

Космическая система радиолокационного мониторинга «Север»

М.И. Кислицкий

*Федеральное государственное унитарное предприятие «Конструкторское бюро
«Арсенал» им. М.В. Фрунзе»
195009, Санкт-Петербург, Комсомола, 1-3
E-mail: kbarsenal@peterlink.ru*

В настоящее время широкий круг потребителей во всем мире остро нуждается в недорогих космических радиолокационных снимках. Приведены материалы по проекту космической системы (КС) радиолокационного мониторинга «Север», разрабатываемому ФГУП «КБ «Арсенал» с кооперацией. КС «Север» обеспечит потребителей природно-ресурсной информацией РЛ снимками низкого (200 м) и среднего (30 м) разрешения с удельной стоимостью в среднем на порядок меньшей, чем у зарубежных КС.

В настоящее время на орбитах функционирует большое количество космических аппаратов (КА) дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Поступающая от них информация используется во многих областях человеческой деятельности. Среди решаемых с помощью данных ДЗЗ задач есть немало таких, где требуется оперативное получение информации о процессах, протекающих на тех или иных территориях. Это такие задачи, как:

- прогнозирование и контроль чрезвычайных ситуаций;
- контроль ледовой обстановки на акваториях;
- экологический мониторинг;
- контроль сельскохозяйственных площадей;
- контроль лесного хозяйства (в том числе несанкционированных рубок);
- контроль водного хозяйства (в том числе паводков).

Подавляющая часть существующих КА ДЗЗ ведет съемку в видимом и ближнем инфракрасном (ИК) диапазонах электромагнитного излучения, что обуславливает сильную зависимость от освещенности Солнцем и погодных условий в районах съемки. С учетом этих факторов, доля времени, в течение которого может быть обеспечена качественная съемка поверхности оптическими средствами, в среднем составляет (10-20)%. Существует немало протяженных территорий, которые большую часть времени закрыты облаками. Это делает невозможным постоянное наблюдение оптическими средствами быстропротекающих и труднопредсказуемых процессов.

Единственное средство, способное обеспечить всепогодное круглосуточное наблюдение земной поверхности – космическая радиолокационная (РЛ) съемка. В настоящее время в составе российской орбитальной группировки нет КА радиолокационного наблюдения. На рынке данных ДЗЗ представлены РЛ снимки ряда зарубежных КА, главным образом, канадского КА Radarsat. При этом доля продаж космических РЛ снимков составляет не более (10-15)% мирового объема продаж данных ДЗЗ. В России эта доля составляет менее 2%. Учитывая сказанное выше, очевидно, что доля продаж РЛ снимков явно не соответствует их значимости для потребителей. Причина этого несоответствия в том, что поставляемые действующими КА РЛ снимки имеют высокие цены, которые делают их малодоступными для широкого круга потребителей.

Таким образом, на российском и мировом рынках существует острая потребность в недорогих космических РЛ-снимках. Ответом на нее является предлагаемый ФГУП «КБ «Арсенал» проект космической системы радиолокационного мониторинга «Север».

Концепция космической системы (КС) «Север» ориентирована на минимизацию стоимости системы, чтобы предоставить потребителям недорогую качественную информацию и, в то же время, обеспечить окупаемость проекта в приемлемый срок.

Основные положения концепции космической системы «Север»:

- бортовой радиолокатор с синтезированной апертурой (РСА) малой массы;
- малый космический аппарат (МКА) с единственным типом целевой аппаратуры на борту – радиолокатором;
- МКА создается на базе унифицированной малой космической платформы «Нева»;
- выведение МКА на орбиту обеспечивается конверсионной баллистической ракетой;
- минимизация потока информации, передаваемой на наземные пункты, за счет бортовой обработки радиолокационных снимков и сжатия информации;
- использование существующих пунктов приема и обработки информации с минимальным необходимым дооснащением;
- максимальная доступность информации для потребителей;
- самокупаемость системы.

Состав КС приведен на рис. 1.

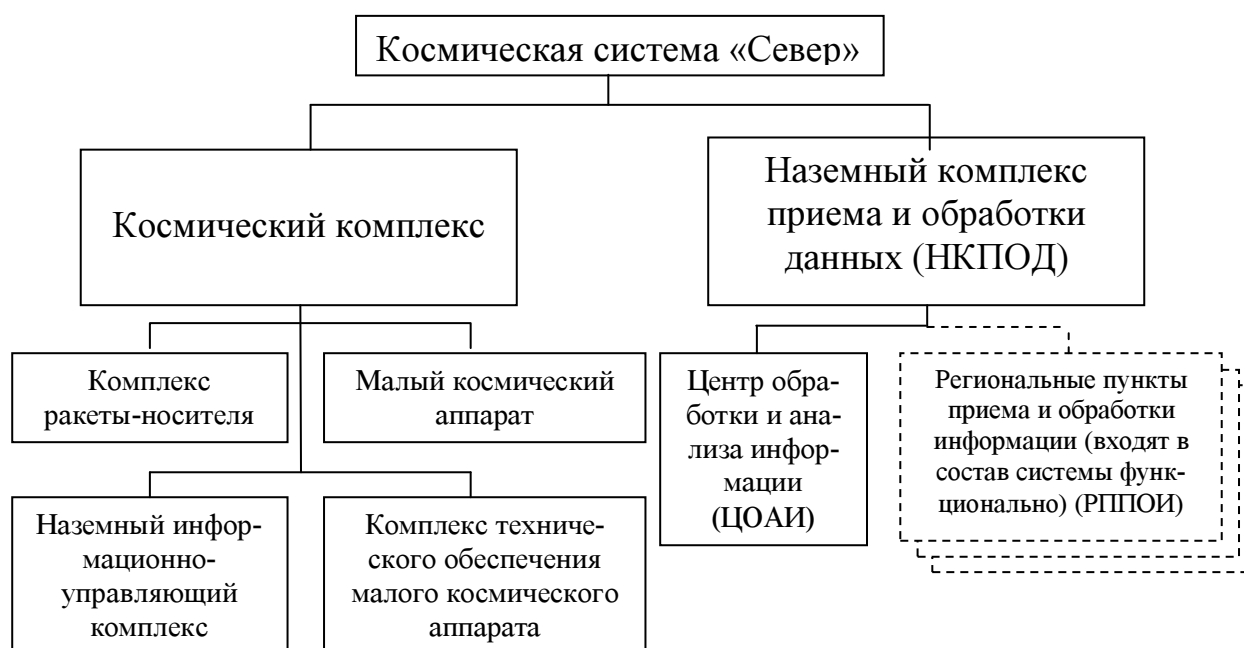


Рис. 1. Состав космической системы «Север»

Основные характеристики КС приведены в таблице 1.

Таблица 1. Основные характеристики КС «Север»

<i>Наименование параметра</i>	<i>Значение</i>
Параметры орбиты МКА:	
- тип орбиты	круговая околополярная
- высота, км	600
Ширина полосы обзора, км	630
Ширина полосы захвата (в детальном режиме), км	100
Разрешение на поверхности Земли, м :	
- в обзорном режиме;	200
- в детальном режиме.	30
Длина волны зондирующего излучения, см	23,5 (диапазон L)
Продолжительность наблюдения на витке, мин	до 15
Срок доставки информации потребителю, час	0 - 2
Масса МКА, кг,	~300
в том числе масса бортового радиолокационного комплекса (БРЛК)	120
Базовая космическая платформа	«Нева»
Срок активного существования МКА, лет	7

Общий вид МКА «Север» приведен на рис. 2.

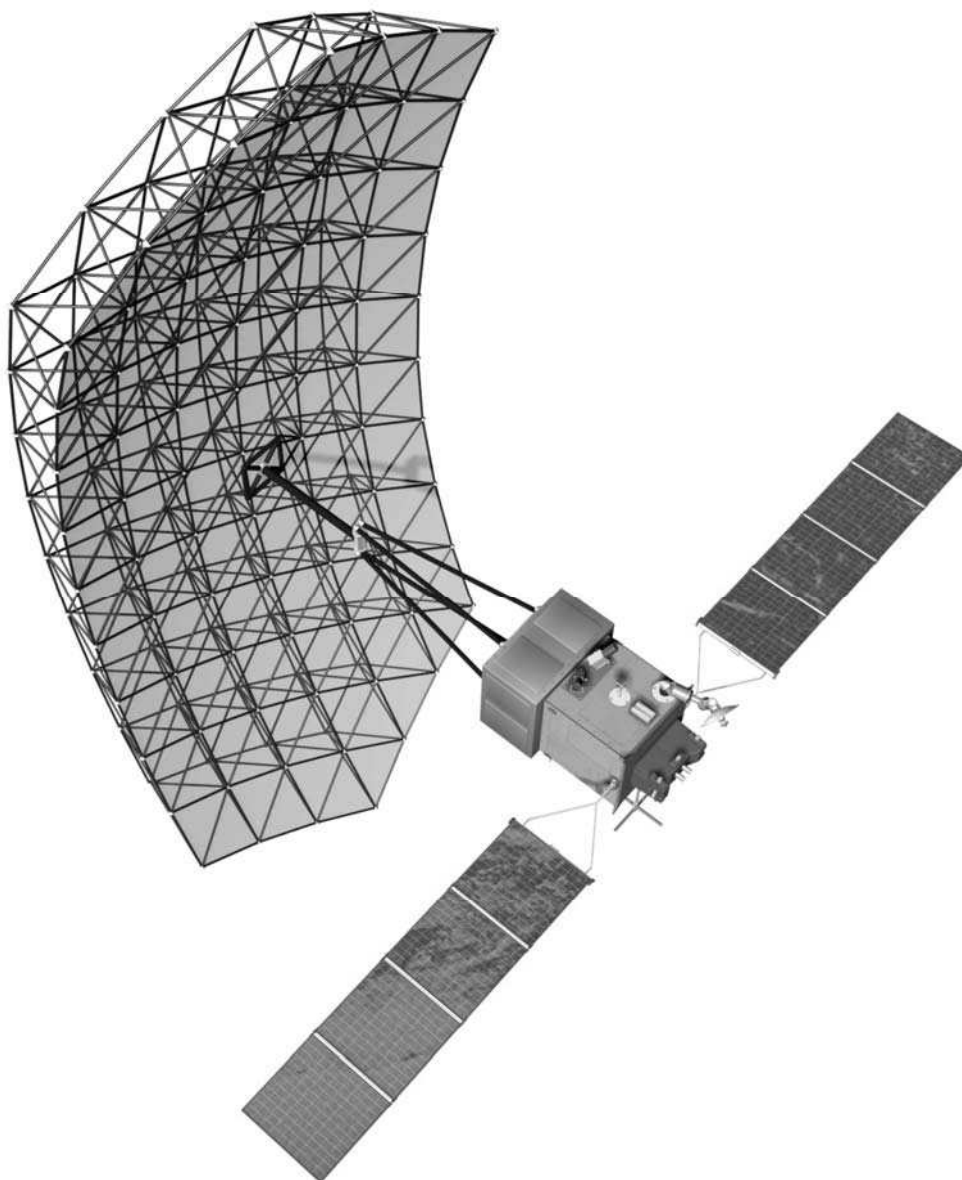


Рис. 2. Общий вид МКА «Север»

Поставляемые КС РЛ снимки будут использоваться для решения следующих задач:

- мониторинг ледовой обстановки в Арктике, Антарктике и замерзающих морях умеренных широт;
 - контроль нефтяных загрязнений акваторий;
 - контроль сельскохозяйственных площадей;
 - контроль лесного хозяйства (в том числе вырубки);
 - контроль паводковой обстановки;
 - контроль судоходства и рыболовства;
 - контроль влажности почв;
 - контроль снегового покрова;
 - поиск полезных ископаемых
- и других.

Выбор основных характеристик КС производился на основе анализа целевых задач. Так, одной из важнейших задач КС «Север» является контроль ледовой обстановки. Важность этой зада-

чи обусловлена развитием добычи нефти и газа на шельфе арктических морей; также рассматривается возможность открытия Северного морского пути для международных перевозок. Все это требует постоянного контроля ледовой обстановки. Арктическим и антарктическим НИИ им. акад. Е.К. Федорова (ААНИИ, г. Санкт-Петербург) на основе исследований ледовой обстановки и практического опыта проводки судов в ледовых условиях сделан вывод о том, что оптимальной для ледовой разведки является значение разрешающей способности РЛС в диапазоне 200-400 м. Формирование основных характеристик КС «Север» проводилось ФГУП «КБ «Арсенал» совместно с ААНИИ. За счет оптимальной разрешающей способности и возможности длительной работы бортового РСА обеспечивается наблюдение всех интересующих потребителей районов с замерзающими акваториями. Следует отметить, что РЛ наблюдение для ледовой разведки особенно эффективно. В частности, оно позволяет различать на снимках однолетние и многолетние льды. Планируется также использовать интерферометрические методы с сопоставлением РЛ снимков одних и тех же районов, сделанных на смежных витках. Это дает возможность определить высотные характеристики льдов. В частности, этот способ может обеспечить возможность выявления айсбергов. Последние представляют весьма серьезную опасность для морских буровых платформ. Весьма важен контроль нефтяных загрязнений акваторий. Высокая производительность КС «Север» позволит обеспечить обзорные наблюдения больших пространств акваторий и раннее выявление нефтяных пятен. Детальные наблюдения и картирование этих пятен, при необходимости, могут проводиться другими КА, оснащенными аппаратурой с высокой разрешающей способностью.

Концепция КС «Север» сформирована, исходя из принципа приоритета интересов потребителей ее информационных продуктов. Параметры и принципы построения КС выбраны таким образом, чтобы сделать ее информационный продукт максимально доступным и эффективным для потребителя (см. рис. 3). Этому способствуют:

- низкая стоимость снимков;
- низкая стоимость приема и обработки информации, поступающей с КА;
- возможность использования имеющихся станций приема;
- гибкая ценовая политика.



Рис. 3. Обеспечение эффективности КС

Низкая стоимость информационного продукта обеспечивается за счет применения при разработке КС последних научно-технических достижений, которые позволяют создать КА радиолокационного мониторинга массой 300 кг. Малая масса КА минимизирует затраты на его создание и выведение на орбиту. Ориентация на использование существующих станций приема (с минимальными доработками – при необходимости), с одной стороны, снижает стоимость КС, с другой, – позволяет тем потребителям, которые уже владеют приемными станциями, избежать необходимости покупки новых станций для приема данных с МКА «Север». Снижение стоимости приема и обработки данных обеспечивается тем, что на борту МКА «Север» впервые планируется проводить бортовую обработку РЛ снимков и сжатие информации. Это, с одной стороны, избавляет потребителя от необходимости покупки дорогостоящего программного обеспечения для приемной станции, с другой стороны – сокращает поток информации, поступающей с КА на станцию, и снижает технические требования к станции. В обзорном режиме поток информации с КА составит не более 1 Мбит/с, что дает возможность принимать ее простыми дешевыми приемными станциями, в том числе размещенными на судах.

Использование территориально распределенной сети приемных станций позволяет обеспечить время доставки информации потребителям в пределах от 0 до 2 часов. Обработка РЛ снимков на борту КА дополнительно сокращает время получения потребителем РЛ снимка (в настоящее время обработка РЛ снимка на приемной станции занимает ~1 час). Это особенно важно при решении оперативных задач, в частности, связанных с контролем чрезвычайных ситуаций.

Учитывая имеющуюся возможность длительной работы РСА на витке и важность задач ледовой разведки, планируется в КС «Север» осуществить переход к «беззаявочной» схеме обзора Арктического региона. На каждом витке МКА будет снимать всю территорию арктических морей, над которой он пролетает («от берега до берега»), не требуя предварительных заявок потребителей. При этом прогноз трассы его полета будет доступен потребителям по сети «Интернет». Пользуясь имеющимися исходными данными, они смогут сами определять моменты времени, когда МКА будет осуществлять съемку интересующих их участков региона, и запрашивать снимки у владельца системы или же принимать данные с МКА собственными средствами в реальном масштабе времени. Такая схема работы выгодно отличает КС «Север» от других КС аналогичного назначения.

Цена информационного продукта определяется затратами на создание и эксплуатацию системы и текущей ситуацией на рынке ДЗЗ с учетом конкуренции.

Технологический процесс производства информационного продукта (РЛ снимка) включает в себя:

- планирование съемки;
- проведение съемки;
- предварительную обработку снимка.

Цена планирования съемки зависит от времени до момента съемки: чем позже получена заявка от потребителя тем выше цена. Цена съемки зависит от параметров съемки (размеры и разрешение). Цена предварительной обработки зависит от требуемой оперативности доставки снимка потребителю: чем короче срок поставки – тем выше цена. В результате цена снимка может изменяться в широком диапазоне в зависимости от вышеуказанных факторов.

Основным конкурентом КС «Север» является канадский спутник Radarsat. Его информационные продукты продает компания MacDonald Dettwiler and Associates Ltd (MDA), которая ведет гибкую ценовую политику. MDA предлагает на рынке разные варианты режимов съемки с различной шириной полосы обзора и разрешением. В России региональным дистрибьютором информационного продукта КА Radarsat является ИТЦ «СканЭкс» (Москва). Менее значительным конкурентом является европейский КА Envisat. В последнее время с высокодетальными РЛ снимками на рынок планирует выйти КА TerraSAR-X (Германия) [4].

Для КС «Север» цена стандартного обзорного снимка размером 630x630 км с разрешающей способностью 200 м принята равной 330 долл. США. Учитывая «беззаявочный режим» съемки Арктики и бортовую обработку, дополнительных затрат на планирование и обработку не требуется. Базовая цена стандартного детального снимка КС «Север» размером 100x100 км с разрешающей способностью 30 м принята равной 170 долл. США. При обеспечении бортовой обработки снимка к этой цене добавляется только цена планирования съемки. Она составляет от 0 до 380 долл. США в зависимости от срочности съемки. Среднестатистическая добавка к базовой стоимости снимка составляет 160 долл. США, в результате средняя цена детального РЛ – снимка составит 330 долл. США.

В таблице 2 приведены основные параметры РЛ снимков МКА «Север», КА Radarsat и Envisat [www.scanex.ru, www.mdacorporation.com].

Таблица 2. Основные параметры РЛ снимков

<i>КА</i>	<i>Режим</i>	<i>Разрешение, м</i>	<i>Размер кадра, км × км</i>
Radarsat	1. Обзорный широкий	100	500x500
	2. Стандартный	25	100x100
	3. Широкополосный	30	150x150
	4. Обзорный узкий	50	300x300
	5. Расширенный дальний	25	75x75
	6. Расширенный ближний	35	170x170
Envisat	1. Обзорный	25	(56-100) x100
	2. Детальный	150	400x400
«Север»	1. Обзорный	200	630x630
	2. Детальный	30	100x100

В таблице 3 приведены пределы изменения цены снимка.

Таблица 3. Пределы изменения цены снимка

<i>КА</i>	<i>Режим</i>	<i>Диапазон изменения цены снимка, долл. США</i>			
		<i>Минимальное значение</i>		<i>Максимальное значение</i>	
		<i>При покупке у MDA</i>	<i>При покупке у регионального дистрибьютора</i>	<i>При покупке у MDA</i>	<i>При покупке у регионального дистрибьютора</i>
Radarsat	1. Обзорный	4030	2045	6500	2950
	2. Детальный	3705	2045	6500	2950
Envisat	1. Обзорный	960		2680	
	2. Детальный	960		2680	
«Север»	1. Обзорный	330		330	
	2. Детальный	170		550	

Комплексным показателем является удельная стоимость съемки, т.е. цена снимка, отнесенная к площади снимаемой поверхности. В таблице 4 приведены значения удельной стоимости снимков для КА Radarsat, Envisat и «Север» для обзорного (низкое разрешение) и детального (среднее разрешение) режимов.

Таблица 4. Удельная стоимость снимков

КА	Режим	Удельная стоимость снимка, долл. США/км ²	
		При покупке у МДА	При покупке у регионально- го дистрибьютора
Radarsat	1. Обзорный	0,016 – 0,026	0,008 – 0,012
	2. Детальный	0,045 – 1,156	0,023 – 0,542
Envisat	1. Обзорный	0,006 – 0,017	
	2. Детальный	0,134 – 0,344	
«Север»	1. Обзорный	0,00083	
	2. Детальный	0,033 (среднее значение)	

Удельная стоимость снимка при сравнимой величине разрешающей способности является важнейшим комплексным технико-экономическим показателем космического снимка для потребителя и в решающей степени определяет поведение последнего на рынке.

Данные таблицы 4 показывают, что КС «Север» имеет значительное ценовое преимущество перед конкурентами, даже с учетом снижения цены дистрибьюторами. КС «Север» уступает по удельной стоимости снимка только для режима «Обзорный узкий» КА Radarsat, однако, в этом режиме разрешающая способность снимка Radarsat 50 м, а у МКА «Север» 30 м, т.е. более высокая цена оправдывается большей информативностью снимка. Более низкие цены информационных продуктов КС «Север», по сравнению с имеющимися на рынке, приведут к существенному расширению круга потребителей продукта (эффект «эластичности» рынка) и обеспечат рост объема продаж.

По основным составным частям КС у ФГУП «КБ «Арсенал» и его кооперации имеется значительный научно-технический задел. Планируемые сроки реализации проекта приведены в таблице 5.

Таблица 5. Сроки реализации проекта

Этап	Продолжительность
1. Разработка МКА и других технических средств КС, запуск МКА №1	3 года
2. Проведение летных испытаний МКА №1 и КС в целом, развертывание наземного сегмента КС, опытная эксплуатация КС	1 год
3. Коммерческая эксплуатация КС с МКА №1	6 лет
4. Запуск МКА №2, коммерческая эксплуатация	7 лет

Примечание. На этапе 2 проводится бесплатное предоставление РЛ снимков по запросам потребителей.

Результаты расчетов, выполненных при разработке бизнес-плана КС «Север», показали, что при приведенных выше ценах РЛ снимков и предполагаемом объеме продаж полный возврат инвестиций в проект обеспечивается в течение 5 лет с момента начала коммерческой эксплуатации КС. Рентабельность инвестиций за период эксплуатации двух «поколений» МКА составит ~ 240%.

В настоящее время ФГУП «КБ «Арсенал» ведет поиск инвестора проекта «Север».

Литература

1. Лестадиус Л. Конец эры суперкомпьютерной ментальности // Тезисы докладов I Международной конференции «Земля из космоса – наиболее эффективные решения». М., 2003. С. 15-19.
2. Лестадиус Л. Какие выгоды может принести свободный доступ к данным дистанционного зондирования природно-ресурсному сектору // Тезисы докладов II Международной конференции «Земля из космоса – наиболее эффективные решения». М., 2005. С. 22-26.
3. Гершензон В.Е. Место технологий Центра «СканЭкс» в общем процессе развития ДЗЗ из космоса. Тезисы докладов I Международной конференции «Земля из космоса – наиболее эффективные решения». М., 2003. С. 21-22.
4. Кучейко А. Германия штурмует рынок геоинформатики // Новости космонавтики, 2007. №8. С. 30.