

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК
МОСКОВСКИЙ ПТОРЭС им. А.С. ПОПОВА**

**ИНСТИТУТ РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ РАН
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ЭКОИНФОРМАТИКИ РАЕН**

**МАТЕРИАЛЫ ШЕСТОГО МЕЖДУНАРОДНОГО СИМПОЗИУМА
ПРОБЛЕМЫ ЭКОИНФОРМАТИКИ**

Москва, 1-3 декабря 2004г.

Москва, 2004

ВОЗМОЖНОСТИ СПУТНИКОВЫХ СВЧ - РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

POTENTIAL OF SATELLITE MICROWAVE RADIOMETRIC SYSTEMS OF HIGH SPATIAL RESOLUTION FOR REMOTE SENSING OF THE EARTH

А.Г. Гранков, А.А. Мильшин, А.С. Шмаленюк

Институт радиотехники и электроники РАН
141190, г. Фрязино Московской обл., пл. Введенского, д.1.
тел. 526-91-50, 526-92-68

E-mail: agrankov@ms.ire.rssi.ru, amilshin@ms.ire.rssi.ru, shmal@ire.rssi.ru

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время сложились вполне определенные подходы к развитию спутниковой радиометрии дециметрового диапазона.

Впервые радиометр L-диапазона (длина волны около 21 см) был установлен на космической станции Skylab (США) в 1973 г. для измерения влажности почв [1]. Несмотря на низкое разрешение радиометра S-194 с фазированной антенной решеткой (см. таб.1), экспериментальные измерения в надир подтвердили возможность определения влажностных характеристик поверхностного слоя почв. Данные таблицы 1 отражают четыре основные направления реализации спутниковых проектов для измерения влажности почвы в США, России и Европе.

1) NASA продолжает развивать спутниковую радиометрию на основе фазированных антенных решеток с электронным сканированием. В рамках программы EOS разрабатывался проект спутникового влагомера ESTAR с высоким пространственным разрешением 10 км [2]. Требуемое разрешение обеспечивается антенной решеткой размером 18x18 м, состоящей из массива стержней 18-ти метровой длины, которые являются антенной с реальной апертурой, обеспечивающей разрешение 10 км вдоль спутниковой трассы. В поперечном направлении необходимая апертура синтезировалась. Измерения выполняются на горизонтальной (ГП) и вертикальной (ВП) поляризациях. Благодаря такой конструкции масса антенны составила 465 кг.

2) В 1979 г. в СССР был произведен запуск на орбиту космического радиотелескопа КРТ-10 с радиометрами на волнах 12 и 72 см для астрофизических и прикладных исследований [3]. Была использована 10-ти метровая развертываемая в космосе антенна с реальной апертурой. Антенна имела конструкцию типа пространственно стержневых ферм с двумя куполами из треугольных ячеек. Главное зеркало представляло собой шестиугольную высеч-

ку из параболоида вращения. В качестве отражающей поверхности использовалось трикотажное сетчатое полотно из металлических проволочек диаметром 50 мкм. Общая масса КРТ-10 равнялась 300 кг. С помощью КРТ-10 были выполнены измерения диаграммы направленности антенны и проведены астрофизические и геофизические измерения.

В начале 90-х годов в ИРЭ РАН прорабатывались научные предложения в связи с предполагаемой установкой на МКК Буран радиометров дециметрового диапазона с высоким пространственным разрешением 1-10 км с использованием антенны с реальной апертурой, имеющей конструкцию аналогичную КРТ-10 в виде вырезки из параболоида с вынесенным из фокуса облучателем.

3) В Европе (ESA) развитие L-радиометрии идет по пути разработки радиометров с синтезированной апертурой для глобального мониторинга влажности почв и солености океанов. В Финляндии и Германии прошли успешные испытания самолетные варианты радиометров. В настоящее время ведутся работы по разработке спутникового варианта L-радиометра MIRAS с синтезированной апертурой для глобального мониторинга влажности почв и солености акваторий [4]. Радиометр MIRAS имеет Y-образную конфигурацию и состоит из трех рукавов, развернутых через 120° . Каждый рукав в рабочем развернутом состоянии представляет полосу длиной 5.2 м, вдоль которой располагается 27 приемников. В свернутом состоянии рукава складываются тремя сегментами. Запуск запланирован на 2007 г. В качестве платформы выбран PROTEUS и изучаются три варианта ракеты-носителя – Athena-2, Рокот и Космос.

4) При решении климатических задач глобальный мониторинг крупномасштабных гидрологических процессов земной поверхности достаточно выполнять с периодичностью 10 суток и пространственным разрешением около 500 км, что позволяет использовать недорогие трассовые радиометры с антеннами малых размеров. Радиометр можно разместить на МКС, поскольку на служебном модуле российского сегмента МКС предусматривается создание универсального рабочего места (УРМ) с использованием двухосной поворотной платформы (ДПП) "Монитор". Характеристики радиометра представлены в таблице. Недостатком рассматриваемого варианта является низкое наклонение орбиты станции 50° - 51° , что позволяет охватить только часть территории России. Используя трассовый радиометр можно создать мониторинговую систему на базе малого космического аппарата (МКА), основу которого составляет многоцелевой космический комплекс «Монитор» разработки ГКНПЦ им. М.В. Хруничева с конверсионной ракетой-носителем «Рокот» и разгонным блоком «Бриз» [5]. Высота круговой солнечно-синхронной орбиты составляет 550 км, а наклонение - 80° .

Таблица 1. Основные характеристики спутниковых СВЧ - радиометрических комплексов.

Год запуска	Высота орбиты км	КА Прибор	Длина волны см	Чувствительность К/сек	Полоса обзора км	Разрешение км	Поляризация	Размеры антенны м
1973	440	Skylab S-194	21.4	0.5	-	115		
1979	400	Салют-6 КРТ-10	12 72	0.2-03	-	7 35	Круговая	10
-	700	ESTAR	21.23	0.7	1400	10	ГП, ВП	18
2007	670	MIRAS	21.23	1.8	934	53 x 30	ГП, ВП	10.4
-	300	МКК Буран	21, 43, 70	0.2	150-200	1-10	Круговая	30-50
-	400	МКС Альфа	21.23, 49.1	0.1-0.2	550	180, 270	Круговая	1.7 x 1.7

РАДИОМЕТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Рассмотрим возможности радиометрической системы двойного назначения, описанной в пункте 2. Главное назначение КРТ-10 заключалось в проведении астрофизических исследований, а второстепенное назначение относилось к сфере дистанционного зондирования Земли. Такая радиометрическая система в силу своего основного назначения, параметров орбиты и технических характеристик не эффективна для проведения мониторинга влажности почв и солености океана. Однако возможности системы существенно улучшаются при переходе от одно-, двухволновых радиометров к многоволновым. Развертываемые в космосе антенны, аналогичные КРТ-10, могут работать в сантиметровом и дециметровом диапазонах, что в совокупности с высоким пространственным разрешением позволяет улучшить возможности проекта путем расширения спектра научных задач. Выбор рабочих длин волн для радиометров радиотелескопа выполняется исходя из радиоастрономических и радиофизических задач, а также с учетом таблицы распределения полос частот между радиослужбами РФ [6]. Предлагается следующий набор волн: 1.35, 1.55, 4 - 6.2, 18 - 21, 73.5 см. Пространственное разрешение для орбиты высотой 400 – 600 км составит, соответственно, 0.5 - 0.8, 0.6 – 0.9, 2 – 4, 6 – 10, 30 – 45 км.

Задачи можно разделить на две группы. К первой группе относятся задачи, решение которых было в принципе отработано и апробировано в некоторых конкретных условиях отечественными и зарубежными специалистами, ко второй группе относятся принципиально новые задачи. Перечень задач приводится в таб.2. Особую группу образуют исследования, связанные с разработкой методов определения климатоформирующих параметров – влажность почв, биомасса растительности, потоки тепла и влаги, пожароопасность.

Таблица 2. Перечень научных задач

П/п	Научные задачи и области применения	Набор волн, см
<i>1 – я группа задач</i>		
1	Определение влажности почвы в отсутствие и при наличии растительности.	4-6.2, 18-21
2	Определение солености океана.	4-6.2, 18-21
3	Определение температуры поверхности океана.	1.35, 1.55, 4-6.2, 18-21
4	Определение содержания водяного пара над океаном.	1.35, 1.55, 4-6.2
5	Определение приповерхностной скорости ветра океана.	1.35, 1.55, 4-6.2
6	Пространственно-временной мониторинг радиопомех.	1.55, 4-6.2, 18-21, 73.5
<i>2– я группа задач</i>		
7	Гидрологический режим почв в отсутствие и при наличии растительности.	4-6.2, 18-21, 73.5
8	Определение биомассы растительности, включая лес.	4-6.2, 18-21, 73.5
9	Геотермальная деятельность, границы зон и параметры.	1.55, 4-6.2, 18-21, 73.5
10	Мерзлота. Границы и параметры.	4-6.2, 18-21, 73.5
11	Ледовые покровы.	1.55, 4-6.2, 18-21, 73.5
12	Обнаружения линз с водой в пустынных зонах.	4-6.2, 18-21, 73.5
13	Определение содержания водяного пара над сушей	1.35, 1.55, 4-6.2
14	Определение потоков тепла и влаги над океаном	1.35, 1.55, 4-6.2, 18-21
15	Определение потоков влаги над сушей и лесом.	1.35, 1.55, 4-6.2, 18-21, 73.5
16	Пожарная опасность бореальных лесов	1.35, 4-6.2, 18-21, 73.5
17	Использование измерений на волне 73.5 см для решения задач 1, 2, 3	4-6.2, 18-21, 73.5
18	Фильтрация космического радиоизлучения.	73.5

В докладе приводятся примеры спектральных зависимостей радиотеплового излучения различных природных образований в сантиметровом и дециметровом диапазонах длин волн.

Литература

1. Lerner R.M. and Hollinger J.P. Analysis of 1.4 GGz radiometric measurements from Skylab// Remote Sens. Environ.1977. No 6. P.614-619.
2. Le Vine D., Wilheit T., Murphy R. and Swift C.A. Multifrequency Microwave Radiometer of the Future// Proceedings of IGARSS'87 Symposium. Ann. Arbor. 1987. P.661-666.
3. Арсентьев В.М., Бержатый В.И., Благоев В.Д. и др. Космический радиотелескоп КРТ-10// Доклады АН СССР.1982. Т.264. № 3.С.588-590.
4. Borges A., Solana A., Plaza M.A., Sanz J.A., Garcia Q. The MIRAS Demonstrator Pilot Project// Proceedings of IEEE IGARSS2000. 24 - 28 July 2000. Honolulu.
5. Арманд Н.А., Гранков А.Г., Мильшин А.А., Патрикеев Л.К., Плющев В.А. Малый космический аппарат для мониторинга влажности земной поверхности в задачах климата методами СВЧ-радиометрии L-диапазона// В сб.: «Проблемы экоинформатики» (материалы 3-го международного симпозиума). М.: ИРЭ РАН, ИПЭ РАН.1998. С.16-20.
6. Таблица распределения полос частот между радиослужбами Российской Федерации в диапазоне частот от 3 кГц до 400 ГГц. ГКРЧ России. М.: 1996, 176 с.