСА – 5 м, МСА – 10 м (7 кан.)	
«Канопус-В-М1»	С/с 520 км	60 км	ПСС – 1,1 м, МСС – 2,5 м (4 кан.)	
«Канопус-В-М2»	С/с 826 км	100 км	ПСС – 2,0 м, МСС – 4,0 м (4 кан.)	

Таблица 1. Основные характеристики существующих и перспективных КА ДЗЗ оптико-электронного наблюдения на период до 2015 г. включительно

Можно считать, что одна отечественная группировка в составе КА «Канопус-В» и БКА фактически создана и технология совместного управления этой группировкой в ближайшее время должна быть полностью отработана. Оба КА находятся в одной плоскости орбиты, разведены на 180° и движутся с практически равными периодами обращения.

Правовым документом, подтверждающим совместное использование КА «Канопус-В» и БКА, является Соглашение между Роскосмосом и Национальной академией наук Республики Беларусь «О порядке и условиях целевого использования и управления орбитальной группировкой ДЗЗ в составе российского КА «Канопус-В» и белорусского КА ДЗЗ». Такая двухспутниковая группировка позволяет вдвое сократить время полного покрытия межвиткового интервала полоса захвата (этот период для одного КА составляет 94 суток), что представляет безусловный интерес как для России, так и для Республики Беларусь. Площадная съемка с двух КА с поперечным перекрытием полос захвата на широте 42° с. ш. в интересах картографирования может проводиться с отклонением КА по углу крена на углы не более 7° (рис. 1).

Получаемые при этом материалы космической съемки могут использоваться для обновления топографических карт масштаба 1:25 000 и мельче. Кроме этого, упорядоченное движение двух входящих в систему КА образует многовариантные комбинации проведения конвергентной съемки маршрутов протяженностью до 500 км с соседних витков одного или обоих КА для получения стереоскопических изображений (рис. 2). Предполагается, что указанная группировка будет дополнена в 2015 г. разрабатываемым в настоящее время КА «Канопус-В-ИК».

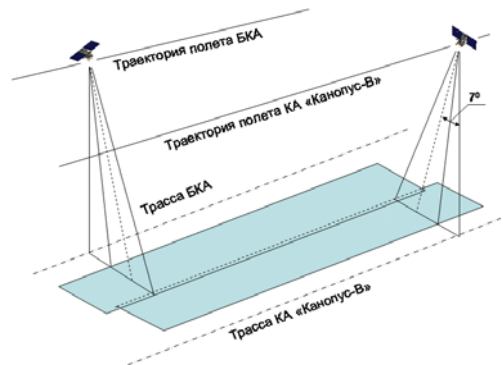


Рис. 1. Схема площадной съемки с соседних витков с использованием группировки «Канопус-В» — БКА

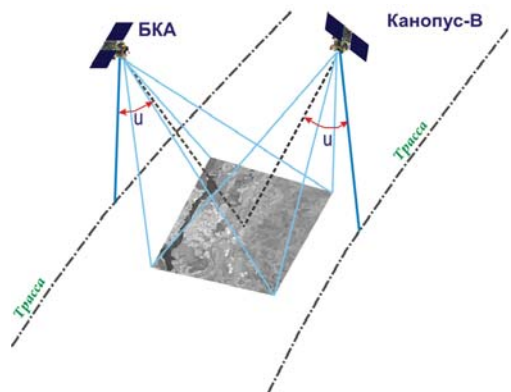


Рис. 2. Схема проведения конвергентной съемки с соседних витков с использованием группировки «Канопус-В» — БКА

Следующий вариант орбитальной группировки построен на использовании КА серии «Ресурс-П». Устанавливаемая на этих КА целевая аппаратура сверхвысокого разрешения (1 м в панхроматическом режиме съемки) позволит расширить масштабный ряд обновляемых по космическим снимкам топографических карт с масштаба 1:25 000, обеспечиваемого информацией с КА «Канопус-В», до 1:10 000. Орбита КА «Ресурс-П» № 1, которая по решению Роскосмосом предложению ОАО «НИИП центр «Природа» будет обеспечивать смещение трасс на 0,5 через трое суток в западном направлении, позволит проводить площадную съемку высокодетальной аппаратурой практически в надир с полным покрытием межвиткового интервала полосами захвата в течение 47 суток.

Создание в 2014 г. после запуска КА «Ресурс-П» № 2 двухспутниковой группировки с разведением обоих КА в плоскости орбиты на 180° позволит сократить период полного покрытия межвиткового интервала полосами захвата высокодетальной аппаратуры до 24 суток. Кроме этого, группировка «Ресурс-П» № 1 — «Ресурс-П» № 2 обеспечит проведение конвергентной съемки с большой базой с соседних витков обоих КА (рис. 3).

Периоды полного покрытия межвиткового интервала полосами захвата в системе «Канопус-В» — БКА и одиночным в 2013 г. КА «Ресурс-П» № 1 совпадают — 47 суток. Это значит, что в случае проведения съемки с КА «Ресурс-П», близкой к надирной, через каждые 47 дней будет создаваться возможность получения информации на любой наземный объект с разным пространственным разрешением. Следует отметить, что информация будет получаться на пересекающихся маршрутах, так как рабочая ветвь траекто-

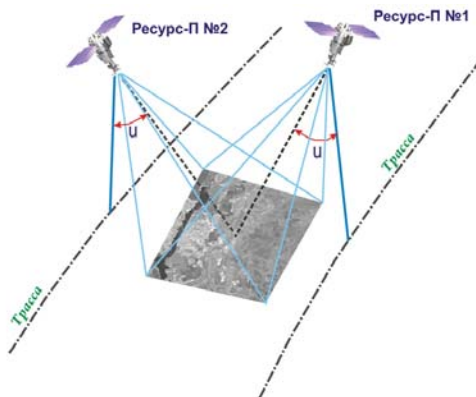


Рис. 3. Схема проведения конвергентной съемки с соседних витков с использованием группировки «Ресурс-П» №1 – «Ресурс-П» №2

рии КА «Ресурс-П» – нисходящая, а рабочая ветвь КА «Канопус-В» и БКА – восходящая (рис. 4). При этом не исключается возможность съемки отдельного заданного наземного объекта на пересекающихся маршрутах с интервалом не более 2 суток с использованием наклонной съемки с разворотами по углу крена КА «Канопус-В» (или БКА) не более 14° и КА «Ресурс-П» № 1 до 30° . В 2014 г. после запуска КА «Ресурс-П» № 2 любой наземный объект в течение 47 суток может быть единожды снят с разрешением 2,5 м и дважды (без разворота по крену) с разрешением 1 м на пересекающихся маршрутах, или в течение 2 суток с разворотом любого КА на угол не более 19° .

Разрабатываемый КА «Обзор-О» будет осуществлять плановую площадную съемку с пространственным разрешением 7 м в полосе захвата 85 км на 1-м этапе и с разрешением 5 м в полосе захвата 120 км на 2-м этапе, что представляет значительный интерес для решения задачи топографического мониторинга в масштабе 1:100 000. Первый этап развертывания группировки в составе двух КА «Обзор-О» предполагается завершить в 2017 г., второй этап с доведением группировки до 4 КА «Обзор-О» — в 2019 г.

Заметим, что первый КА этой группировки «Обзор-О» № 1 в течение двух лет до запуска КА «Обзор-О» № 2 будет функционировать в одиночном варианте. Тем не менее повысить эффективность его функционирования можно путем создания группировки «Обзор-О» — «Канопус-В-М2». Для этого при условии реализации инициативного предложения ОАО «Корпорация «ВНИИЭМ» о модернизации целевой аппаратуры КА «Канопус-В» надо будет вывести КА «Канопус-В-М2» в пло-

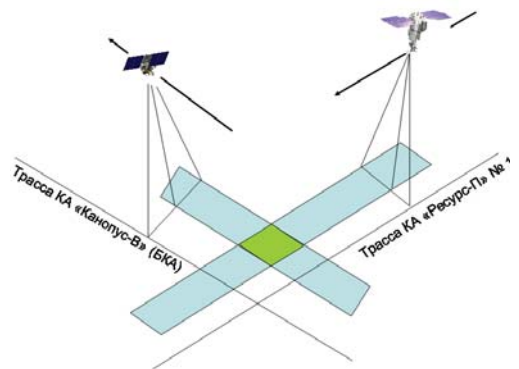


Рис. 4. Схема на пересекающихся маршрутах с использованием группировки КА «Канопус-В» (или БКА) и КА «Ресурс-П» № 1

скость орбиты КА «Обзор-О» № 1, развести оба КА на угол 180° и синхронизировать их периоды обращения. Представляет интерес также другая возможная конфигурация группировки «Обзор-О» — «Канопус-В-М2» с разведением обоих КА на некоторый угол, обеспечивающий тандемную схему движения КА и соседнее расположение полос захвата одного и другого КА с заданным поперечным перекрытием на фиксированной широте (рис. 5). С использованием такой конфигурации суммарная полоса захвата, образуемая практически в одно и то же время, будет составлять 185 км.

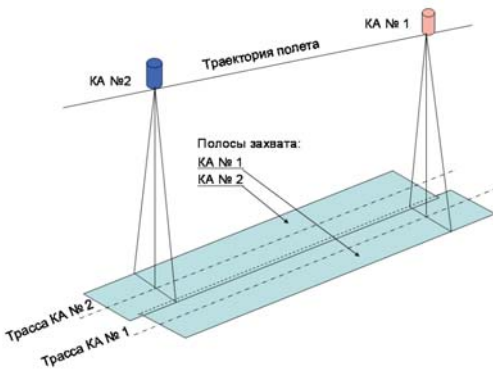


Рис. 5. Площадная съемка с двух КА, движущихся по тандемной схеме

Развертывание четырехспутниковой группировки «Обзор-О» позволит в полной мере обеспечить проведение космического топографического мониторинга, предназначенного для перманентного получения материалов космической съемки с целью выявления природных или антропогенных изменений местности путем сравнения результатов полученных данных с архивными материалами и последующей оценки степени выявленных изменений местности с принятием решения о необходимости обновления соответствующих топографических карт. Очевидно, что для достоверного и своевременного выявления изменений местности необходимо проводить площадную космическую съемку с высокой вероятностью получения материалов съемки в малооблачных условиях. Можно показать, что полная группировка «Обзор-О» с равномерным распределением четырех КА в плоскости синхронно-солнечной орбиты (рис. 6) не будет создавать сложности в её управлении и позволит в течение 180 суток весенне-летне-осеннего съемочного сезона провести хотя бы одну съемку заданных контролируемых территорий в малооблачных условиях с вероятностью не ниже 0,95.

Рассмотренные варианты создания спутниковых группировок показывают реальные возможности повышения эффективности осуществления ДЗЗ с отечественных КА оптико-электронного детального и сверхдетального наблюдения.

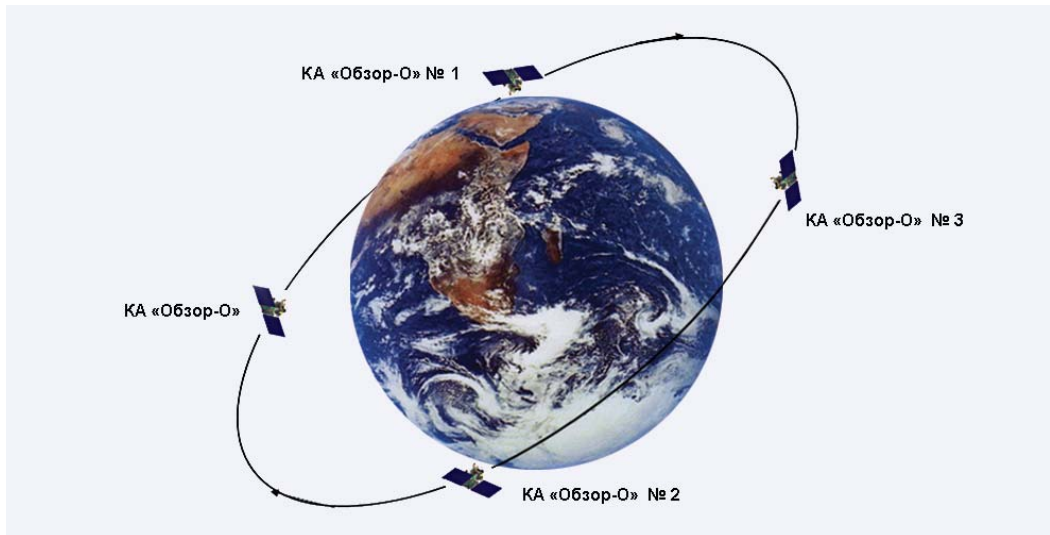


Рис. 6. Конфигурация спутниковой группировки «Обзор-О»