

THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
THE ALL-RUSSIAN RESEARCH INSTITUTE FOR SCIENTIFIC AND TECHNICAL
INFORMATION
(VINITI)

PROBLEMS OF ENVIRONMENT AND NATURAL RESOURCES

Review information

№ 3

Founded in 1972

Moscow 2016

A Monthly Journal

CHIEF EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief

Arskij Yu. M., Academician of the Russian Academy of Sciences

Editorial Board Members:

*Borisenko I. N., Kartseva E. V., Koroleva L. M., Kravtsov V. F.,
Ostaeva G. Y., Potapov I. I., Schetina I. A., Yudin A. G.*

Editorial office: 125190, Russia, Moscow, Usyevich st., 20
The All-Russian Research Institute for Scientific and Technical Information
Department of Scientific Information on Global Problems
Telephone: 499-152-55-00
iprotafov37@mail.ru

© VINITI, 2016



9-209

Число 3/16
Вид. 52

ЗАГРЯЗНЕНИЕ И ОХРАНА ВОД СУШИ,
МОРЕЙ И ОКЕАНОВ

УДК 502.51

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СПУТНИКОВЫХ
СВЧ-РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОКЕАНА И АТМОСФЕРЫ

Д.ф.м.н. Гранков А.Г., Милшин А.А.
(Институт радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова РАН)

THE MODERN STATUS OF SATELLITE MICROWAVE RADIOMETER SYSTEMS IN THE STUDIES OF OCEAN-ATMOSPHERE INTERACTION

Гранков А.Г., Милшин А.А.
(Kotel'nikov Institute of Radioengineering and Electronics, Russian Academy of Sciences)

Представлены описание и основные характеристики оперативных СВЧ-радиометрических систем спутников DMSP (радиометр SSMIS), TRMM (радиометр TMI), Coriolis (радиометр WindSat), GCOM-W1 (радиометр AMSR-2) и Meteor-M №2 (радиометр МТВЗА-ГЯ). Рассмотрены определяемые с помощью СВЧ-радиометров основные геофизические параметры, необходимые для исследования погодных и климатических формирующих процессов. Создаваемые с 1987 г. архивы спутниковых данных позволяют проводить климатические исследования методами СВЧ-радиометрии на временных масштабах более 27 лет.

Description and basic characteristics of operational microwave radiometer systems of the DMSP (radiometer SSMIS), TRMM (radiometer TMI), Coriolis (radiometer WindSat), GCOM-W1 (radiometer AMSR-2) and Meteor-M No.2 (radiometer MTVZA-GYA) satellites are submitted. The basic geophysical parameters forming weather and climatic processes, which are easy of access for microwave radiometers have been considered. Developing since 1987 year spacious archives of satellite microwave radiometric data let us to carry out climatic studies over 27 years - time scales.

Введение

При исследовании природы Мирового океана и основных климатических формирующих факторов в районах взаимодействия океана и атмосферы пользуются широким спектром радиофизических средств оптического, ИК- и СВЧ-диапазона. В соответствии с требованиями Глобальной системы наблюдения климата [7] к спутниковым дистанционным приборам по пространственно-временному разрешению, точности определения геофизических параметров, простоты и универсальности продолжительности наблюдений в наибольшей степени удовлетворяют существующие СВЧ-радиометрические системы на полярных платформах. Типы полярных платформ и параметры орбит приведены в таблице 1, включенном являются спутник TRMM, имеющий низкоширотную орбиту. В таблицу внесены действующие спутники с СВЧ-радиометрическими системами и планируемые к запуску.

Глобальный архив среднесуточных и среднесезонных потоков и парциальной океан-атмосферы J-OFCURO (The Japanese Ocean Flux Data sets with Use of Remote Sensing Observations). Архив разрабатывался и поддерживался Школой морских наук и технологий Токийского университета [32-34]. Архив содержит набор данных за период с 1988 по 2008 гг. Среднесуточные и среднесезонные глобальные поля параметров представлены на регулярной сетке с пространственным разрешением $1^{\circ}\times 1^{\circ}$ по широте и долготе. Архив содержит следующие параметры: потоки явного и скрытого тепла ($Вт/м^2$); результирующий тепловой поток ($Вт/м^2$); скалярный поток импульса ($Вт/м^2$); зональный и меридиональный потоки импульса ($Вт/м^2$); скалярную, зональную и меридиональную скорость ветра на высоте 10 м ($м/с$); насыщающаяся удельная влажность у поверхности ($г/кг$); влажность воздуха на высоте 10 м ($г/кг$).

Архив создавался на основе следующих спутниковых данных: DMSР F08, F10, F11, F13, F14 и F15 с радиометром SSMI; ERS-1,2 со скаттерометром AMI; QuikSCAT со скаттерометром SeaWinds; Aqua с радиометром AMSR-E; NOAA с радиометром AVHRR. Помимо этого использовались данные о температуре воздуха из архива NCEP/DOE reanalysis, данные о ТПО из JMA MGDSSST (Japan Meteorological Agency Merged satellite and in-situ data Global Daily SST), данные о радиационных потоках из International Satellite Cloud Climatology Project. Данные в файлах представлены в бинарном и текстовых форматах.

Архивные спутниковые микроволновые данные. В данном разделе дадим краткую характеристику архивных спутниковых данных, которыми располагает авторский коллектив на настоящий момент исследования. В 2014 г. исполнилось 20 лет с момента обработки нами первых файлов с антенными температурами радиометра SSM/I спутника DMSР F08. Файлы нам передал д-р Б.З. Петренко, он в свою очередь получил данные у Франка Вентца (Frank Wentz), который руководит фирмой RSS 40 лет.

Особенностью исследования пространственно-временной динамики взаимодействия океана и атмосферы является необходимость усвоения больших объемов радиолокационной информации как спутниковой, так и контактной.

Основным источником информации в наших исследованиях на данном этапе могут служить данные радиометра SSM/I спутников серии DMSР, радиометра TMI спутника TRMM, радиометра AMSR-E спутника EOS-Aqua. Первичные спутниковые данные на магнитных лентах в виде данных измерений радиометрами были предоставлены для наших исследований Маршаллским центром космических полетов (MSFC) в 1997 г. Архивные данные включают измерения за период 1978 – 1996 гг., выполненные со спутников Nimbus-7, DMSР F08, F10, F11, F13, F14 общим объемом около 300 Тбайт заархивированных файлов. Более поздние спутниковые данные за 1996-2008 гг. были получены через Интернет от реда центров обработки и хранения информации NASA, а также от Центра космических наблюдений (ЦКН) Росийского космического агентства (в настоящее время Научно-Технологический Центр «Космосит») ОАО «Росийские космические системы». Данные измерений радиометром MBT3A-ГЯ были получены от «Космосит». В последующем наш архив пополнился данными AMSR-E с 2002 по 2011 гг., данными WindSat американского спутника Cosmos с 2003 по 2010 гг. Краткое описание имеющихся в нашем распоряжении архивных спутниковых данных представлено в [4, 5].

Говоря об эффективности обработки спутниковой информации необходимо учитывать следующее. В 90-е годы спутниковые данные архивировались в пер-

воначальном виде – телеметрические данные и данные антенных температур. В этом случае файл имел очень сложную структуру и большой объем. И всегда требовался этап предварительной обработки для преобразования измерительной и служебной информации в антенную или яркостную температуру с географической привязкой каждого пиксела (выборки) данных. И только после этого можно была вторичная обработка с преобразованием данных ЯТ в геофизические параметры. Первичную и вторичную обработку можно было заказать в центрах обработки и хранения информации (ДААС). Но коммерциализация не удаляла большинство своем обеспечить финансирование, а ведомства и министерства находили иные пути решения своих задач. В дальнейшем американские центры обработки и хранения информации создали новый тип продукции, которая содержала не массивы скана, а данные преобразованные к прямоугольной географической сетке с фиксированным шагом по широте и долготе. Эта обработка позволяла существенно упростить структуру файла данных, уменьшить его объем и дать возможность исследователям заниматься исключительно своими задачами.

Для обработки различного рода метеорологической, климатической и иной архивной информации было разработано соответствующее прикладное программное обеспечение.

В российской науке, насколько нам известно, на постоянной основе обработкой данных радиометров SSM/I, TMI, AMSR-E, SSMIS, WindSat, AMSR-2, MTB3A, MTB3A-ГЯ и других типов дистанционных сенсоров) занимаются несколько организаций. К ним относятся Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Институт космических исследований РАН (отдел проф. Е.А. Шарова), Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН (лаборатория проф. Л.М. Митника), НТИ «Космосит» ОАО «Росийские космические системы» (коллектив под управлением д.т.н. И.В. Черного). В связи с запуском радиометра MTB3A-ГЯ на КА Метеор-М №2 перечень участников существенно расширяется.

Заключение

Анализ основных характеристик СВЧ-радиометрических систем SSM/I, SSMIS, TMI, WindSat, AMSR-2, MTB3A-ГЯ на функционирующих спутниках DMSР, TRMM, Cosmos, GCOM-W1 и Метеор-М показал, что за последние два десятилетия сохранялась тенденция применения многоволновых, поляризации-онных, сканирующих под разными углами радиометров и зондировщиков. Появились радиометры, в которых совмещены функции сканера и зондировщика (SSMIS и MTB3A-ГЯ). Был разработан новый вид радиометра – поляриметра (WindSat). Появление каналов на частотах 7, 11 ГГц позволяет определять температуру поверхности океана и влажность почвы (TMI, WindSat, AMSR-2, MTB3A-ГЯ). Прямые измерения мощности прямой мощности позволило выдвигать радиометрические чувствительность, все радиометры оснащаются системами абсолютной калибровки, которая выполняется в течение каждого скана, что существенно улучшило радиометрическую стабильность. Полоса обзора расширилась с 1400 до 1700 км. Полный обзор земной поверхности сократился до 2-3 суток. Улучшилось пространственное разрешение за счет применения антенны больших размеров, до 2 м у радиометра AMSR-2 спутника GCOM-M1. Расширение функциональных возможностей радиометров происходит за счет использования миллиметрового участка спектра при создании зондировщиков для восстановления вертикальных