

# О РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ ПРОГРАММЫ НАУЧНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ КОСМИЧЕСКОГО ПРОЕКТА «СИЧ-1М»

Н.А. Арманд, В.П. Саворский, М.Т. Смирнов, Ю.Г. Тищенко

*Фрязинское отделение Института радиотехники и электроники РАН (ФИРЭ РАН),  
141190 Московская обл., г. Фрязино, пл. акад. Введенского, 1  
e-mail: tishchen@ire.rssi.ru*

Рассматриваются основные элементы и структурные особенности разрабатываемой Программы научных экспериментов российско-украинского космического проекта «Сич-1М». Основной задачей Программы является совершенствование методов и средств ДЗЗ, предназначенных для наблюдения Земли из космоса в интересах науки и народного хозяйства. Представлен предполагаемый состав научной аппаратуры КА «Сич-1М» и ее основные технические характеристики.

## Введение

Программа научных экспериментов разрабатывается на основании распоряжения Президиума РАН от 07 февраля 2002 г. №10310-93 и пп. 1.2.2 решения Совещания представителей Российской академии наук, Национальной академии наук Украины, Российского авиационно-космического агентства и Национального космического агентства Украины (28-29 ноября 2001 г., г. Киев). Институту радиотехники и электроники (ИРЭ) РАН поручена разработка российской части Программы космического проекта «Сич-1М», для чего сформирована Рабочая группа из представителей российских научных организаций, персональный состав которой утвержден Советом РАН по космосу. Председателем Рабочей группы утвержден профессор Арманд Н.А. (ИРЭ РАН). Научно-методическое руководство Рабочей группой осуществляет Совет РАН по космосу.

В Российский раздел будут включены исследования, предложенные российскими специалистами и отражающие интересы главным образом региональных научных исследований.

Участники Программы будут иметь право на первоочередное получение космической информации для решения заявленных ими научных задач. Обмен космической информацией между участниками Программы будет регламентироваться разрабатываемым Протоколом взаимодействия организаций-участниц космического проекта "Сич-1М" при планировании, проведении экспериментов, приеме, обработке, хранении и передаче научной информации.

Реализация Программы научных экспериментов в ходе эксплуатации космического аппарата «Сич-1М» направлена на дальнейшее развитие средств и методов дистанционного зондирования Земли. Ее разработка основана на опыте формирования и реализации научных программ Международного комплексного целевого проекта «Природа» на орбитальной станции «Мир» [1, 2], космических проектов «Океан-О» №1 [3, 4], «Метеор-3М» №1, а также с учетом существующих и планируемых зарубежных космических проектов по наблюдению Земли из космоса [5-7].

Реализация Программы научных экспериментов рассчитана на длительный период. Целью данной статьи является краткое изложение основных элементов и структурных особенностей Программы для привлечения внимания научной общественности к ее развитию и совершенствованию.

Информация о работах по реализации Программы научных экспериментов космического проекта «Сич-1М» будет размещена в разрабатываемом разделе WWW сервера в Центре обработки и хранения космической информации (ЦОХКИ) ИРЭ РАН.

## Основные задачи Программы научных экспериментов

Основной задачей Программы научных экспериментов является отработка методов и средств ДЗЗ, предназначенных для получения данных различного пространственно-временного масштаба о физическом состоянии атмосферы, суши и Мирового океана в интересах науки и народного хозяйства страны. Планируемые исследования могут служить вкладом в решение задач, предусмотренных крупными международными научными программами. Благодаря большому набору различных приборов дистанционного зондирования, возможности наблюдений одного и того же элемента поверхности различными приборами будет реализован широкий комплекс исследований в интересах метеорологии, прогноза погоды и изучения климата, океанологии, экологии, природопользования, географии, геологии. Предполагается, что Программа будет направлена на решение научных проблем физики Мирового океана, атмосферных процессов, состоя-

ния подстилающей поверхности, на развитие методов калибровки, интеркалибровки и валидации экспериментальных данных, а также на развитие методов обработки, хранения и интерпретации космической информации.

### Краткая характеристика космического аппарата

Космический аппарат (КА) «Сич-1М» предназначен для получения информации одновременно в оптическом, инфракрасном и микроволновом диапазонах.

Космический аппарат «Сич-1М» создается на конструктивной платформе спутника «Сич-1» и серии спутников «Океан-01», но по аппаратурному комплексу это будет спутник значительно более высокого уровня: усовершенствованный сканер обеспечит разрешение на поверхности около 24 м; улучшены параметры радиолокатора бокового обзора - полоса обзора радиолокатора расширена с 450 до 700 км; оптико-микроволновый сканер МТВЗА-ОК для одновременных измерений в видимом, ИК и СВЧ диапазонах обеспечит глобальный мониторинг окружающей среды в интересах метеорологии, океанологии, решения задач рыболовного промысла, изучения климата. На борту установлена аппаратура спутниковой навигации космической системы NAVSTAR и цифровая радиолиния БИС-С международных диапазонов 8.2 ГГц и 1.7 ГГц с дисковым запоминающим устройством накопления данных. Качественно новым будет и наземный комплекс приема, обработки и распространения информации наблюдения Земли.

По тактико-техническим параметрам исследовательской аппаратуры КА «Сич-1М» стоит в одном ряду со спутниками SPOT, TRS-1, «Ресурс». Запуск спутника позволит продемонстрировать возможности и преимущества комплексных исследований при взаимодействии систем NOAA+Метеор+«Сич-1М», что в дальнейшем открывает перспективу создания высокоэффективной системы из нескольких спутников для непрерывных метеорологических и океанологических исследований. Широкий набор бортовых радиолиний в диапазонах 137 МГц, 1.7 и 8.2 ГГц. позволит принимать информацию от спутника практически всему существующему парку приемных станций на всех континентах (более 1000 станций канала 137 МГц, более 200 – 1.7 ГГц и более 30 – 8.2 ГГц), а также непосредственно на автономных пунктах приема потребителей.

### Краткая характеристика научной аппаратуры

Состав научной аппаратуры космического аппарата «Сич-1М» (<http://www.yuzhnoye.com>) и ее технические характеристики были выбраны, исходя из задач проекта и требований к точности измерения геофизических параметров.

Ниже в Таблицах 1 и 2 приведены основные характеристики КА и научного комплекса технических средств дистанционного зондирования, установленных на КА «Сич-1М».

### Содержание Научной программы

Исследования, планируемые к реализации в рамках космического проекта «Сич-1М», имеют фундаментальный, прикладной и методический характер. Фундаментальные исследования включают эксперименты, направленные на:

- изучение полей облачности и температуры поверхности океана,
- крупномасштабной циркуляции атмосферы,
- взаимодействия океана и атмосферы,
- изучение энергоактивных зон и др.

### *Характеристики бортового специального комплекса КА "СИЧ-1М"*

Таблица 1. Основные характеристики КА

Масса, кг	2223
Высота орбиты, км	650/664
Наклонение орбиты, град	82.5
Точность ориентации, град	
- по крену	1
- по рысканию	2
- по тангажу	3
Среднесуточная мощность, Вт	380
Срок активного существования, лет	3

Таблица 2. Основные характеристики научной аппаратуры

<b>1. Многозональное сканирующее устройство МСУ-ЭУ видимого и ближнего ИК диапазонов</b>	
Спектральные диапазоны, мкм	I 0.5 – 0.6 II 0.6 – 0.7 III 0.8 – 0.9
Размер проекции пикселя на местности, м	24 x 34 (в надире)
Ширина полосы захвата, км	48
<p>Режим работы - сеансный, время непрерывной работы - не более 17 мин., перерыв между сеансами - 83 мин.</p> <p>Ось визирования прибора перенацеливается в плоскости орбиты на угол <math>\pm 30^\circ</math> от надира. На КА устанавливается два прибора МСУ-ЭУ с прилегающими полями зрения. При включении двух приборов МСУ-ЭУ обеспечивается суммарная полоса захвата 96 км в надире.</p>	
<b>2. Многозональное сканирующее устройство малого разрешения видимого и ближнего ИК спектральных диапазонов МСУ-М</b>	
Спектральные диапазоны, мкм	I 0.5 – 0.6 II 0.6 – 0.7 III 0.7 – 0.8 IV 0.8 – 1.1
Разрешение на местности, км	1.7 x 2.8
Ширина полосы захвата, км	1930
<b>3. Оптико-микроволновый сканер (модуль температурно-влажностного зондирования атмосферы и океана комбинированный) МТВЗА-ОК</b>	
В состав МТВЗА-ОК входит аппаратура дистанционного зондирования СВЧ, видимого (ВД), среднего и дальнего ИК спектральных диапазонов	
Спектральные диапазоны СВЧ, ГГц (В - вертикальная, Г - горизонтальная поляризации)	6.9 (В, Г); 10.6 (В, Г); 18.7 (В, Г); 23.8 (В, Г); 31.5 (В, Г); 36.7 (В, Г); 42 (В, Г); 48 (В, Г); 52.8-57.29; 89 (В, Г); 183.31
Спектральные диапазоны ВД, мкм	0.37-0.45; 0.45-0.51; 0.58-0.68; 0.68-0.78
Спектральные диапазоны ИК, мкм	3.55-3.93; 10.4-11.5; 11.5-12.6
Разрешение на местности, км	СВЧ 12-200 ВД 1.1, 4.0 ИК 1.1, 4.0.
Полоса захвата, км	2000 (для всех спектральных диапазонов)
<b>4. Радиофизическая аппаратура</b>	
Состав	Радиолокатор бокового обзора (РЛС БО) СВЧ радиометр (РМ 08)
<b>РЛС БО</b>	
Рабочая длина волны, см	3.2
Полоса захвата, км	450 или 700 (со сдвигом ближней границы влево от линии трассы на 230 км)
Разрешение на местности, км	1.3 x 2.5 для полосы 450 км 1.3 x 2.8 для полосы 700 км
<b>СВЧ радиометр РМ 08</b>	
Рабочая длина волны, см	0.8
Полоса захвата, км	550 (ближняя граница совпадает с ближней границей полосы РЛС БО)
Разрешение на местности, км	25 x 25
<b>5. Аппаратура "Вариант"</b>	
Назначение	Измерение электромагнитных и токовых структур ионосферы в диапазоне частот от квази- постоянных до $\sim 40$ кГц

Прикладные исследования включают эксперименты, направленные на всестороннее изучение областей хозяйственной активности в интересах сельского хозяйства, гидрологии, инженерной геологии и др.

Экологические исследования направлены на изучение загрязнений океана, атмосферы, земной поверхности.

Методические эксперименты направлены на развитие техники дистанционного зондирования, калибровки и валидации экспериментальных данных, а также инфраструктуры для обработки, архивации, распределения информации и обмена данными.

Основываясь на имеющемся мировом и отечественном опыте [5-9], можно выделить ряд приоритетных задач, решаемых методами и средствами дистанционного зондирования из космоса, а также основные направления и объекты исследований.

#### *Основные задачи*

- разработка и развитие методов и средств ДЗЗ, предназначенных для получения данных различного пространственно-временного масштаба о физическом состоянии атмосферы, суши и Мирового океана в интересах науки и народного хозяйства страны;
- обработка и хранение экспериментальной информации, валидация данных, получаемых в результате обработки космической информации.

#### *Основные направления исследований*

- исследование атмосферы;
- исследование океана;
- исследование системы океан-атмосфера;
- исследование суши;
- экологические исследования;
- калибровка, интеркалибровка и валидация данных;
- информационное обеспечение Программы научных экспериментов.

#### *Основные объекты исследований*

- характеристики пространственно-временной изменчивости системы «океан-атмосфера», а также параметры, описывающие внутрисистемные связи;
- пространственно-временные характеристики деструкционных процессов на земной поверхности, зон экологических бедствий;
- технологии калибровки, интеркалибровки и валидации данных;
- методы планирования и контроля реализации комплексных космических экспериментов с применением средств дистанционного зондирования;
- методы организации распределенной обработки и интерпретации данных, информационных технологий доступа к большим массивам экспериментальных данных.

В рамках Программы научных экспериментов запланировано использование сети полигонов, где будут проводиться исследования почвенного и растительного покровов, водной поверхности, измерения оптических характеристик атмосферы и стандартные метеоизмерения.

### **Ожидаемые результаты**

В результате реализации Программы научных экспериментов космического проекта «Сич-1М» будут получены новые и дополнены имеющиеся ряды данных о состоянии объектов окружающей среды, пространственно-временной изменчивости их характеристик, уточнены и развиты модельные представления о процессах и явлениях, происходящих в атмосфере и на земной поверхности, разработаны предложения по модернизации и развитию системы сбора, обработки, хранения, обмена и распределения космических данных и сопутствующей информации, калибровки и валидации экспериментальных данных. Реализация Программы позволит также продолжить совершенствование средств и методов дистанционного зондирования Земли из космоса.

### **Оперативная информация о работах по Программе научных экспериментов**

Для обеспечения оперативности и полноты информации о работе по Программе научных экспериментов в ЦОХКИ ИРЭ РАН создается специализированный информационный ресурс (WWW сервер), который расположен по адресу: <http://www.ire.rssi.ru/sich>.

Данный сервер содержит следующие основные разделы:

*Общая информация* - общая информация о космическом проекте «Сич-1М» и Программе научных экспериментов;

*Научная программа* - краткая характеристика Программы научных экспериментов и ее полный текст;

*Планирование экспериментов* - порядок планирования и текущие заявки на проведение измерений в рамках Программы научных экспериментов;

*Реализация экспериментов* - информация о выполненных измерениях в рамках Программы научных экспериментов;

*Доступ к данным* - описание порядка доступа к данным, полученным в рамках Программы научных экспериментов и, в дальнейшем, доступ к системе поиска и заказа данных в соответствии с Протоколом взаимодействия организаций-участниц международного проекта «Сич-1М» при планировании, проведении экспериментов, приеме, обработке, хранении и передаче научной информации; пользовательский интерфейс поиска наборов данных и оформления заказа на них; справочная система, описывающая состав, структуру и форматы хранимых данных;

*Научная аппаратура* - краткое описание состава, характеристик научной аппаратуры и режимов ее работы;

*Новости* - оперативная информация о космическом проекте «Сич-1М»;

*Контакты* - контактная информация об основных ответственных исполнителях проекта;

*Дополнительная информация* - информация о космическом аппарате «Сич-1М» и другой деятельности.

### **Заключение**

В целом данная публикация направлена на привлечение внимания научной общественности к исследованиям по изучению окружающей среды, всестороннему обсуждению основных направлений исследований. Программа научных экспериментов открыта для участия в ней заинтересованных организаций, ученых и специалистов. После летных испытаний бортового информационно-измерительного комплекса планируется дальнейшее развитие Программы: уточнение объемов и структуры научных экспериментов, расширение круга участников и др.

Авторы выражают свою признательность сотрудникам ЦОХКИ ИРЭ РАН за плодотворные совместные дискуссии, помощь и поддержку в работе.

### **Литература**

1. *Тищенко Ю.Г.* Проект "Природа" дистанционного зондирования Земли из космоса // Космический бюллетень, 1995. №1. С.10-12.
2. *Арманд Н.А., Воронков В.Н., Никитский В.П. и др.*, Перспективы исследований в области дистанционного зондирования Земли и экологического мониторинга // Радиотехника и электроника, 1998. Т. 43, № 9. С.1061-1069.
3. *Арманд Н.А., Смирнов М.Т., Тищенко Ю.Г.*, Программа научных экспериментов в ходе опытной эксплуатации космического аппарата «Океан-О» №1. Исследования Земли из космоса // 2001. №6. С.1-5.
4. Космический аппарат «Океан-О» / Под ред. М.Г. Мартиросова // Московская обл., г. Королев, Центр управления полетами, 1999. 12 с.
5. *Kramer, H. J.* Observation of the Earth and its Environment. Survey of Mission and Sensors // Oberpfaffenhofen, Germany, German Remote Sensing Data Center DLD-DFD, 1993.
6. Earth Science Enterprise Strategy // National Aeronautics and Space Administration. October 1, 2003.
7. Дистанционное зондирование Земли. Состояние и ближайшие перспективы развития космических средств дистанционного зондирования Земли за рубежом // Обзорная информация, Вып. 1. С-Петербург: Гидрометеоздат, 2000. 82 с.
8. Получение и использование спутниковых данных о природных ресурсах Земли и окружающей среде // Труды НИЦ ИПР, Вып. 45. С-Петербург: Гидрометеоздат, 1999. 200 с.
9. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов // Сб. научных статей Всеросс. научной конференции, ИКИ РАН, 10-12 ноября 2003 г. М.: Полиграф сервис, 2003. 520 с.