

Радиочастотные помехи, влияющие на качество информации СВЧ-радиометра МТВЗА-ГЯ спутника «Метеор-М»

А.М. Стрельцов, О.В. Никитин, И.А. Барсуков,
И.В. Черный, Г.М. Чернявский

НТЦ «Космонит» ОАО «Российские Космические системы»
117997, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 84/32
E-mail: icherny@cpj.space.ru

В статье рассматриваются влияние радиочастотных помех на данные СВЧ-радиометра МТВЗА-ГЯ, спутника «Метеор-М» №1 выявленное как от наземных телекоммуникационных средств, излучение которых непосредственно попадает в поле визирования прибора, так и от геостационарных трансляционных спутников, сигналы которых отраженные от поверхности океана влияют на измерения радиотеплового излучения Земли.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, спутниковая СВЧ радиометрия, радиочастотные помехи, микроволновый радиометр, радиотепловое излучение, яркостная температура.

Введение

Радиочастотные помехи становятся все более серьезной проблемой для средств СВЧ зондирования Земли. Источниками искусственных помех являются наземные и спутниковые передающие станции, искажая дистанционные измерения радиотеплового излучения. Это проблема особенно актуальна для СВЧ-радиометрии, поскольку измеряемые геофизические параметры на основе радиотеплового излучения Земли, могут быть искажены сильным помеховым сигналом.

Многофункциональный прибор МТВЗА-ГЯ – модуль температурного и влажностного зондирования атмосферы предназначен для глобального мониторинга Земли в интересах решения метеорологических задач. СВЧ-радиометр установлен на КА «Метеор-М» №1 (запуск состоялся 17 сентября 2009г).

По техническим и информационным характеристикам МТВЗА-ГЯ не уступает современным зарубежным аналогам – зондировщикам AMSU-A, -B, установленным на спутниках серии NOAA, сканерам AMSR-E и SSM/I спутников Aqua и DMSR, а также сканеру/зондировщику SSMIS спутников новой серии DMSR на платформе 5D-3 (*Kleespies and McMillin, 2000*).

СВЧ-радиометр МТВЗА-ГЯ обеспечивает зондирование, как в окнах прозрачности атмосферы (10.65, 18.7; 23.8; 31.5; 36.5; 42; 48 и 91.65 ГГц), так и в линиях поглощения кислорода (52-57 ГГц) и водяного пара (183.31 ГГц), что позволяет проводить температурно-влажностное профилирование атмосферы и определять интегральные параметры атмосферы и характеристики поверхности (*Болырев и др. 2008; Барсуков и др. 2009*).

Проблема радиочастотных помех

СВЧ-радиометры разрабатываются преимущественно для работы в пределах выделенных полос частот, распределенных исключительно для пассивного зондирования. Распределение спектра частот между всеми службами радиосвязи и выпуском соответствующих рекомендаций, осуществляет «Международный Союз Электросвязи» (МСЭ-R). Диапазоны частот, выделенные для систем пассивного дистанционного зондирования Земли, представлены в рекомендации (ITU-R RS.515-4). Эксплуатация передатчиков, мощность излучения которых превышает заданный уровень в пределах этих полос частот, запрещена междуна-

родными правилами. Тем не менее, они присутствуют в частотных диапазонах, выделенных для СВЧ-радиометрии. При этом любое радиочастотное излучение искусственного происхождения, попадая в зону визирования прибора, искажает результаты измерений, так как ничем не отличается от природного теплового излучения Земли. В результате, при определении различных геофизических параметров, с помощью спутниковых СВЧ-радиометров, необходимо учитывать влияние помеховой составляющей.

Потенциально, наиболее подверженным влиянию радиочастотных помех, из выделенных для средств СВЧ-радиометрии, является L – диапазон (1.4 ГГц). Этот диапазон используют радиометры SMOS/MIRAS, Aquarius/SAC-D. Так же, подвержен радиочастотным помехам, C и X – диапазоны (6,85 ГГц, 10.65 ГГц), их используют AMSR-E/EOS Aqua, WindSat/Coriolis, MIS/DWSS, МТВЗА-ГЯ/«Метеор-М». (Li, et al. 2006; Piepmeier J. R, 2010)

Выявленные радиочастотные помехи

Помехи, создаваемые наземными телекоммуникационными средствами

На суше были установлены помехи на вертикальной и горизонтальной поляризации, появляющиеся в основном, вблизи густонаселенных городов. Районы, где наблюдаются помехи периодически повторяются во времени, но амплитуды, наблюдаемые в разное время и в разных направлениях – отличаются. Сильные помехи на частотах сканирования СВЧ-радиометра могут быть определены с использованием индекса помех, полученным из разницы между яркостными температурами разных частотных каналов. Слабые помехи труднее выделить из яркостной температуры, на фоне естественной геофизической изменчивости. Для достоверного определения геофизических параметров, воздействие радиочастотных помех необходимо классифицировать и исключать (Li, et al. 2004; Njoku and Ashcroft 2005).

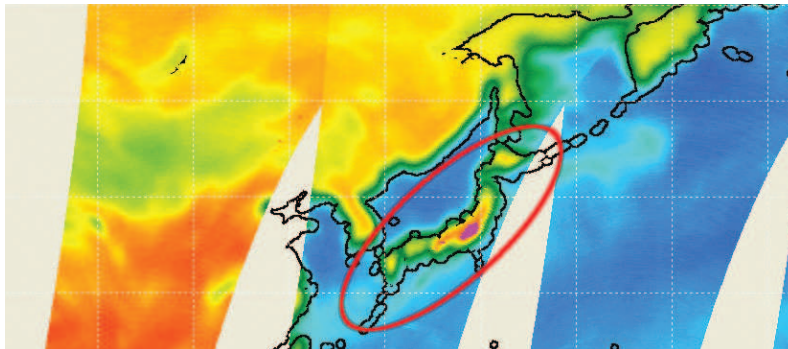
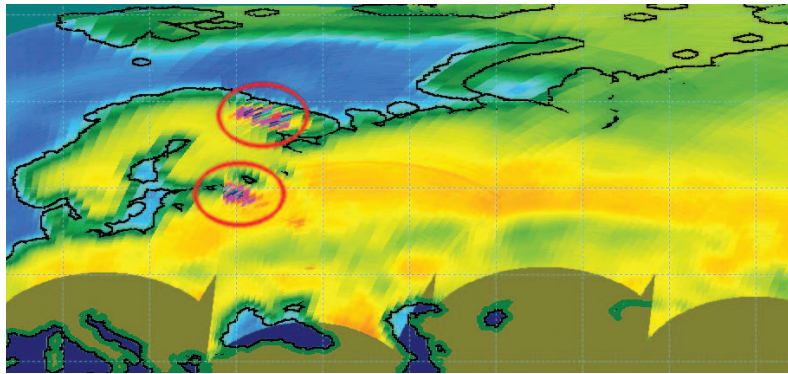
На Рис.1 показана радиочастотная помеха (обведена область) создаваемая наземными телекоммуникационными средствами, на фрагменте микроволнового изображений Земли в канале 10.6 ГГц полученного по данным сканера МТВЗА-ГЯ КА «Метеор-М» №1.

Помехи, создаваемые геостационарными трансляционными космическими аппаратами

Влияние помех от геостационарного космического аппарата телевидения DirecTV было впервые обнаружено в данных радиометра WindSat. Позже, подобное явление проявилось в данных радиометра AMSR-E полученных на частоте 18,7 ГГц. Над океаном влияние помехи наблюдается вдоль всей прибрежной зоны США с сентября 2007. Места возникновения помех соответствуют сигналам геостационарного спутника, отраженным от поверхности океана в поле визирования прибора AMSR-E. Влияние помехи на яркостные температуры на частоте 18,7 ГГц радиометра AMSR-E создаёт эффект схожий с облачностью и осадками (http://www.ssmi.com/RFI/radio_frequency_interference.html).

Помеховое воздействие на данные СВЧ-радиометра МТВЗА-ГЯ было обнаружено в 2010 году в районе северной Атлантики, Норвежского и Северного морей, на восходящих витках в канале 10,6 ГГц вертикальной и горизонтальной поляризации. Местоположение и частотный диапазон помехи, позволяют сделать выводы о влиянии сигналов геостационарных телевизионных спутников Hotbird и Astra, отраженных от морской поверхности.

На Рис.2 показана радиочастотная помеха (обведена область) создаваемая геостационарными трансляционными космическими аппаратами, на фрагменте микроволнового изображений Земли в канале 10.6 ГГц полученного по данным сканера МТВЗА-ГЯ КА «Метеор-М» №1.



*Рис. 1. Радиочастотные помехи в данных МТВЗА-ГЯ от наземных телекоммуникационных средств. Частота 10,6 ГГц, горизонтальная поляризация
а) европейский регион б) Япония*

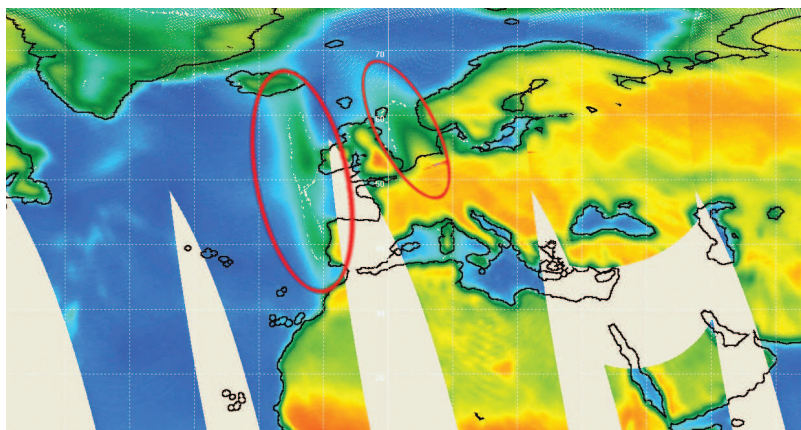


Рис. 2. Радиочастотные помехи в данных МТВЗА-ГЯ от геостационарных трансляционных КА. Частота 10,6 ГГц, горизонтальная поляризация

Интенсивность радиочастотной помехи зависит от угла отражения, географического положения, и волнения морской поверхности.

Величина помехи в значительной мере связана с тем, как сигналы спутникового телевидения отражаются от поверхности Земли в поле зрения СВЧ-радиометра. Угол отражения от геостационарного спутника вычисляется по разнице между скалярным углом вектора отражения и вектора из точки наблюдения с Земли на геостационарную орбиту.

Трансляционные спутники направляют своё вещание на вполне конкретные районы. Вне этих географических районов, на малых углах отражения, создаваемые ими радиочастотные помехи незначительны.

Радиочастотные помехи также связаны с волнениями на поверхности океана. Малая скорость ветра и гладкая вода способствуют большему отражению радиопомех, ограниченных

только небольшими углами отражения. Волнение и ветер приводят к снижению интенсивности, но влияние распространяется на большую площадь, в том числе при больших углах отражения. К сожалению, эти радиочастотные помехи мешают надёжному восстановлению параметров ветра, что осложняет любые попытки использовать эту корреляцию.

Заключение

В настоящее время, для достоверного определения геофизических параметров, с использованием данных спутниковых СВЧ-радиометров, необходимо учитывать влияние радиочастотной помеховой составляющей. В связи с расширением использования микроволнового диапазона в телекоммуникационных целях, пассивное микроволновое зондирование Земли, вероятно, будет еще более подвержено воздействию радиопомех.

Литература

1. *Болдырев В.В., Горобец Н.Н., Ильгасов П.А., и др.* Спутниковый микроволновый сканер/зондировщик МТВЗА–ГЯ. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2008. Т.1. Вып.5. С.243–248.
2. *Барсуков И.А., Болдырев В.В., Ильгасов П.А., и др.* СВЧ-радиометр МТВЗА-ГЯ спутника «Метеор-М» №1. // Труды Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы ракетно-космического приборостроения и информационных технологий», М.: Физматлит, 2009, С.99–107.
3. *Kleespies T.J., McMillin L.M.* The DMSP Special Sensor Microwave Imager/Sounder. // Technical Proceedings of Eleventh International ATOVS Study Conference. Budapest, September, 2000.
4. *L. Li, Peter W. Gaiser, Michael H. Bettenhausen, William Johnston.,* WindSat Radio-Frequency Interference Signature and Its Identification Over Land and Ocean // IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING, VOL. 44, NO. 3, MARCH 2006.
5. *Li Li, Eni G. Njoku, Eastwood Im, Paul S. Chang, Karen St.,* A Preliminary Survey of Radio-Frequency Interference Over the U.S. in Aqua AMSR-E Data // IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING, VOL. 42, No. 2, FEBRUARY 2004.
6. *Njoku E.G, Ashcroft P.,* Global Survey and Statistics of Radio-Frequency Interference in AMSR-E Land Observations // IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing, Vol. 43, No. 5, May 2005.
7. *Piepmeyer J. R.,* RFI Problems and Solutions in Spaceborne Microwave Radiometers // NASA's Goddard Space Flight Center Microwave Instrument and Technology Branch, Greenbelt, MD 20771 USA 2010.
8. RECOMMENDATION ITU-R RS.515-4 Frequency bands and bandwidths used for satellite passive sensing (1978-1990-1994-1997-2003).

Radio-Frequency Interference affecting the MTVZA-GY microwave radiometer data of spacecraft «Meteor-M»

A.M. Streltsov, O.V. Nikitin, I.A. Barsukov, I.V. Cherny, G.M. Chernyavsky

*Scientific-Technological Center 'Kosmonit', JSC 'Russian Space Systems
117997 Moscow, 84/32 Profsoyuznaya str.
E-mail: icherny@cpi.space.ru*

The following paper describes the radio-frequency interference (RFI) impact on the data of microwave-radiometer MTVZA-GY identified as from terrestrial telecommunication means, the radiation of which directly falls within the range of sight of the device, or from geostationary relay satellites, whose signals reflected from the ocean surface influence the measurement of brightness temperature.

Keywords: Earth remote sensing, meteorology, spacecraft «Meteor-M», radio-frequency interference (RFI), microwave radiometer MTVZA-GY, radiothermal radiation, brightness temperature.