

РАДИОАСТРОНОМИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ KRIM

А.Е. Вольвач, И.В. Якубовская

Крымская астрофизическая обсерватория РАН, Научный, Россия
volvach@bk.ru

THE KRIM RADIO ASTRONOMY COMPLEX OF SOLAR ACTIVITY

A.E. Volvach, I.E. Yakubovskaya

Crimean Astrophysical Observatory RAS, Nauchnyi, Russia
volvach@bk.ru

Аннотация. Радиоастрономический диагностический комплекс солнечной активности, созданный на базе радиотелескопа RT-22 и трех малых радиотелескопов RT-3, RT-2 и RT-M, объединенных в Службу Солнца KRIM, расположенную в координатах 33°59'30" E долготы и 44°23'52" N широты, проводит одновременные наблюдения в диапазоне длин волн от 8 мм до 1.2 м в режиме мониторинга и алертов и интегрирован во Всемирную службу солнечной активности. Служба KRIM зарегистрировала серию сильных вспышек на Солнце в сентябре 2017 г. Информация, полученная малыми радиотелескопами, хорошо коррелирует с данными других наземных и спутниковых обсерваторий. Вычислены коэффициенты корреляции и определены задержки между частотами см и м диапазонов длин волн. Динамические спектры всплеска X9.3 позволяют более подробно рассмотреть тонкую структуру всплеска.

Ключевые слова: Солнце, радиоастрономия, активность.

Abstract. Radio astronomy diagnostic complex of solar activity, created on the basis of the radio telescope RT-22 and three small radio telescopes RT-3, RT-2 and RT-M, combined into the KRIM Solar Service, located at coordinates 33°59'30" E longitude and 44°23'52" N latitude, conducts simultaneous observations in the range of wavelengths from 8 mm to 1.2 m in the monitoring mode and alerts and is integrated into the World Solar Service. KRIM registered a series of strong flares on the Sun in September 2017. Information obtained by small radio telescopes correlates well with data from other terrestrial and satellite observatories. The correlation coefficients are calculated and scatterplots are plotted for flares X9.3 and X2.2. The dynamic spectra of the X9.3 burst make it possible to examine in more detail the fine structure of the burst.

Keywords: Sun, radio astronomy, activity.

ВВЕДЕНИЕ

Солнце очень динамично и играет ключевую роль во всей солнечной системе. На поверхности Солнца постоянно существуют физические процессы, связанные с высвобождением энергии. Особенно много энергии выделяется во время солнечных вспышек, происходящих в области солнечных пятен. Возмущение, вызванное солнечной вспышкой, сопровождается радиоизлучением. Солнечное радиоизлучение исследуется в широком диапазоне, начиная с миллиметровых волн и заканчивая волнами длины 15–20 м. Радиоизлучение на разных длинах волн является показателем физических условий на разных высотах в солнечной короне. Поток радиоизлучения Солнца с изменениями активности изменяется в десятки и тысячи раз, поэтому его свойства являются очень чувствительным индикатором солнечных событий. Наблюдения за потоком радиоволн на нескольких длинах волн являются основой для диагностики вспышек. Используя эти данные можно сформировать модель всплеска, определить момент прихода корпускулярного потока на Землю и оценить ожидаемый масштаб геофизических возмущений.

АППАРАТУРА

Радиоастрономический диагностический комплекс солнечной активности, созданный на базе радиотелескопа RT-22 и трех малых радиотелескопов RT-3, RT-2 и RT-M, объединенных в Службу Солнца KRIM, расположенную в координатах 33°59'30" E

долготы и 44°23'52" N широты, проводит одновременные наблюдения в диапазоне длин волн от 8 мм до 1.2 м в режиме мониторинга и алертов (рис. 1). Он интегрирован во Всемирную Службу исследования солнечной активности, а ежедневно получаемые данные сохраняются в реальном времени в цифровом виде и выставляются на сайты мировой Службы Солнца, которая включает 14 наземных станций в кооперации с орбитальными обсерваториями [Юровский 2013; Вольвач, 2016].

Радиотелескопы RT-2 и RT-3 представляют собой паралактические поворотные устройства с электрическим приводом по часовому углу, на котором установлены параболические зеркала диаметром 2.5 м и 3 м с совмещенными облучателями на длинах волн 3 и 5 см (частоты 10 и 6 ГГц) и 10 см и 12 см (частоты 2.85 и 2.5 ГГц). Они помещены в радиопрозрачные купола диаметром 6 м для защиты от метеовоздействий, что значительно улучшает ка-



Рис. 1. Радиотелескопы Службы Солнца KRIM

чество и стабильность данных. Радиотелескоп RT-M оснащен антенной 4×4 м, установленной на параллактической установке с электроприводом по часовому углу. Для регистрации коронального излучения установлен радиоспектрограф e-Callisto, рабочие частоты которого варьируются от 275 до 327 МГц (длины волн от 0.9 до 1.09 м). Динамический спектрограф позволяет регистрировать зависимость интенсивности излучения от частоты и времени.

По запаздыванию метрового излучения относительно сантиметрового определяется момент прихода корпускулярного потока на Землю (рис. 2). Интенсивность всплесков позволяет оценить ожидаемый масштаб геофизических возмущений.

НАБЛЮДЕНИЕ ВСПЫШЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

Шестого сентября 2017 г., с 11:53 до 13:00 UT, радиотелескоп RT-M Службы Солнца KRIM зафиксировал два мощных радиовсплеска (рис. 3, 4).

По данным Центра прогнозирования космической погоды (SWPC) радиотелескопами обсерваторий Learmonth (Западная Австралия) и San-Vito (Италия), принадлежащих метеорологической службе ВВС США, 6 сентября 2017 г. зарегистрированы радиовсплески на частотах 245, 410, 2695, 4995, 8800 и 15400 МГц. Радиовсплески, полученные радиотелескопами службы Солнца KRIM, хорошо коррелируют с ними. Значение коэффициента корреляции Пирсона $R = 0.912581520917723$ показывает сильную положительную взаимосвязь между значениями плотности спектрального потока в SFU, измеренной на частоте 245 МГц в радиообсерватории San-Vito, и значениями плотности спектрального потока в SFU, измеренной на частоте 275 МГц Службы Солнца KRIM во время вспышки X-Ray класса X9.3 6 сентября 2017 г.

Первый всплеск имел временную задержку от более высоких до более низких частот сантиметрового диапазона длин волн около 10 с и между сантиметровым и метровым диапазонами длин волн — 23 с. Второй всплеск имел временную задержку — 26 с и 5.5 мин соответственно, и вызвал продолжительную получасовую шумовую бурю в метровом диапазоне.

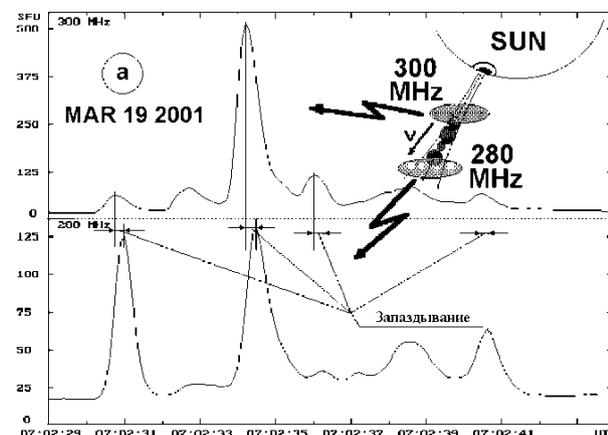


Рис. 2. Запаздывание излучения на разных частотах характеризует скорость движения вспышечного возмущения

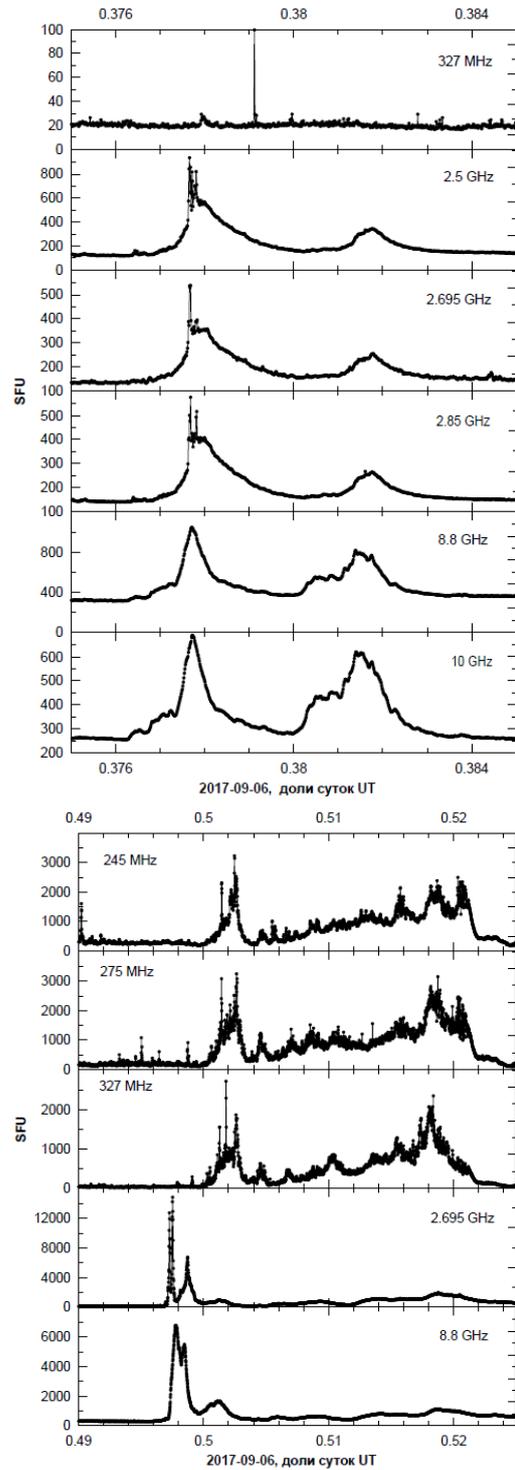


Рис. 3. Спектральные потоки радиоизлучения, зарегистрированные Службой Солнца KRIM

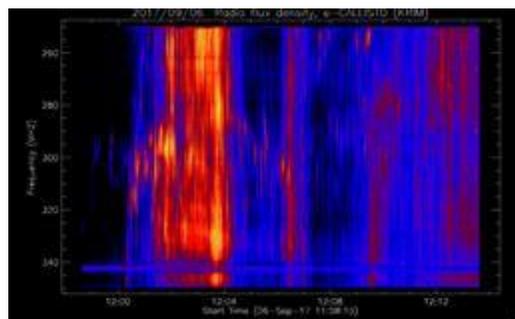


Рис. 4. Динамические спектры радиоизлучения вспышки X9.3, записанные RT-M

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Радиоастрономический диагностический комплекс солнечной активности, созданный на базе радиотелескопа РТ-22 и трех малых радиотелескопов РТ-3, РТ-2 и РТ-М, объединенных в Службу Солнца KRIM, расположенную в координатах 33°59'30" Е долготы и 44°23'52" N широты, проводит одновременные наблюдения в диапазоне длин волн от 8 мм до 1.2 м в режиме мониторинга и алертов. Он интегрирован во Всемирную службу исследования солнечной активности, а ежедневно получаемые данные сохраняются в реальном времени в цифровом виде и выставляются на сайты Мировой службы Солнца, которая включает 14 наземных станций в кооперации с орбитальными обсерваториями. Информация, полученная малыми радиотелескопами, хорошо коррелирует с данными других наземных и спутниковых обсерваторий. Вычислены коэффициенты кор-

реляции и определены задержки между частотами сантиметрового и метрового диапазонов длин волн. Динамические спектры всплеска X9.3 позволяют более подробно рассмотреть тонкую структуру всплеска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Вольвач А.Е., Юровский Ю.Ф. Мониторинг активности солнечной активности в радиодиапазоне станциями службы Солнца KRIM // Изв. Крымские астрофиз. обсерватории. 2016. Т. 112, № 2. С. 179–186.

Железняков В.В. Радиоизлучение Солнца и планет // Успехи физических наук, LXIV, 1958. Вып. 1. С. 113–154.

Мирошниченко Л.И. Физика Солнца и солнечно-земные связи / Под ред. Проф. М.И. Панасюка. М.: Университетская книга, 2011.

URL: <https://www.swpc.noaa.gov>.