

МАЛЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ СПУТНИКИ ДЗЗ

О.Н. Зинченко, «Ракурс», Москва, Россия

Компания «Ракурс», являясь поставщиком космических снимков и разработчиком фотограмметрической системы PHOTOMOD, внимательно следит за развитием рынка дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Ввод в эксплуатацию новых спутников и сенсоров, изменение подходов к решению традиционных задач, совершенствование сервисов и услуг — все это лежит в области профессиональных интересов компании, призванных удовлетворить запросы пользователей и клиентов.

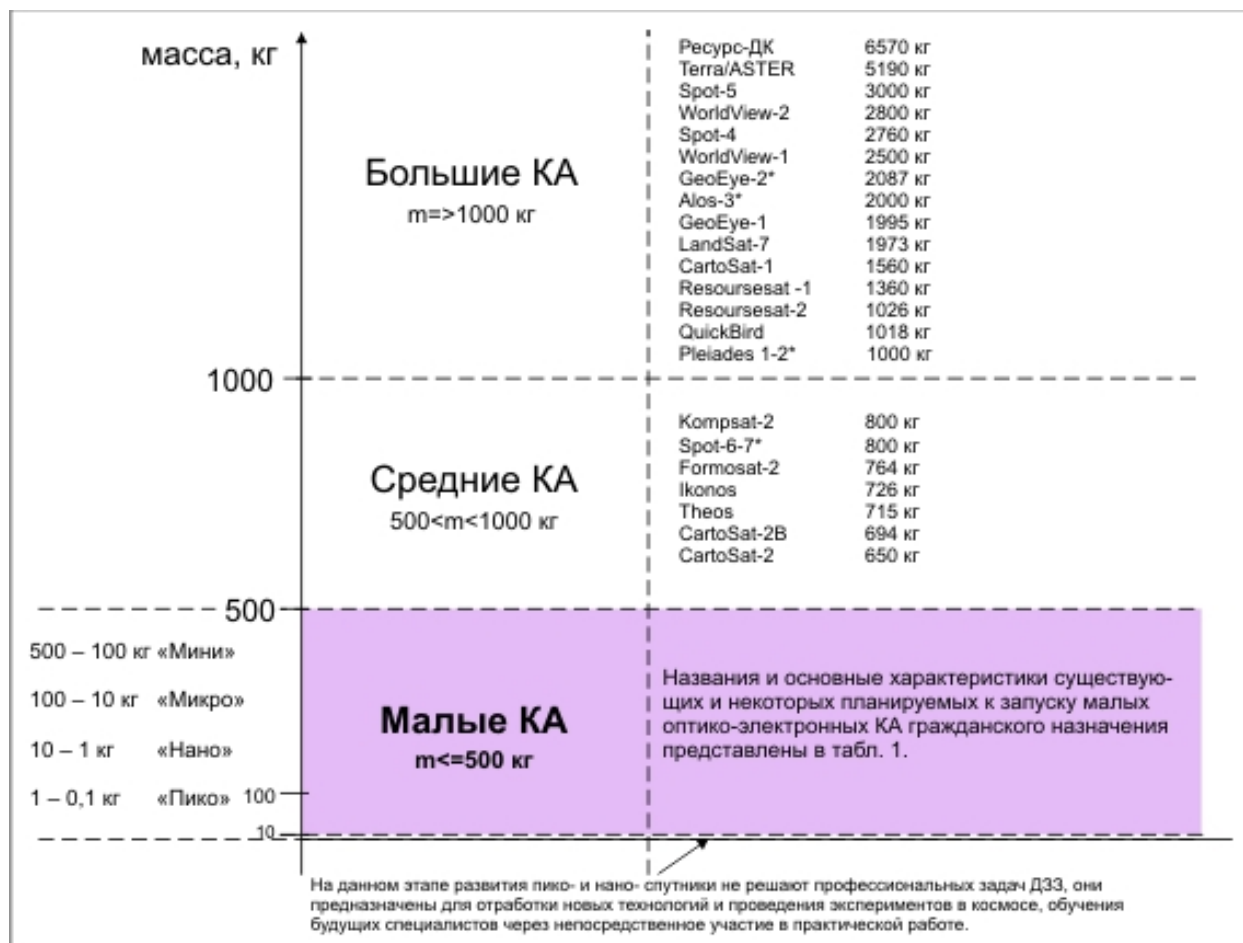
Введение

Настоящий материал посвящен относительно новому направлению в космической промышленности — производству малых космических аппаратов (МКА) или малых спутников (МС) и систем на основе их в аспекте задач ДЗЗ.

Инициатива создания малых космических аппаратов под девизом: «Faster, Better, Cheaper» (Быстрее, Лучше, Дешевле) была объявлена НАСА еще в 1992 году, в противовес длительным и дорогостоящим проектам создания больших КА (в условиях сокращения государственного финансирования). Концепция имела как сторонников, так и противников, последние выдвигали встречный лозунг: «Faster, Better, Cheaper — pick two» (Быстрее, Лучше, Дешевле – выбери два). Тем не менее, по прошествии 20 лет, малые спутники прочно заняли свою нишу в области ДЗЗ. Анализ современных систем на базе МКА показывает, что малые спутники – перспективное направление, открывающее новые возможности космосъемки и предоставления данных.

Определение

Малыми, согласно большинству имеющихся классификаций, считаются КА весом 500 кг и меньше.



* - планируемые к запуску

Рис. 1. Классификация КА по массе.

Малые спутники – это узкоспециализированные аппараты. Как правило, они имеют монофункциональную целевую аппаратуру, негерметичную конструкцию корпуса, компактные солнечные батареи, минимум резервирующих элементов. В их производстве используются новейшие конструкционные материалы и достижения микроэлектроники. Для спутников ДЗЗ применяются сложные, но компактные оптические схемы. Благодаря всему перечисленному такие аппараты могут «позволить себе» иметь небольшие размеры и вес.

Преимущества

С точки зрения разработки, создания и запуска спутника малая масса обеспечивает ряд преимуществ экономического характера.

Рентабельный запуск. Вывод спутника на орбиту требует значительной части средств от общей стоимости проекта. Цена рассчитывается исходя из высоты орбиты, веса спутника, стоимости ракеты-носителя (этот параметр зависит не только от класса: тяжелые, средние и легкие РН, но и от страны-изготовителя: «западные» и «незападные» разработки), а также общей мировой конъюнктуры стоимости пусков в конкретном году.

Вывод аппаратов малой массы осуществляется на низкие орбиты с помощью более дешевых средств легкого или среднего класса, в том числе российских конверсионных ракет, предназначенных для утилизации путем запуска с полезной нагрузкой. Кроме того, малые спутники запускаются не поодиночке, а целой группой – «кластерный запуск», что удешевляет себестоимость запуска одного аппарата. Также возможен «попутный запуск» в качестве сопутствующей нагрузки к большому спутнику.

Сжатые сроки создания (1-3 года вместо 5-10 лет). Сокращение производственного цикла связано с узкой специализацией спутника, использованием серийных компонентов, унифицированных платформ, сокращением того, что называется *raregwork* («бумажная работа»), традиционных конструкторских и технологических требований к разработке, созданию, запуску и эксплуатации. Сжатые сроки создания способствуют скорейшему возврату инвестиций.

Ценовая привлекательность. Процесс создания малого спутника, предназначенного для решения серьезных профессиональных задач, таких как ДЗЗ, нельзя назвать дешевым, в данном случае в названии концепции уместно заменить «cheap» (дешево) на «low-cost» (недорогой). Тем не менее, цена аналогичного большого спутника оказывается в разы больше.

В настоящее время тренд развития больших спутников идет по пути реализации максимальных характеристик по основным потребительским параметрам (разрешение, число спектральных каналов, производительность, точность) одновременно.

Для малых КА ДЗЗ разработчики не стремятся реализовать предельные характеристики сразу по всем направлениям, а сосредотачиваются на одном или нескольких из этих параметров, реализуя необходимую для себя и коммерчески привлекательную для потребителей систему наблюдения» [9].

Направления развития

Перечисленные коммерческие преимущества являются предпосылками двух основных направлений, по которым в настоящее время идет освоение рынка ДЗЗ малыми спутниками.

Малые спутники – «малым» странам

Перспективный рынок для МКА – «малые» страны, которые хотят вступить в «космический клуб» и реализовывать собственные национальные космические программы на базе современных и относительно недорогих спутников. А также такие государства как Россия, Китай, Бразилия – имеющие большие территории, со многими труднодоступными районами и большой потребностью в спутниковых данных.

Разработку и производство малых спутников способны осилить не только аэрокосмические гиганты, имеющие значительную государственную поддержку, но и сравнительно небольшие частные компании, такие как [Surrey Satellite Technology Ltd. \(SSTL\)](#) или [Satrec Initiative Co., Ltd. \(SI\)](#), а также государственные предприятия, имеющие опыт реализации сложных наукоемких космических проектов, но существующие в условиях дефицита бюджета (имеются в виду российские космические центры и предприятия СНГ).

На сегодняшний день одним из лидеров в области создания МКА является частная британская компания SSTL, которая возникла на базе студенческого космического центра университета Суррей. Девиз компании – Changing the economics of space. С помощью SSTL малыми спутниками ДЗЗ обзавелись такие страны как Алжир, Нигерия, Турция, Китай, Испания. SSTL также сотрудничает с космическим агентством Великобритании, выполняя многие его заказы.

SSTL предлагает заказчикам широкий перечень решений: совместное производство спутников, производство под ключ, полный пакет услуг по поддержке и управлению, услуги по запуску и страхованию, а также программы обучения и подготовки национальных кадров государств, желающих самостоятельно осваивать космос.

ГКБ «Южное» (Украина) является примером государственного предприятия, которое осваивает производство малых спутников на экспорт и за счет полученных средств решает задачи национальной государственной космической программы. В 2007 был запущен разработанный и созданный по контракту с Египтом спутник ДЗЗ EgyptSat-1, а затем в 2011 году – собственный Сич-2.

Создание космических систем на базе малых КА

Коммерческие преимущества малых спутников позволяют вместо дорогих одиночных аппаратов создавать группировки малых КА, способных работать в рамках скоординированных программ.

Группировка по сравнению с одиночным спутником обладает следующими достоинствами.

Надежность. При работе сразу нескольких спутников в рамках скоординированной программы возможная потеря одного аппарата не ведет к срыву всей миссии.

Своевременное внедрение новых технологий. Группировки наращиваются постепенно. Каждый запуск выводит на орбиту аппараты, созданные с применением последних технических достижений. При этом самые ранние спутники после выработки ресурса (срок гарантированного существования малых КА составляет от трех до семи лет) выводятся из эксплуатации и замещаются современными.

Оперативность съемки. Большие одиночные спутники ДЗЗ среднего и высокого разрешения не могут быть источниками оперативной информации о заданном районе, поскольку имеют большой период повторения съемки. Например, Landsat-7 производит повторную съемку с периодичностью 16 суток, Spot 4,5 – 2-3 суток. Необходимость получать оперативную и детальную информацию особенно о районе ЧС привела к идее объединять с этой целью ресурсы малых спутников ДЗЗ среднего и высокого разрешения (как серийных аппаратов, имеющих сопоставимые характеристики ЦА, тип и высоты орбит).

Так появилась первая специализированная международная многоспутниковая система для мониторинга ЧС – DMC (Disaster Monitoring Constellation). Она была создана путем объединения ресурсов нескольких малых КА, разработанных компанией SSTL для Алжира, Великобритании, Нигерии, Турции, Испании и Китая. Эта группировка наращивалась начиная с 2002 года путем последовательного запуска все более совершенных с точки зрения пространственного разрешения аппаратов. Спутники первого поколения DMC имели спектральные каналы (G, R, NIR) и разрешение (32 м). Разрешение спутников второго поколения улучшилось до 22 м. Спутник третьего поколения NigeriaSat-2 может снимать с разрешением 2,5 м в панхроматическом режиме. Летом этого года подписан трехлетний контракт с

Китаем на создание трех спутников UK-DMC-3 с метровым разрешением в панхроматическом режиме и 4 м в цветном. В перспективе система DMC будет дополнена радиолокационными спутниками.

На сегодняшний день группировка DMC способна снимать один и тот же любой район Земли, по крайней мере, один раз в день.

В основном съемка идет в национальных интересах стран-владельцев. Для съемки ЧС национальные операторы ежедневно выделяют 5% свободных ресурсов аппаратуры в интересах ООН и Международной Хартии «Космос и крупные катастрофы». Например, с помощью DMC была получена информация о последствиях цунами в Индийском океане (2004), урагана «Катрина» (2005), землетрясений в Гаити (2010) и в Новой Зеландии (2011). Еще часть ресурсов используется в коммерческих целях, для чего создан консорциум DMCII.

После создания DMC стали появляться национальные многоспутниковые системы, как финансируемые государством, так и коммерческие проекты.

В августе 2008 года на орбиту были выведены одновременно 5 идентичных малых спутников, образовавших немецкую коммерческую группировку RapidEye. Группировка обеспечивает возможность глобальной съемки любого региона Земли в течение суток, а также возможность повторной съемки на следующие сутки. Основным применением является мониторинг хозяйственной деятельности (агробизнес, лесное хозяйство) и съемка районов ЧС.

Месяцем позже заработала китайская национальная группировка (Small Satellite Constellation for Environment and Disaster Monitoring and Forecasting, SSCEDMF), предназначенная для целей оперативной съёмки районов катастроф, мониторинга окружающей среды и прогнозирования ЧС. Пока она состоит из 2-х спутников ДЗЗ и одного радарного спутника. В перспективе группировка дорастет до 4 оптических и 4 радарных спутников (поэтому ее еще называют «4+4»).

Одиночные спутники ДЗЗ Украины, Малайзии, Турции, Египта, ОАЭ – являются первыми экземплярами, прототипами последующих спутников в планируемых национальных группировках. Так, ОАЭ на базе DubaiSat-1 спроектировали и готовят к запуску в 2012 году более современный DubaiSat-2, а затем DubaiSat-3. Египет планирует запуск EgyptSat-2, Украина – Сич-2М.

Россия и Белоруссия готовят к запуску в начале 2012 года два аналогичных малых спутника: российский Канопус-В и белорусский БКА, разработанные на предприятии ФГУП «НПП ВНИИЭМ». Предполагается, что эти спутники будут работать в составе единой группировки.

Таблица 1 содержит основные характеристики малых спутников, работающих в составе перечисленных группировок, а также некоторых одиночных спутников – первых экземпляров в составе будущих национальных группировок.

Таблица 1. Основные характеристики малых оптико-электронных спутников ДЗЗ гражданского назначения, с разрешением от 32 м и лучше

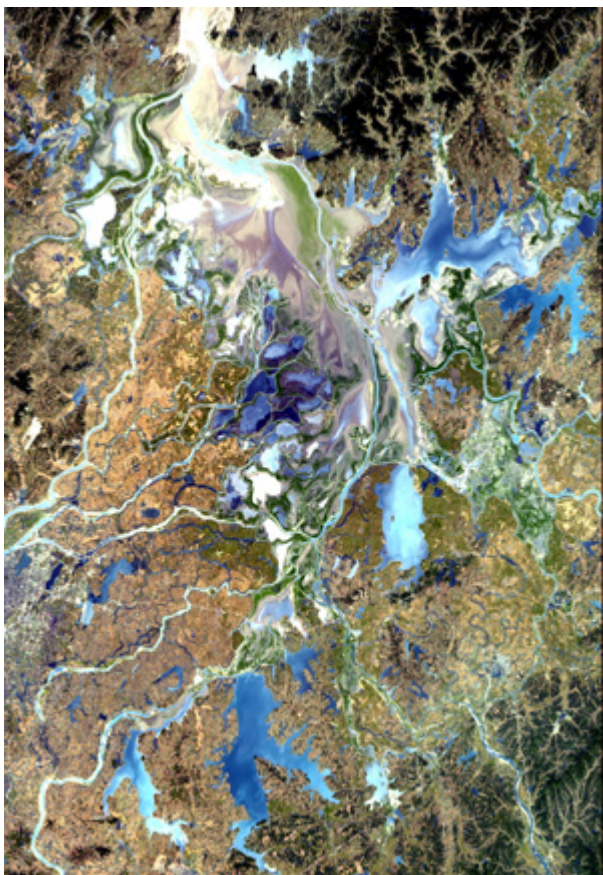
| Название | Страна | Разработчик | Дата запуска | Носитель | Масса | Режимы съемки | | Разрешение | | Высота орбиты, км | Тип орбиты | Ширина полосы съемки, км | Периодичность, сутки | Произв-ть, млн.кв. км/сут. | |
|---|---|-------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|-----------|---------------------|--------------|-------------------|------------|--------------------------|-----------------------------------|----------------------------|----------------|
| | | | | | | пан. | мультисп. | пан. | мультисп. | | | | | | |
| DMC (Disaster Monitoring Constellation) — группировка спутников, созданных в рамках международного проекта по обеспечению правительственных органов различных стран данными ДЗЗ в случае ЧС | | | | | | | | | | | | | | | |
| Alsat-1** | 1-е поколение | Алжир | SSTL | 01.11.2002 | Космос-3М | 90 | - | G,R,NIR | - | 32 | 686 | CCO | 5 (один спутник); 1 (группировка) | н/д | |
| UK-DMC | | Великобр. | | | Космос-3М | 100 | - | G,R,NIR | - | 32 | 686 | CCO | | | 600 |
| Nigeriasat-1 | | Нигерия | | | Космос-3М | 100 | - | G,R,NIR | - | 32 | 686 | CCO | | | 600 |
| BiISat** | | Турция | | | Космос-3М | 130 | + | G,R,NIR | 12,6 | 26 | 686 | CCO | | | 24/52 |
| Beijing-1 | | Китай | | | Космос-3М | 166 | + | G,R,NIR | 4 | 32 | 686 | CCO | | | 24/600 |
| Deimos-1 | 2-е поколение | Испания | SSTL | 29.07.2009 | Днепр | 91 | - | G,R,NIR | - | 22 | 686 | CCO | 660 | 660 | |
| UK-DMC-2 | | Великобр. | | | Днепр | 120 | - | G,R,NIR | | | 686 | CCO | | | |
| Nigeriasat-X | | Нигерия | | | Днепр | 100 | - | G,R,NIR | | | 686 | CCO | | | 660 |
| Nigeriasat-2 | 3-е поколение | Нигерия | | 17.08.2011 | Днепр | 300 | + | B,G,R,NIR | 2,5 | 5 / 32 | 700 | CCO | 20-80/330 | 4-6 – VHRI, 1-2 – MRI | |
| UK-DMC-3* (3 шт.) | 1-е поколение VHR | Китай | | 2014* | | 350 | + | B,G,R,NIR | 1 | 4 | 630 | CCO | 22 | 1 (для трех спутников) | > 0,1 каждый |
| Группировка RapidEye, Германия - первый в Германии коммерческий гражданский проект дистанционного зондирования Земли | | | | | | | | | | | | | | | |
| RapidEye (5 шт.) | Пять идентичн. спутников | Германия | MDA SSTL JOP | 29.08.2008 | Днепр | 150 | - | B,G,R,NIR, Red Edge | - | 6,5 | 630 | CCO | 77 | 1 | 4 |
| Группировка SSCEDMF, Китай - Small Satellite Constellation for Environment and Disaster Monitoring and Forecasting или "4+4" (4 оптических и 2 радарных) | | | | | | | | | | | | | | | |
| HJ-1A | Система 1-го этапа «2+1» (2 оптич. + 1 радарн.) | Китай | CAST | 06.09.2008 | Long March 2C | 473 | - | B,G,R,NIR | - | 30 | 649 | CCO | 720 | 4 (каждый), 2 (оба) | н/д |
| HJ-1B | | | | | | 496 | - | B,G,R,NIR | - | 30 | 649 | CCO | 720 | | |
| Одиночные малые спутники ДЗЗ разных стран, предназначенные для мониторинга народного хозяйства и ЧС - прототипы последующих национальных спутников малого класса | | | | | | | | | | | | | | | |
| EgyptSat-1*** | Египет | ГКБ «Южное» | | 17.04.2007 | Днепр | 150 | + | G,R,NIR | аналог Сич-2 | | | | | | |
| RasakSAT | Малайзия | ATSB,SI | | 14.07.2009 | Falcon | 180 | + | G,R,NIR | 2,5 | 5 | 685 | Ок. экв.О | 20/685 | н/д | н/д |
| DubaiSat-1 | ОАЭ | EIAST, SI | | 29.07.2009 | Днепр | 190 | + | B,G,R,NIR | 2,5 | 5 | 680 | CCO | 20 | н/д | 12000 м / день |
| Rasat | Турция | TUBITAK | | 17.08.2011 | Днепр | 93 | + | B,G,R | 7,5 | 15 | 689 | CCO | 30 | 4 | н/д |
| Сич-2 | Украина | ГКБ «Южное» | | | | 176 | + | G,R,NIR | 7,8 | 7,8 | 668 | CCO | 55 в надире | 5 | н/д |
| Канопус-В* | Россия | ФГУП "НПП ВНИИЭМ" | | 2012 | Рокот | 400 | + | G,R,NIR | 2,1 | 10,5 | 510-540 | CCO | 20 (510 км) | 5 | > 2 |
| БКА* | Белоруссия | ВНИИЭМ" | | | | 400 | + | G,R,NIR | 2,1 | 10,5 | 510-540 | CCO | 20 (510 км) | 6 | > 2 |

* планируемые к запуску, ** завершившие миссию, *** выведенные из эксплуатации по техническим причинам

| | | | |
|---------|---|-------------------|---|
| ATSB | Astronautic Technology Sdn. Bhd., Малайзия | SSTL | Surrey Satellite Technology Limited, Великобритания |
| CAST | Chinese Academy of Space Technology, Китай | ГКБ «Южное» | Государственное предприятие «Конструкторское бюро «Южное» имени М.К. Янгеля, Украина |
| EIAST | Emirates Institution For Advanced Science & Technology, ОАЭ | ФГУП «НПП ВНИИЭМ» | Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-производственное предприятие Всероссийский научно-исследовательский институт электромеханики», Россия |
| JOP | JenaOptronics GmbH, Германия | | |
| MDA | MacDonald, Dettwiler and Associates Ltd, Канада | | |
| SI | Satrec Initiative Co., Ltd., Южная Корея | | |
| TUBITAK | Turkish Scientific and Technical Research Council, Турция | | |

Примеры съемки малых спутников

Озеро Поян, Китай, ноябрь 2010 г.
Изображение получено со спутника DEIMOS-1
(1-е поколение DMC), разрешение 22 м



Изображение Deimos IMAGING, Испания.

Аэропорт Солт-Лейк-Сити, США, сентябрь 2011г.
Изображение получено со спутника NigeriaSat-2
(3-е поколение DMC), разрешение 2,5 м



Изображение SSTL, Великобритания.


Фермы в пустыне, Кувейт, март 2010 г.
Изображение получено со спутника DubaiSat-1,
разрешение 2,5 м.



Аэропорт Дубай, ОАЭ, февраль 2010 г.
Изображение получено со спутника DubaiSat-1,
разрешение 2,5 м.



Изображения EIAST (Emirates Institution For Advanced Science & Technology), ОАЭ

| | |
|---|--|
| <p>Москва, Россия, апрель 2011 г. Изображение получено со спутника RapidEye, разрешение 6,5 м</p>  <p>Изображение RapidEye AG, Германия.</p> | <p>Мосты в Киеве, Украина, 2011 г. Изображение получено со спутника Сич-2, разрешение 7,8 м</p>  <p>Изображение НКАУ (Национальное космическое агентство Украины).</p> |
|---|--|

Перспективные проекты

На сегодняшний день в стадии разработки и поиска инвесторов находится ряд интересных коммерческих проектов на основе использования группировок из малых спутников ДЗЗ.

1. **EarthMapper (Always-on Constellation)** – проект упоминавшейся выше британской компании SSTL, нацеленный на сплошную регулярную и непрерывную съемку Земли с высокой частотой (вся Земля за 1 день) без предварительных заявок посредством группировки из пяти малых спутников. Изначально предполагалось создание аппаратов на базе UK-DMC2 (см. табл. 1), то есть с разрешением 22 м, однако на данном этапе решено увеличить разрешение системы, для чего разрабатывается новая камера.

Группировка должна заработать к 2015 году.

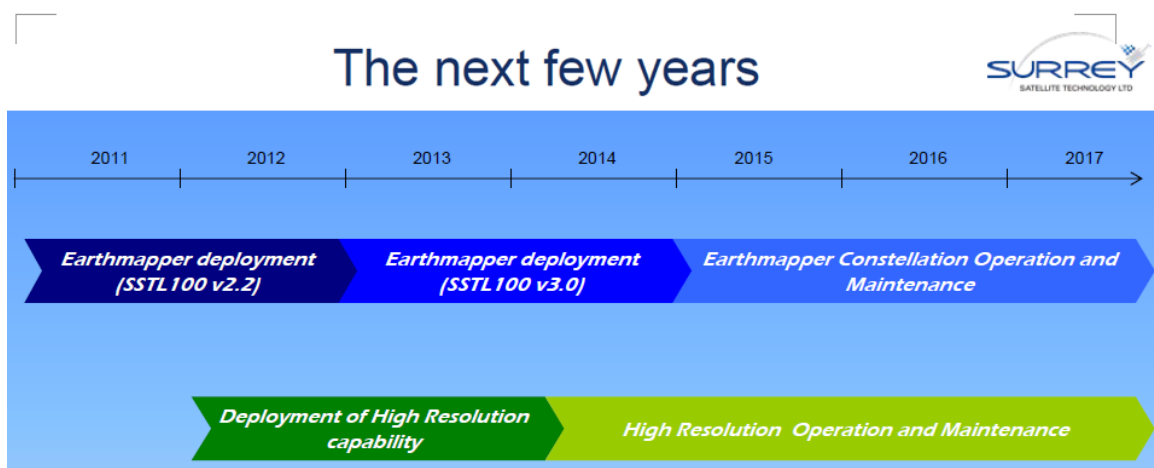


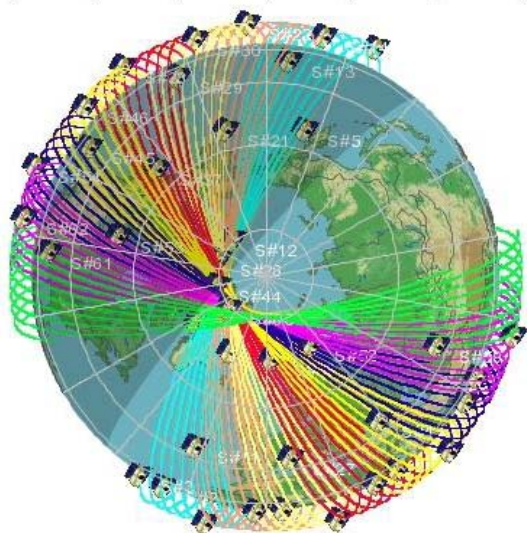
Рис. 2. План развертывания группировки EarthMapper (изображение Surrey).

2. **e-CORCE (e-Constellation d’Observation REcurrente Cellulaire)** – проект, демонстрирующий потенциальную возможность перехода от «очаговой» съемки к регулярному обеспечению непрерывного, сплошного покрытия Земли космическими снимками высокого разрешения с

помощью полностью автоматизированной спутниковой группировки. Идея принадлежит специалистам французского космического агентства (CNES).

e-CORCE ориентирован на создание геосервиса второго поколения, который бы решил две главные проблемы Google Earth: несочетаемость покрытий соседних территорий из-за разного разрешения и нерегулярность обновления данных.

В 2006 году (через год после появления Google Earth) специалисты CNES начали думать о том, возможно ли ежедневно получать глобальное покрытие всей Земли цветными снимками с разрешением 1 м и распространять снимки через Интернет (**1 Земля, 1 метр, 1 день**)? Спустя два года был вынесен вердикт: задачу возможно решить с помощью многоплоскостной спутниковой группировки малых КА и наземной распределенной сети станций приема.



| Характеристики группировки e-CORCE для решения задачи «1 Земля, 1 метр, 1 день» |
|---|
| Количество спутников – 104 шт. (весом около 220 кг каждый). |
| Количество орбитальных плоскостей – 8 шт. (по 13 спутников на одну плоскость). |
| Тип и высота орбиты – солнечно-синхронная орбита, 600 км. |
| Распределение плоскостей – ½ часовое отстояние (8^{30} - 12^{30}) |
| Количество приемных станций – от 50 до 100 шт. |

Рис. 3. Многоплоскостная группировка e-Corсе для решения задачи «1 Земля, 1 метр, 1 день» (Изображение CNES).

На первом этапе к 2015 году планируется решить промежуточную задачу еженедельного обновления покрытия Земли цветными снимками высокого разрешения «**1 Земля, 1 метр, 1 неделя**» с помощью группировки из 13 равномерно распределенных по орбите спутников.

Съёмка, очевидно, будет полосовой, сплошной и непрерывной. Это позволит снизить требования к перенацеливанию и общей маневренности аппаратов, упростив и удешевив их конструкцию. Кроме того, съёмка будет вестись под малыми зенитными углами, что улучшит качество информации [6].

e-CORCE обещает поставлять детальные, легко доступные, регулярно обновляемые снимки всей Земли дешевле, чем на профессиональном рынке.

3. **SkySat** – венчурный проект американской компании Skybox Imaging Inc, поддержанный ведущими инвестиционными фондами Силиконовой Долины. Бизнес-миссия проекта направлена на создание и внедрение группировки малых спутников высокого разрешения для обеспечения данными ежедневной космической съемки широкого круга пользователей. Эти данные будут использованы в различных приложениях, таких как оперативное реагирование на чрезвычайные ситуации, бизнес-аналитика, мониторинг, наблюдение за состоянием окружающей среды и т. п. Съёмка будет вестись в панхроматическом и мультиспектральном режимах. Запуск первого спутника планируется в 2012 году. В новостном разделе компании указано, что после полного развертывания группировки пользователям будет предложен сервис просмотра любой точки земного шара в режиме «near real time», а также эксклюзивный сервис – видеосъемка из космоса.

О некоторых общих тенденциях для рынка ДЗЗ в связи с рассматриваемой темой

Появление новых и расширение существующих группировок для увеличения производительности и сокращения интервала повторного просмотра приводит к резкому возрастанию объемов передаваемых данных. Для приема, обработки и хранения огромных массивов информации необходимы новые технические решения. Кроме того, оперативность съемки должна дополняться оперативностью получения данных конечным пользователем и удобством доступа к информации.

Это выявляет общие тенденции развития рынка ДЗЗ как в отношении малых спутников, так и для группировок больших современных высокопроизводительных спутников, принадлежащих ведущим поставщикам данных ДЗЗ (Digital Globe, GeoEye, SpotImage).

- Создание распределенных сетей приема, обработки и распространения данных ДЗЗ.
- Увеличение скоростей передачи данных.
- Использование межспутниковых каналов обмена данными для оперативной передачи информации с любой точки орбиты без привязки ко времени прохождения спутника ДЗЗ над станцией сбора информации.
- Усовершенствование устройств обработки данных непосредственно на борту.
- Внедрение в отрасль самых современных информационных технологий, таких как облачные вычисления и распараллеливание процессов обработки данных ДЗЗ.
- Новые формы представления пространственной информации, такие как геопорталы и геосервисы.

Резюме

Современная ниша малых спутников ДЗЗ – это:

- трамплин для «малых» стран, таких как Нигерия, Алжир, Турция и др. к развитию собственных национальных космических программ;
- возможность обеспечения необходимыми услугами в области мониторинга государств с обширными территориями (Россия, Бразилия, Китай и др.), отдельных министерств, таких как сельское хозяйство, а также крупных корпораций в местах их присутствия;
- оперативный мониторинг районов ЧС с помощью интернациональных, национальных и коммерческих группировок малых КА, таких как DMC, RapidEye, 4+4, а в «мирные дни» – мониторинг ресурсов и хозяйственной деятельности и решение картографических задач в интересах государств-собственников.

Дальнейшее развитие МКА идет по пути:

- постепенного повышения функциональных качеств отдельных аппаратов (как платформ, так и целевой аппаратуры);
- повышения возможностей многоспутниковых систем в целом за счет:
 - ✓ расширения группировок для достижения беспрецедентной частоты повторного просмотра;
 - ✓ достижения наилучших результатов путем комбинирования изображений с

малоразмерных оптических и радарных аппаратов;

- ✓ развития сопутствующей инфраструктуры (сетей наземных станций, геосервисов и т.д.) с учетом перечисленных общемировых тенденций.

Список литературы

Статьи

- [1] Л.А. Макриденко, К.А. Боярчук. Микроспутники. Тенденция развития. Особенности рынка и социальное значение // Журнал «Вопросы электромеханики». Труды НПП ВНИИЭМ. – 2005. – т. 102. – с. 12-27
- [2] Н.Н. Севастьянов, В.Н. Бранец, В.А. Панченко, Н.В. Казинский, Т.В. Кондранин, С.С. Негодяев. Анализ современных возможностей создания малых космических аппаратов для дистанционного зондирования Земли. // Сборник статей МФТИ. – 2009. – т.1. – №3.
- [3] М. Ю. Овчинников. Малые мира сего. // Журнал "Компьютерра". – 2007. – №15.
- [4] А.В. Тертышников, А.А. Кучейко. Оперативный космический мониторинг ЧС: история, состояние и перспективы. // Журнал «Земля из космоса. Наиболее эффективные решения». – 2010. – №4. – с 7-13.
- [5] Dan Ward. Faster, Better, Cheaper Revisited. Program Management Lessons from NASA // Defense AT&L. – 2010 (March-April). – P. 48-52.
- [6] Е.Н. Еремченко. e-CORSE: неогеография второго поколения. // Интернет-портал R&D CNews.
- [7] В. И. Волошин, В. Й. Драновский, Э. И. Бушуев. Состояние, перспективы и проблемы рынка услуг дистанционного зондирования Земли из космоса. //Аэрокосмический портал Украины.
- [8] К.А. Боярчук. Проект «Вулкан»: перспективы развития. // Материалы семинара «Вопросы миниатюризации в современном космическом приборостроении», г. Таруса, 2004 г.
- [9] А.И. Бакланов. К вопросу о пространственном разрешении и точности привязки изображений космических систем наблюдения высокого разрешения. // Журнал «Геоматика». – 2010. – №3. – С.25-30.

Презентации

- [10] А.А. Романов. Концептуальные подходы к созданию перспективных космических систем. // 2011
- [11] Pan Zhiqiang. Chinese EO missions for land remote sensing. // 2010.
- [12] Luic Gomes. Answering New Needs With Existing Solutions. // 2011.

Новости

- [13] DubaiSat-2 to be an improvement on predecessor // 2011 .
- [14] Фирма Skybox Imaging (США) получила награду за инновации в создании микроспутников ДЗЗ. // 2011.
- [15] Перспективы использования микроспутников для мониторинга и ликвидации ЧС: итоги конференции в Лондоне. // 2011.