

МИКРОСПУТНИКИ. ТЕНДЕНЦИЯ РАЗВИТИЯ. ОСОБЕННОСТИ РЫНКА И СОЦИАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Первый искусственный спутник Земли массой всего 80 кг был микроспутником по современным стандартам. Дальнейшее развитие космической деятельности привело к созданию крупных космических аппаратов (КА) – целых космических лабораторий с массой до нескольких тонн. Следует отметить, что на первом этапе развития космонавтики в нашей стране вопросам миниатюризации КА уделялось меньше внимания, чем за рубежом (в частности США). Такое положение в значительной степени объяснялось тем, что, во-первых, мы располагали ракетносителями (РН), обладающими большой грузоподъемностью, значительно превосходившей зарубежные средства выведения, и масса КА не выступала как ограничивающий параметр; во-вторых, уже тогда сказывалось отставание отечественной микроэлектроники для создания бортовых систем, что в целом вело к увеличению массы и габаритов КА. В первые годы освоения космоса из-за дороговизны экспериментов каждый КА стремились сделать летающей лабораторией, что естественно приводило к увеличению полезной нагрузки. А стремление к увеличению срока активного существования и повышению надежности за счет резервирования элементов также приводило к увеличению полной массы КА.

В связи с достижениями микроэлектроники, информатики, массовому производству элементов космических систем, начиная с 90-х г. прошлого столетия, изготовление и запуск малых и сверхмалых космических аппаратов стал достаточно распространенным явлением. Основное достоинство МКА – это его ценовая привлекательность, которая дополняется реальной возможностью быстро продать или сдать его в аренду. Низкая цена позволяет также формировать целые спутниковые системы, которые могут осуществлять непрерывный мониторинг земной поверхности, а также решать вопросы телекоммуникации и т.п.

Изменения в мировой космонавтике приводят к тому, что все больше стран вступает в «космический клуб» для решения не только вопросов престижа, но и конкретных задач. Наступает эра прагматичного космоса – создание экономичных средств, которые должны приносить экономический эффект и в сжатые сроки. Эта

тенденция в ближайшее время может привести к тому, что членами клуба будут отдельные крупные компании, обладающие своим собственным космическим сегментом для решения конкретных внутренних задач.

Глобальные по своему применению космические технологии уже вышли из экспериментальной стадии и нашли широкое коммерческое применение. Следует отметить, что наиболее доходными сферами деятельности, как мировой, так и российской космонавтики на ближайшее десятилетие являются: развитие спутниковой связи и навигации (особенно для удаленных районов и транспорта), космических систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) (картографирование, исследование природных ресурсов, метеобеспечение, экологический мониторинг, природопользование, предупреждение о природных и техногенных катастрофах). Анализ тенденций коммерческого применения космических технологий показывает, что одним из наиболее перспективных путей является создание и применение малых аппаратов и систем на их основе [1].

В настоящее время жесткая конкуренция на мировом рынке космических товаров и услуг заставляет его участников предоставлять свои возможности в кратчайшие сроки, качественно и по низким ценам без снижения целевой эффективности космических систем. Основным препятствием при продвижении на рынке являются высокая стоимость и продолжительность создания КА, средств выведения, а также высокая стоимость запусков и длительное время их подготовки. Одним из вариантов удешевления запусков, по мнению отечественных и зарубежных специалистов, является радикальное уменьшение массы КА.

Достижения последних 10 лет в области микроэлектроники и микроэлектромеханики позволили создавать МКА ни в чем не уступающие большим по целевым характеристикам. Общепринятой классификации спутников в соответствии с их массой пока не сложилось. Тем не менее, обобщив данные отечественных и зарубежных публикаций можно представить следующую классификацию [2]:

- пикоспутники 0,1 - 1 кг;
- наноспутники 1 - 10 кг;
- микроспутники 10 - 100 кг;
- мини-спутники 100 - 500 кг;
- малые спутники 500 - 1000 кг;
- средние спутники 1000 - 1500 кг;
- большие спутники > 1500 кг.

Опыт работы с МКА показывает, что при учете не только весовых, но и системных характеристик необходимо ввести подкласс декаспутников массой 10–50 кг. Декаспутники, в отличие от нано- и пикоспут-

ников, способны решать важные самостоятельные задачи фундаментальных и прикладных космических исследований [3]. Как показывает анализ доступной информации, количество реализованных МКА за период с 1981 по 2001 гг. составило 540 аппаратов (рис.1).

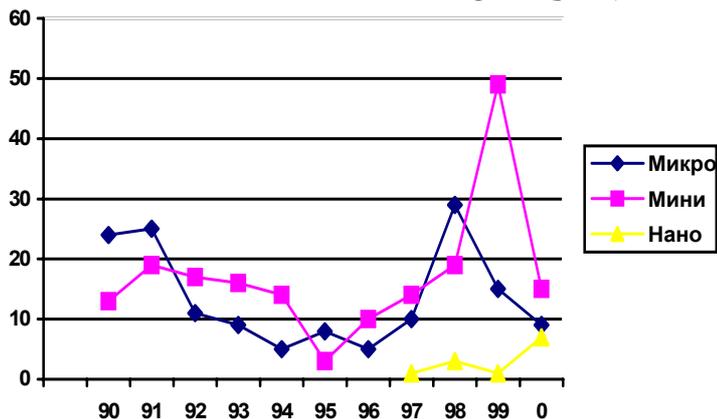


Рис.1. Успешные запуски малых КА в мире за период 1990 –2001 гг.

Рынок космических услуг, как в области телекоммуникаций, так и в области дистанционного зондирования, быстро расширяется в связи с возрастающей потребностью в информации, необходимой для принятия решения в различных сферах хозяйственной деятельности, у государственных и частных учреждений.

Всемирный коммерческий рынок данных ДЗЗ, согласно исследованиям маркетинговой компании «Frost & Sullivan» - «World Commercial Remote Sensing Markets, 1998», «World Remote-Sensing Data and GIS Software Markets, 1999¹», непрерывно растет (рис. 2).

Однако реальная область использования космической информации на рынке составляет на сегодня лишь малую часть потенциальной. Коммерческое ДЗЗ является перспективным и быстро развивающимся бизнесом. По прогнозам представителей компании SPOT Image (Systeme Probatoire d'Observation de la Terre) в ближайшие годы 65% мирового рынка будет заполнено снимками с разрешением 1 м и выше (остальное: 25 % - 1 м; 7 % - 2-3 м; 3 % - хуже 5 м), при этом выручка от продажи снимков достигнет 1,5 млрд. долл. в 2006 г.[4]. Ожидается, что спутники с высоким разрешением займут рынок авиасъемок (табл. 1).

¹ Более полную информацию о рынках можно получить на сервере <http://www.frost.com>, но стоит отчет приблизительно 3,5 к\$

Таблица 1

**Стоимость космических изображений Земли
(по данным SPOTIMAGE, 2003)**

Разрешение, м	Цена, км ²	Тип съемки	Стоимость за км ² , \$	Объем данных, кБайт/км ²	Особенности изображения
0,5	272	Панхроматическая	22-25	3906	Малая арена, высокая детализация
1	121	Панхроматическая	39	977	Малая арена, хорошая детализация
2,5	3600	Панхроматическая	1,95	156	Компромиссный вариант между детализацией и большой ареной покрытия
4	121	Мультиспектральная	18	61	Малая арена
5	4900÷3600	Панхроматическая	2,08÷1,07	39	Среднее разрешение, региональное картографирование
10	3600	Мультиспектральная	1,07	10	Среднее разрешение, широкая полоса
15	31110	Панхроматическая	0,04	4	Среднее разрешение, широкая полоса
20	3600	Мультиспектральная	0,33	2	Широкая полоса покрытия
30	31110	Мультиспектральная	0,04	1	Широкая полоса покрытия

Необходимо отметить, что снимки компании SPOT Image на сегодня самые продаваемые в мире. Этому способствуют и высокое качество этих данных, и четкость работы персонала фирмы, широкая сеть дистрибьюторов и, конечно, доступность каталогов. Основной доход компания получает от экспорта продукции, как это видно из диаграммы распределения ее продаж по географическим регионам (рис. 3).

Космическая отрасль традиционно финансируется государством. Некоторое время назад были проведены попытки коммерциализировать космос, например, начиная с 1984 г. обработка и коммерческое распространение данных системы Landsat [5] были переданы коммерческой компании Eosat (Earth Observation Satellite Company) ныне Space Imaging Eosat [6], рис. 4. В то же время зна-

чительное финансирование сохраняется со стороны государства. Единственным исключением являются телекоммуникационные спутники на геостационарной орбите, которые успешно эксплуатируются частными компаниями. В середине 1990-х г. было очень популярным среди частных инвесторов вкладывать деньги в низкоорбитальные телекоммуникационные группировки, такие как Iridium. Однако преждевременное банкротство компаний Iridium и ORBCOMM серьезно подорвали поток инвестиций, особенно в низкоорбитальные группировки.

Используя многолетние инвестиции американского правительства в ДЗЗ из космоса, компании EarthWatch и Ikonos умудрились перехватить бизнес-инициативу и удерживают ее до сих пор на рынке данных ДДЗ. Из табл. 2 видно, что многие страны последовали по пути Ikonos.

Таблица 2

Гражданские спутники дистанционного зондирования Земли

КА	Масса, кг	Орбита, км	Разрешение, м		Полоса, км	Телеметрия	Скорость передачи данных, Мбит/с	Запуск	Страна
			панхроматическое	мульти-спектральное					
Ikonos	720	681	0,8	3,3	11	X	320	1999	США
EarlyBird	350	470	3	15	3/15	X	-	1999	США
QuickBird	950	450	0,6	2,4	16,5	X	320	2000	США
EROS-A	240	480	2	-	12,5	X	70	2001	Израиль
SPOT-5	3000	822	2,5/5	10	60	X	100	2002	Франция
Orbview-3	400	470	1	4	8	X	120	2003	США
ROCSAT-2	790	891	2	8	24	X	120	2004	Тайвань
EROS-B1	350	600	0,82	-	13	X	455	2004	Израиль
IRS-P5	1000	817	2,5	-	30	X	-	2004	Индия
ALOS	3900	692	2,5	10	35/70	X	120	2004	Япония
KOMPSAT-2	800	681	1	4	15	X	320	2005	Корея

Однако весьма высокая стоимость традиционных больших КА, подобных "Landsat", "SPOT", "Ресурс-О" и др., не позволяет осуществить развертывание необходимых спутниковых группировок для оперативной съемки по любому запросу пользователей, а стоимость самих КА и вывод их на орбиту существенно снижает ценовую привлекательность конечной продукции. Эти системы, ориен-

тированные на централизованное обслуживание крупных, преимущественно государственных, заказчиков информации, не соответствуют в полной мере происходящим изменениям потребительского рынка. В связи с этим все возрастающие надежды возлагаются на перспективные коммерческие системы ДЗЗ на базе относительно недорогих малых космических аппаратов Ikonos, OrbView, Quick Bird, EROS и др.

В настоящее время спрос на информацию дистанционного зондирования растет, в основном, за счет разведывательных и военных ведомств, а также органов государственного управления. Ведущие фирмы - поставщики коммерческой космической информации ДЗЗ: SPOT Image (Франция), Radarsat International (Канада), MacDonald Dettwiller & Associates (Канада), Earth Watch Inc. (США), Orbital Imaging Corp. (Orbimage) (США), Space Imaging Eosat (США), ImageSat Int (бывшая West Indian Space Ltd Израиль, США), "Совинформспутник" (Россия), Сканекс (Россия) в будущем ориентируются на непрофессиональных массовых потребителей, не являющихся техническими специалистами.

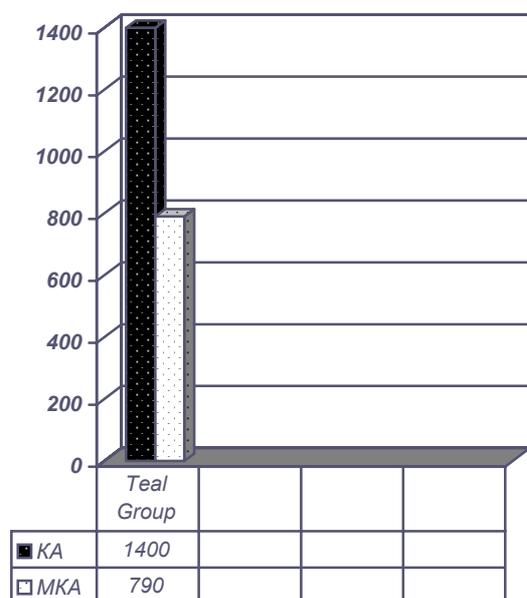


Рис. 5. Прогноз компании Teal Group Corp. на ближайшие 10 лет

Телекоммуникационные космические системы согласно своей экономической значимости занимают особое место на мировом рынке. Этот сегмент рынка по финансовому объему является в настоящее время доминирующим и составляет ~75 млрд. долл. По прогнозам компании Teal Group Corp. на ближайшие 10 лет планируется к запуску ~ 2150 КА, где 65% спутники связи (рис.5), из них 57% МКА [7].

В области телекоммуникаций перспективными массовыми пользователями могут быть, во-первых, жители полярных широт и регионов с низкой плотностью населения. К таким регионам относятся большинство развивающихся стран (около 60% населения планеты). Во-вторых, подвижные абоненты. Например мировая потребность в услуге по определению местоположения и передачи данных с транспортных средств с помощью низкоорбитальных систем связи на базе малых КА [8].

В задачи аналитика конъюнктуры рынка спутниковых услуг входит понимание того, какие типы спутников будут преобладать на рынке в будущем. Несколько лет назад было довольно очевидно для чего нужны микроспутники, и разумное, например пятилетнее, прогнозирование не составляло труда. Так, в начале 1990-х гг. было очевидно, что коммерческие спутники связи весом менее 1000 кг будут преобладать на рынке, потому что системы мобильной спутниковой связи, такие как Iridium (Motorola), Globalstar (Loral) и Orbcomm (Orbital Sciences), были в стадии разработки и создания. «Первая волна» мобильных спутниковых систем создавалась в течение 1997 – 1999 гг., было запущено около 150 спутников в соответствии с этими программами. Спутники ранжировались по размерам от 41,6 кг (Orbcomm) до 689-кг (Iridium), каждый спутник системы Globalstar весил 450 кг. Однако затраты на создание этих систем не окупились последующей эксплуатацией, что привело к банкротству некоторых компаний. Это произошло из-за неправильного прогнозирования предоставляемых потребителю комплекса услуг. К середине 1990-х гг. стало очевидно, что лидером на рынке будут, вероятно, коммерческие широкополосные спутники интегральных систем связи, например, типа Spaceway (Hughes Electronics), Astro-link (Lockheed Martin), Teledesic (Craig McCaw) и SkyBridge (Alcatel), размещенные на смешанных типах орбит [9].

Вторая «широкополосная волна» начинается уже сейчас. Вероятно, будет запущено много новых спутников весом значительно большим, чем у мобильных систем. SkyBridge (1000 кг), Astrolink (3,2 т) и спутники системы Spaceway по 4,5 т каждый. Это уже совсем не МКА.

Коммерциализация всех аспектов разработки, изготовления космических систем и обработки полученной информации с каждым годом усиливается. Ряд зарубежных компаний, например SSTL Ltd., Alcatel Space, OHB-Systems, Orbital Science Corp., Israel Aircraft Industries, TRW, Spectrum Astro, в течение нескольких лет занимаются созданием мини- и микроспутников.

Во-первых, следует выделить компанию Surrey Satellite Technology LTD (Великобритания, г. Гилфорд), которая работает в этой области уже 20 лет и обеспечивает полный технологический цикл. Компания великолепно осуществила коммерческую реализацию международного проекта – космическую систему микроспутников для экологического мониторинга “Disaster Monitoring Constellation”. Система космического мониторинга стихийных бедствий создается совместно космическими ведомствами Великобритании, Алжира, Таиланда, Вьетнама, Китая, Нигерии и Турции. Система базируется на микроспутниках, обеспечивающих 36-ти метровое разрешение в полосе 600 км для мультиспектральных изображений (зеленый, красный и ближний ИК-диапазон) [10].

Во-вторых – германскую компанию OHB-System GmbH (г. Бремен), которую военное ведомство страны выбрало для создания национальной космической системы видовой разведки. Основными отличительными чертами этих фирм являются низкие накладные расходы и использование новейших технологий, что достигается системным подходом: части, которые надо обрабатывать механически, делают по заказам; элементы и подсистемы поставляют соисполнители. Только сам проект разрабатывается фирмой. Причем, во многих разработках управлять системой может сам потребитель, используя Интернет. Эти зарубежные проекты позволяют выявить основные тенденции в развитии перспективных коммерческих КА и систем КА ведущих стран мира:

- переход от тяжелых платформ к аппаратам малого класса без снижения технических характеристик аппаратуры благодаря применению новых технологий;
- применение принципа монофункциональности: один КА – одна полезная нагрузка;
- формирование многоспутниковых орбитальных группировок малых аппаратов в целях повышения частоты просмотра, а также надежности и живучести системы.

Однако ни низкая стоимость, ни короткие сроки, ни возможность серийного производства, ни готовность к модернизации, а также невысокий стоимостный риск реализации проекта не обеспечивают частным участникам рынка микроспутников коммерческой рентабельности. Во всех случаях требуется национальная финансо-

вая государственная поддержка. Даже в случае наиболее успешного игрока на этом рынке – SSTL Ltd в начале своей деятельности полностью опиралась на поддержку районного университета. Однако опыт этой компании уникален и поучителен: SSTL Ltd не только завоевала рынок микроспутников, она его сама создала. Вот несколько положений политики компании.

Симбиоз промышленности, образования и науки обеспечивает создание инновационных малых спутников, которые и создают рынок. Сила компании SSTL основана на ключевой концепции симбиоза университетского и предпринимательского сотрудничества, позволяющего компании быстро внедрять инновационные ноу-хау, а также обучать участников проекта космическим технологиям в Космическом центре университета Суррей. Основной бизнес компании складывается из двух элементов – передачи ноу-хау & тренинг и производства спутников под ключ. Важно, что каждый из этих элементов стимулирует другой.

Полное использование внутренних возможностей. Параллельно компания SSTL проводила политику «полного использования внутренних возможностей», чтобы стать независимой, насколько это возможно, от обременительного администрирования и риска нарваться на недобросовестного субподрядчика; быстрого реагирования и предложения спутниковых технологий «ноу-хау» и обучения потенциального заказчика. Важный результат этой политики – независимость компании от «космического истеблишмента», а также разработка своих собственных технических решений для спутника. В дополнение к созданию спутника компания SSTL предлагает полный пакет услуг, включающий поддержку наземных станций, услуги по запуску и страхованию.

Низкая цена КА. Регулярные запуски. Чувствительность к рыночным изменениям. Компания SSTL приложила значительные усилия в исследование рынка дешевых средств выведения, поскольку это был критический параметр для дешевых микроспутников, и активно использовала попутные запуски.

Созвездия дешевых микроспутников – ключ к коммерциализации космоса. Узкий сектор малых спутников общего космического рынка постоянно расширялся последние 10 лет. Но недавно сбавил темп, поскольку возможности микроспутников были уже продемонстрированы компанией. Маркетинговые действия SSTL, неоднократно иллюстрируя созданным и находящимся в стадии становления космическим организациям практические выгоды от дешевого доступа в космос, дали импульс для разработки малых спутников в международных масштабах. Малые спутники теперь широко

восприняты как наиболее практичное коммерческое средство для создания спутниковых систем.

Нанотехнологии и их значение

Правительство США с начала 1990-х гг. уделяло большое внимание программам развития миниатюризации техники, в частности нанотехнологиям в электронике и микромеханике. Сегодня мы можем наблюдать результаты этих исследований и разработок в обычной жизни, например в значительном уменьшении размеров ноутбуков и мобильных телефонов. В космической отрасли – это наноспутники, которые разрабатываются или уже запущены. Так, по данным маркетинговой компании TEAL Group, с 1990 г. было запущено (или осуществлены попытки) примерно 24 наноспутника (примерно 2,2 спутника в год):

Год	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Количество спутников	5	1	0	3	0	2	1	0	2	0	10

Профессор Стенфордского университета Р. Твиггс на Симпозиуме «Университетские космические системы» в 1999 г. предложил общий стандарт наноспутника «CubeSat». Это кубический наноспутник весом в 1 кг со стороной 10 см (рис. 6). Стандартный размер содействует научному обмену технологиями, а также позволяет осуществлять совместные запуски мультиспутников теми же стыковочными системами. Как отмечает академик В.П. Матросов (Московский авиационный институт) в своем докладе о научно-образовательных программах [11], что это очень важно для студентов - присутствовать при полном цикле космического проекта, включая концептуализацию, конструирование спутника, его изготовление, наземные испытания и получение результатов, запуск и операции на орбите. Самое главное – это эксперимент в реальной среде. Работа с реальной средой обучает студентов понимать, что является важным, а что - нет. Кроме того, практический тренинг дает студентам навык работы в коллективе и навыки организации проекта. Студенты учатся тому, как правильно использовать время, деньги, кадры и риск, как организовывать совещания и как готовить и использовать документы.

Наноспутники могут быть сконструированы за год-полтора при чрезвычайно низкой стоимости. Учитывая эти преимущества более 30 университетов и исследовательских институтов, а также деловые предприятия, сейчас занимаются своими проектами спутников

CubeSat, например: «Munin» (Швеция-Россия, 2000г.), «CubeSat-XI» (Студенческая команда ЛИКС, Токийский университет, 2003г.), «CUTE-1» (Лаборатория космических систем – ЛКС, Токийский институт технологии, 2003г.), «KUTESat» (Кафедра воздушно-космического машиностроения Канзасского университета США, 2004г.), «UWE-1» (University Würzburg's Experimental — Экспериментальный спутник Университета Вюрцбурга, Германия), «nCube» (Норвегия) и наноспутники группы А.Г. Селиванова (РНИИ КП, 2005г.) [12].

Если в 1990 – 1999-х гг. наноспутники являлись в основном или радиолобительскими, или носили чисто демонстрационный характер, то, начиная с 2000 г., они становятся «космическими лабораториями» для проверки и отработки инновационных космических технологий. Программа KUTESat тестирует миниатюрные технологии, например работы спутников в системе. В заключительной фазе проекта три независимых спутника будут находиться в полете одновременно. Один из них - спутник-наблюдатель, второй - исследователь космической среды, а третий является одновременно спутником-объектом и спутником-ретранслятором. Задачей вюрцбургского спутника UWE-1 является обеспечение космической платформы для исследований с использованием узловой технологии, опирающейся на Интернет, чтобы обеспечить в свою очередь связь с малым исследовательским космическим аппаратом.

Здесь сразу уместно вспомнить одну из первых в мире космических лабораторий, спутник «Омега», - космическую электротехническую лабораторию разработки ВНИИЭМ (1963 г.).

Федеральная космическая программа России

Однако в России при наличии крупных государственных космических фирм и огромного опыта, специализированных организаций, подобных SSTL Ltd и OHB Systems, способных реализовать подобные проекты на коммерческой основе, нет. Существуют только отдельные разработки и проекты, реализуемые научными институтами и КБ. Поэтому в Федеральной космической программе (ФПК) России на 2001 – 2005 гг., утвержденной Постановлением Правительства Российской Федерации от 30 марта 2000 г. № 288 создание малых КА и особенно научно-технического и технологического задела для них было отнесено к приоритетным работам и представлено как целевое направление на предстоящую перспективу.

В ФПК на период до 2015 г. запланировано создание космического комплекса оперативного мониторинга техногенных и при-

родных чрезвычайных ситуаций и космической системы на его основе в составе двух КА «КАНОПУС-В».

На основе унифицированной платформы для малоразмерных космических аппаратов, разработанной в рамках проекта «Солнечный парус», планируются запуски конверсионными ракетоносителями МКА для решения задач фундаментальных космических исследований: КА №1 – 2008 г., №2 – 2010 г., №3 – 2011 г., №4 – 2013 г. и №5 – 2015 г.

Реализация ценовых достоинств МКА невозможна без создания соответствующих недорогих и высоконадежных средств выведения, а также без создания соответствующей космической инфраструктуры управления КА и технологий получения информации. Запуск МКА на орбиты осуществляется, как правило, тремя основными вариантами:

- одиночным - целевой запуск одного КА легким носителем;
- групповым – на одном носителе выводятся более двух КА;
- КА выводится в качестве дополнительной нагрузки к основному полезному грузу одним носителем.

Таблица 3

Статистика запусков в мире всех типов МКА с 1996 по 2001 гг. [13]:

Год	Одиночные пуски, шт.	Групповые пуски *, шт.	Дополнительная нагрузка, шт.	Всего
1996	4	8	5	17
1997	7	64	2	73
1998	4	70	4	78
1999	5	58	6	69
2000	6	25	6	37
2001	5	4	2	11
Итого	31	229	25	285

* Резкое увеличение количества МКА в групповых запусках в 1997 – 1999 гг. связано с развертыванием в этот период таких систем связи как Orbcomm, Iridium и Globalstar.

Для запуска МКА в этот период было задействовано почти 25 типов РН разных классов производства разных стран. Зарубежные аналитики связывают рост числа запускаемых микро- и наноспутников с появлением на рынке новых относительно недорогих РН. В частности, такой подъем наблюдался в момент начала эксплуатации РН «Минотавр» ВВС США, российских конверсионных РН «Штиль» и «Старт-1», украинско-российского РН «Днепр». По мнению экспертов указанная взаимосвязь является важной для уча-

ственников рынка МКА. Так, например, Британская компания Surrey Satellite Technology Ltd. (SSTL) заключила в 2002 г. контракт с АО "Пусковые услуги" на запуск до восьми микроспутников ракетоносителями типа "Космос-3М".

Следует также отметить, что более 80% МКА запускались на коммерческой основе. Из табл. 3 видно, что в среднем в год запускалось около 10 спутников как одиночных, так и попутных. А групповые запуски применялись в основном при формировании систем. По-видимому, и в дальнейшем сохранится такая же тенденция, следовательно, при одиночном запуске оптимально использовать МКА, который заполнял бы весь полезный объем в РН.

В одном из вариантов запуска МКА конверсионными ракетоносителями предусмотрен запуск КА баллистической ракетой подводной лодки (БРПЛ). Данный проект не имеет себе равных по стоимостным характеристикам. Переоборудование БРПЛ РСМ-54 (рис. 7), в так называемый РН «Штиль», осуществляется с минимальными добавками на технической позиции. Запуск РН «Штиль» производится со штатной подводной лодки. Полезная нагрузка размещается в специальной капсуле, которая обеспечивает ее защиту от внешних воздействий. Так, например, 7 июля 1998 г. из акватории Баренцева моря был осуществлен пуск РН «Штиль» с двумя германскими спутниками «TUBSAT-N» и «TUBSAT-N1» с атомной подводной лодки Северного флота из подводного положения [14]. Специально для этого носителя создана унифицированная платформа МКА «Компас», которая полностью использует все свободное пространство под защитным колпаком. На базе технологий и элементов ракеты РСМ-54 разработаны также РН "Штиль-2 и 3", предназначенные для запусков со стационарного стенда.

Переоборудование головной части БРПЛ РСМ-54 в РН "Штиль". В более дорогой модификации РН "Штиль-2" полезная нагрузка размещается в специально разработанном отсеке на переднем шпангоуте под аэродинамическим обтекателем.

Другой пример – НПО Машиностроения (г. Реутов) в рамках программы «Прагматический космос» разработало проект РН легкого класса «Стрела» для выведения МКА с российских космодромов Плесецк и Свободный. РН «Стрела» разработана на базе выводимой из эксплуатации МБР РС-18. Основной концепцией, реализованной в этом проекте, является сохранение максимальной преемственности по отношению к базовому ракетному комплексу МБР РС-18. Для выведения на РН «Стрела» разработан универсальный

служебный модуль МКА, позволяющий устанавливать на него полезную нагрузку массой до 250 кг.

Место базирования космического ракетного комплекса во многом определяет возможность участия в коммерческих запусках. Для России наиболее перспективным местом запуска РН легкого класса является дальневосточный космодром Свободный. Только отсюда возможен запуск КА на орбиты с наклоном в диапазонах $51-630^0$ и $90-980^0$, включая полярные и солнечно-синхронные орбиты. Анализ рынка коммерческих запусков показывает, что именно на эти диапазоны наклона орбит приходится максимальный спрос.

Заключение

Считается, что в перспективе за рубежом к широкой эксплуатации серийных микро-, нано- и пикоспутников приступят гражданские организации и ведомства из различных секторов экономики. Расширению рынка этих КА будут также способствовать программы национальных космических агентств различных государств, так как повышенное внимание к созданию спутниковых систем на основе МКА и развитию микротехнологий проявляют развивающиеся страны. Наиболее полной реализации возможностей КА малых форм можно ожидать в период 2010 – 2020 гг.

Точную величину рыночного спроса на МКА дать затруднительно. Если считать, что стоимость усредненного МКА ~ 10 млн. долл. и потребность ~ 1200 МКА, величина спроса в ближайшие десять лет может превысить 10 – 12 млрд. долл. Можно предполагать [15], что:

- КА будут развиваться по двум направлениям: сверхтяжелые КА и КА малых форм;
- появление КА малых форм существенно «оживит» рынок легких средств выведения;
- развитие КА малых форм стимулирует развитие и совершенствование принципиально новых технологий, например молекулярной и атомной нанотехнологии;
- один из перспективных рынков – развивающиеся страны, некоторые из которых уже создали национальные космические агентства;
- наиболее полной реализацией возможностей микроКА можно ожидать в период 2010 – 2020 гг.

Можно предположить, что в России микроКА займут следующие ниши. В области фундаментальных научных исследований из-за общего сокращения финансирования все более широко будут

использоваться малые космические платформы. Для создания многоспутниковых систем потребуется предварительная отработка взаимодействия спутников, что лучше осуществлять с помощью «пилотных» проектов на базе МКА, а также создание узкоспециализированных аппаратов для этих систем. Наноспутники могут выступать в роли «космических лабораторий» для предварительных испытаний инновационных технологий.

Широкое использование микро- и наноспутников в общем технологическом процессе развития национальной космической отрасли позволит существенно уменьшить период технологического цикла разработки, создания и запуска КА. Что, в свою очередь, обеспечит занятость работников отрасли, трансфер профессиональных знаний и опыта молодому поколению, и тем самым снизит уровень социальных проблем отрасли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анфимов Н.А. Тенденции развития космической техники на современном этапе. III Международная конференция-выставка «Малые спутники: Новые технологии, миниатюризация. Области эффективного применения в XXI веке», г. Королев. 27 – 31 мая 2002 г. Книга 1, с. 5 –10.
2. Лукьященко В., Саульский В., Шучев В., Смирнов В. Международные тенденции создания и эксплуатации малых космических аппаратов. Там же, с. 332 – 348.
3. Тамкович Г.М., Ангаров В.Н., Зайцев А.Н. Применение сверхмалых космических аппаратов для науки и образования. Земля и Вселенная. 2002. №2.
4. Бобылев В.В., Кузьминов В.К., Кучеров С.А., Хегай В.М. Перспективы развития МКА с учетом потребностей рынка. С. 362 – 368.
5. <http://Landsat.gsfc.nasa.gov>
6. <http://www.spaceimaging.com>
7. <http://www.tealgroup.com>
8. Алавердов В.В., Бодин Б.В., Головкин А.В., Голубев Г.Д., Лукьященко В.И., Мальченко А.Н. Место МКА в решении задач Федеральной космической программы России. С. 16 – 27.
9. Marco Caceres (Teal Group) Industry Insights. The emerging nanosatellite market. Aerospace. America. February. 2001: (<http://www.aiaa.org/aerospace/Article.cfm?issuetocid=54& ArchiveIssueID=10>).

10. Sun W., Stephens J.P., Sweeting M. Micro-Mini-Satellite for Affordable EO Constellations: Rapid-Eye & DMC.

11. Матросов В.М., Веретенников В.Г. О научно-образовательной программе разработки университетских пикоспутников Земли. Об их стабилизации и устойчивости при возмущениях (МАИ). - <http://conf805.mai.ru/index.php?module=paper21>.

12. Урличич Ю.М., Селиванов А.С. Концепция базовой платформы наноспутника. В сб. выездного семинара ИКИ "Вопросы миниатюризации в современном космическом приборостроении", г. Таруса. 2 - 4 июня 2004 г.

13. Бобылев В.В., Кузьминов В.К., Кучеров С.А., Соловьева А.П. Анализ основных особенностей рынка малых КА. Там же, с. 349 – 361.

14. Сытый Г.Г., Козлов С.В., Усолкин Ю.Ю., Таращук Н.В. Создание ракетно-космических комплексов – новое направление разработок. Там же, с. 420 – 426.

15. Багно В.И., Разумовский Ю.К., Зайцев И.В. Анализ современных тенденций и направлений развития малых космических аппаратов за рубежом. Там же, с. 381 – 387.

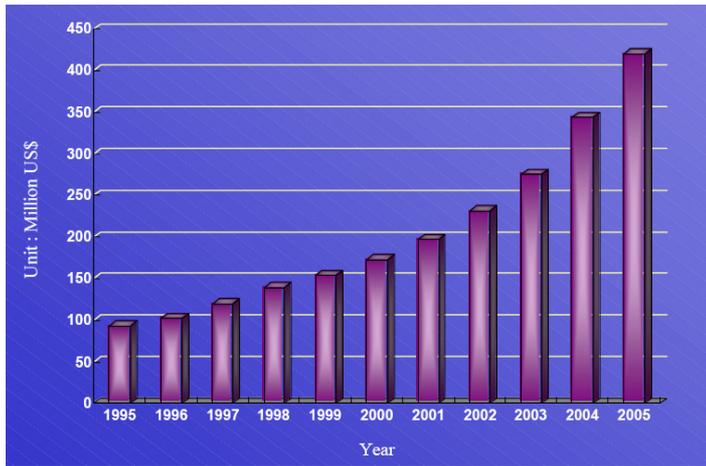


Рис. 2. Оценка рынка космических изображений по данным компании Frost & Sullivan

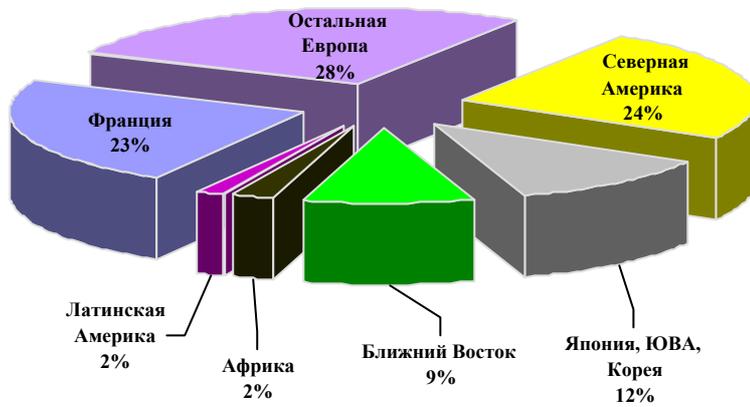


Рис. 3. Основные потребители компаний SPOT Image

К статье Л.А. Макриденко, К.А.Боярчука
 «Микроспутники» стр. 14, 15

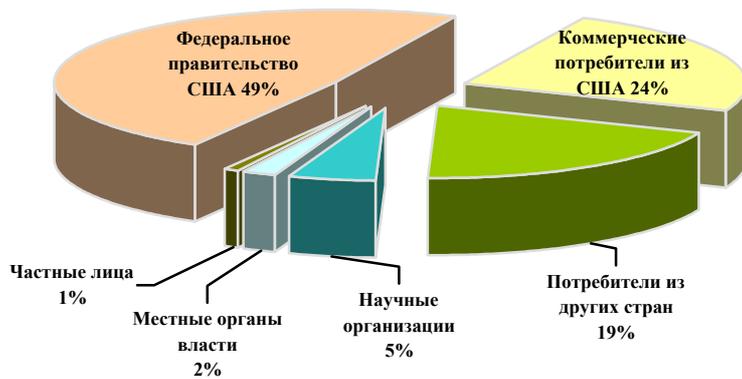


Рис. 4. Потенциальные потребители космической информации по данным компании Eosat (Space Imaging Corp.)

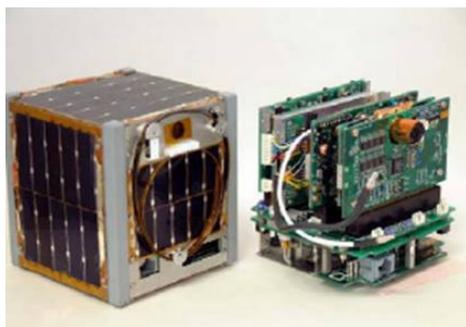


Рис. 6. Наноспутник

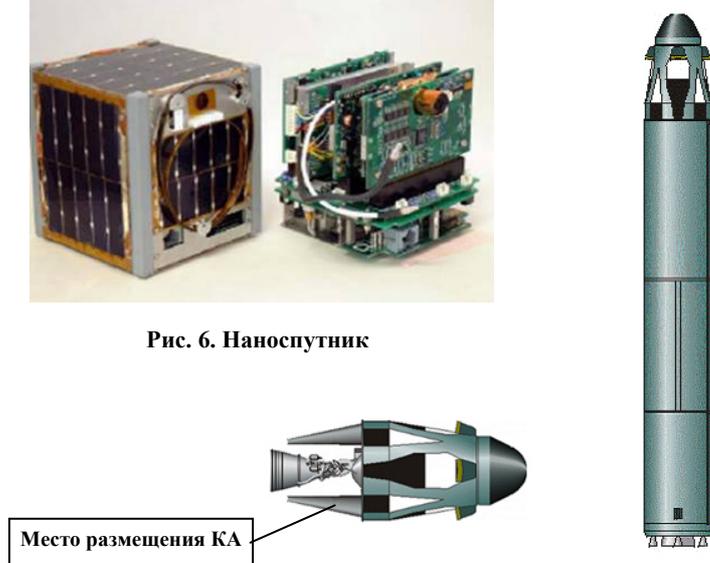


Рис. 7. Общий вид РН «Шиль»

К статье Л.А. Макриденко, К.А.Боярчука
«Микроспутники» стр. 15, 21, 24