

Спутниковые СВЧ радиометры дециметрового диапазона

А.Н. Арманд¹, Ю.Г. Тищенко¹, В.С. Аблязов², А.А. Халдин²

¹Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники РАН
141190 Московская обл., г. Фрязино, пл. акад. Введенского, 1
E-mail: tishchen@ire.rssi.ru

²ФГУП СКБ ИРЭ РАН
141190 Московская обл., г. Фрязино, пл. акад. Введенского, 1
E-mail: ahaldin@sdb.ire.rssi.ru

Рассматривается разрабатываемый для установки на малоразмерный космический аппарат СВЧ радиометр L-диапазона. Приводятся основные тактико-технические характеристики радиометра.

СВЧ радиометрические приборы, несмотря на относительно невысокую разрешающую способность, широко используются в дистанционных космических исследованиях окружающей среды. Это связано с тем, что с помощью СВЧ радиометрии можно получить такие данные, которые невозможно или очень трудно получить другими методами. К таким данным можно отнести усредненную по поверхности и глубине термодинамическую температуру исследуемого объекта, его интегральные рассеивающие свойства и информацию о комплексной диэлектрической проницаемости (см., например, [1-5]). Причем эти и другие данные могут быть получены в любое время суток и практически не зависят от погодных условий.

Выходные сигналы СВЧ радиометров пропорциональны излучательной способности исследуемых объектов, которая зависит от характеризующих состояние объектов электрофизических параметров, а также от условий наблюдения (высота, угол наблюдения, поляризация принимаемого сигнала и т.д.) [3, 5]. Сами СВЧ радиометры имеют малые габариты и энергопотребление, но для удовлетворительного разрешения на местности требуют относительно больших антенных устройств, которые одновременно могут работать в разных диапазонах.

Достоинства СВЧ радиометров способствовали тому, что они практически одними из первых начали использоваться для исследования подстилающей поверхности с искусственных спутников Земли.

Основными объектами наблюдений были как покрытые растительностью, так и без нее участки земной поверхности с различными значениями влажности почвы, уровня грунтовых вод, типами растительности, температурой и плотностью почвы; водоемы с различными значениями солености, минерализации, температуры. Измерения проводились в ИРЭ РАН и ряде других организаций в СССР и за рубежом на разных длинах волн от 0.8 до 30 см. В последние годы СВЧ радиометры используются совместно с оптическими и ИК датчиками. В результате проведенных работ выявлена, например, взаимосвязь интенсивности собственного СВЧ излучения на дециметровых волнах (L-диапазон) с уровнем залегания грунтовых вод на глубине 1.5-2 м в гумидных, переувлажненных районах и на глубине 3-5 м в аридных, засушливых и пустынных районах [3]. Показано также, что посевы сельскохозяйственных культур биомассой до 2-3 кг/м² являются полупрозрачной средой для волн L-диапазона и по данным измерений представляется возможным получить оценки влажности почвы, уровня грунтовых вод, биомассы надводной части растительности [3, 4].

В 1973 г. впервые радиометр L-диапазона (21 см) был применен на космической станции "Скайлэб" (США) для измерения влажности почв. К настоящему времени экспериментальных данных по использованию L-диапазона для определения параметров подстилающей поверхности аэрокосмическими средствами недостаточно, чтобы сделать оценку эффективности применения СВЧ радиометрических наблюдений для контроля состояния почв и растительности, акваторий в региональных и глобальных масштабах.

С целью развития и совершенствования методов наблюдения Земли из космоса СВЧ радиометрическими средствами в дециметровом диапазоне длин разрабатывается новый научный прибор - панорамный СВЧ радиометр для установки его на малоразмерный космический аппарат «МКА-ПН1» разработки ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина» (планируемый запуск - 2008 г.), прибор разрабатывается в рамках контракта между ФГУП СКБ ИРЭ РАН и ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина» (к настоящему времени закончено изготовление технологического образца прибора, подготовлены ТЗ на космический эксперимент и Научная программа исследований и экспериментов в ходе эксплуатации космического аппарата «МКА-ПН1»). Планируемое использование радиометра связано с решением задач по разработке радиофизических методов дистанционного зондирования Земли из космоса в перспективном дециметровом диапазоне электромагнитных волн для изучения физических явлений и процессов в системе атмосфера-земная поверхность; влиянию внешних факторов (галактический фон, ионосфера и др.) на измеряемые характеристики объектов; изучению помеховой обстановки; по развитию методов совместной обработки данных с разным пространственным разрешением. Основными объектами наблюдений в ходе проведения космических экспериментов будут подстилающая поверхность (почва и растительные покровы), морские и океанические акватории.

Панорамные измерения разрабатываемым прибором обеспечиваются путем одновременного измерения СВЧ излучения с разных участков земной поверхности с помощью 2-х лучевой антенны и 2-х канального радиометрического приемника. В таблице приведены ожидаемые основные тактико-технические характеристики радиометра.

Таблица. Технические характеристики радиометрического комплекса

<i>Наименование</i>	<i>Параметр</i>
Количество лучей	2
Полоса обзора, км	0.9 Н
Поляризация	линейная
Средняя частота, МГц	1410
Ширина полосы приема, МГц	20
Флуктуационная чувствительность, К	0.3
Диапазон измеряемых сигналов, К	10 - 320
Напряжение питания, В	+ 28 ^{+0.5/-5.5}
Потребляемая мощность, ВА	<60
Масса, кг	<13
Габариты	
блок СВЧ	400x300x50
антенна	800x510x40

На рис. 1 показаны геометрия полета КА «МКА-ПН1» и компоновка спутникового СВЧ радиометра дециметрового диапазона на КА. На рис. 2 показана измеренная в наземных условиях диаграмма направленности приемной антенны радиометра в плоскости Е.

Результаты космических экспериментов с использованием разрабатываемого панорамного СВЧ радиометра позволят оценить эффективность СВЧ радиометрии L-диапазона для определения влажности почв и биомассы растительности, солености морей (точность оценки влажности и биомассы, солености; пространственные и временные вариации параметров подстилающей поверхности). Ожидаемое число градаций в диапазоне изменений характерных величин влажности почв на больших территориях - до 7-10 градация (в качестве примера ожидаемых результатов

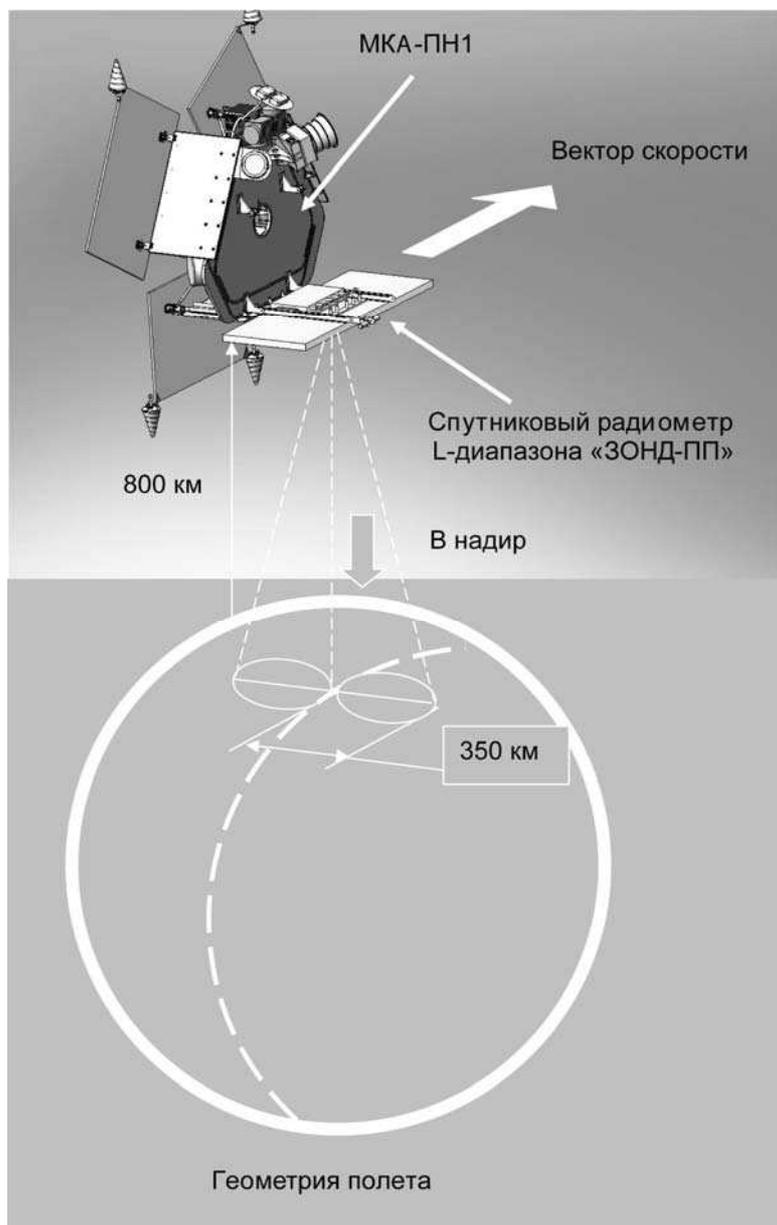


Рис. 1. Геометрия полета КА «МКА-ПН1» и компоновка спутникового СВЧ радиометра дециметрового диапазона на КА

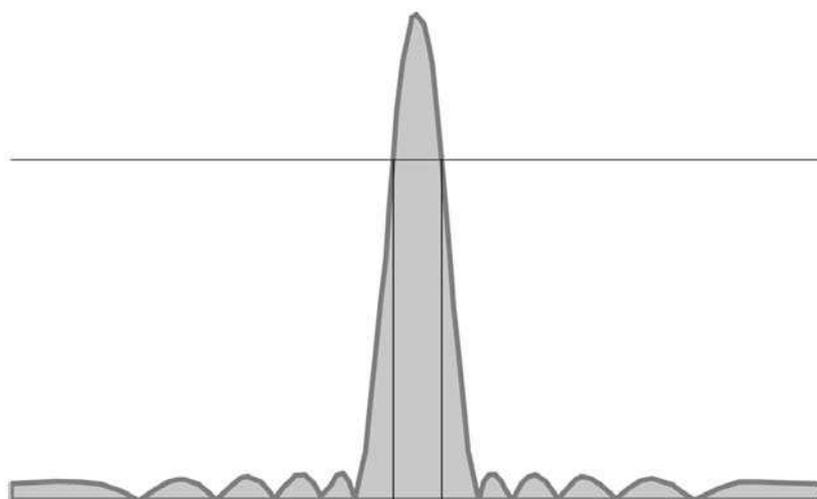


Рис. 2. Диаграмма направленности антенны в плоскости E (ширина луча – 1° , уровень боковых - 20 дБ)

космических экспериментов на рис. 3 приведены результаты самолетного картографирования влажности почвы [6]), биомассы растительности – до 5-7, солености акваторий – до 3-5. Будут развиты необходимые модели и алгоритмы, отработаны методики проведения космических изме-

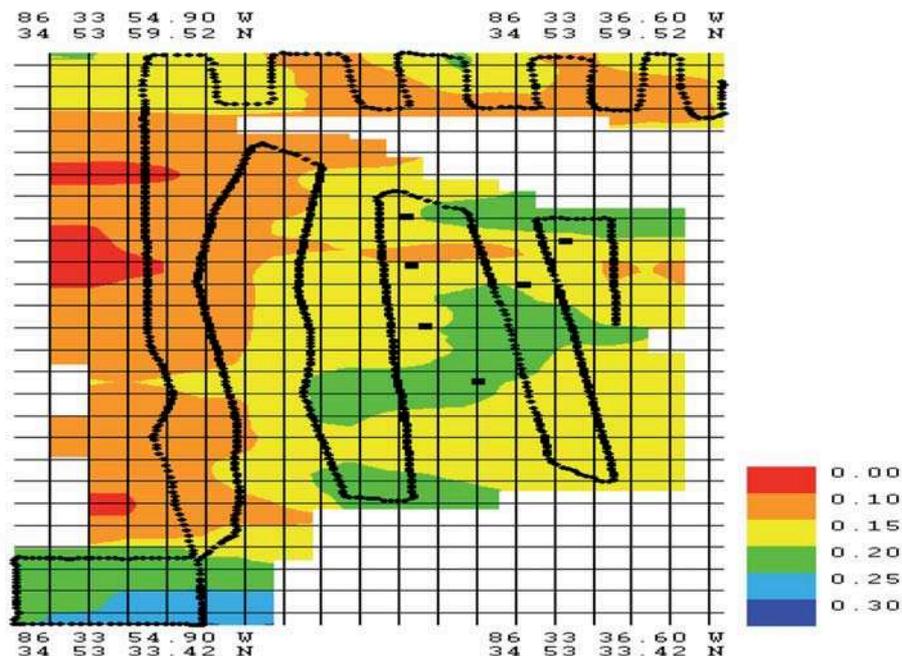


Рис. 3. Результаты самолетного картографирования влажности почвы (влажность выражена в $г/см^3$)

рений, калибровки и валидации экспериментальных данных. Будут получены данные для решения целого ряда научных и практических задач:

- картирование влажности почв (в т.ч. под лесным пологом) по территориям регионального и глобального масштабов,
- исследование температурно-влажностного состояния лесоболотных систем,
- изучение биометрических характеристик растительности,
- изучение солености водных акваторий,
- исследование гляциальных и мерзлотных зон,
- изучение энергообмена системы океан-суша-атмосфера (совместно с данными других датчиков),

- исследование геотермальной деятельности, оценка границы зон и температурного режима,
- развитие методов совместной обработки данных с разным пространственным разрешением.

Полученные результаты могут быть использованы для научных и практических целей:

- проектирование следующего поколения спутниковых СВЧ радиометров дециметрового диапазона длин волн;
- усовершенствование методов обработки и интерпретации спутниковых данных;
- расширение знаний о различных характеристиках подстилающей поверхности и процессах, определяющих их изменчивость.

Полученные результаты могут использоваться в таких областях, как наука, сельское и лесное хозяйство, гидрология, климатология, экология.

В ходе эксплуатации космического аппарата «МКА-ПН1» планируется получить первые данные по использованию дециметрового диапазона волн для оценки влажности почв и биомассы растительности, солености морей из космоса с целью изучения возможности применения СВЧ радиометрических космических оперативных наблюдений состояния почв и растительности в региональных и глобальных масштабах.

Реализация космического эксперимента позволит развить методы использования дециметрового диапазона волн для оценки влажности почв и биомассы растительности, солености морей из космоса в региональных и глобальных масштабах, оценить возможность практического использования методов.

Литература

1. Башаринов А. Е., Шутко А.М. Измерение влажности земных покровов методами сверхвысокочастотной радиометрии // Метеорология и гидрология, 1971. №9. С. 17-20.
2. Ньюку Э. Дж. Пассивное дистанционное зондирование Земли из космоса в СВЧ-диапазоне // ТИИЭР. 1982. Т.70. №7. С.49-75.
3. Шутко А.М. СВЧ-радиометрия водной поверхности и почвогрунтов. М.: Наука, 1986.
4. Jackson, T.J., A.Y. Hsu, A. Shutko, Yu. Tishchenko, B. Petrenko, B. Kutuza, and N. Armand. Priroda microwave radiometer observations in the Southern Great Plains 1997 Hydrology experiment. Int. J. Remote Sensing, 23 (2), 2002, p. 231-248.
5. Armand, N.A. and V.M. Polyakov. Radio Propagation and Remote Sensing of the Environment. New York, CRC Press, 2005, 440 p.
6. Tishchenko Yu.G., A.M. Shutko, V.P. Savorskiy, M.T. Smirnov, V.F. Krapivin, D. Petkov, R. Kancheva, H. Nikolov, D. Borisova. Regional Monitoring of the Earth Surface in Black Sea Basin in Interests of Natural Disasters Mitigation. 3rd International Conference on Recent Advances in Space Technologies Space for a More Secure World (RAST 2007), 14-16 June 2007, Istanbul, TURKEY.