

АНАЛИЗ ПОМЕХ, ВЛИЯЮЩИХ НА ДАННЫЕ СИБИРСКОГО РАДИОГЕЛИОГРАФА

В.С. Кобец, С.В. Лесовой

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
Veronikakobets@yandex.ru

ANALYSIS OF THE INTERFERENCE AFFECTING THE SIBERIAN RADIOHELIOGRAPH DATA

V.S. Kobets, S.V. Lesovoi

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Аннотация. В настоящее время запущена первая очередь многочастотного радиогелиографа, состоящая из 48-антенной Т-образной решетки и приемной системы, обеспечивающей апертурный синтез [Lesovoi et al., 2012, 2014]. Один из видов данных радиогелиографа — корреляционные кривые [badary.iszf.irk.ru/srhCorrPlot.php]. Корреляционные кривые получают путем суммирования комплексных ковариаций, вычисляемых для различных пар антенн. Поскольку ковариация сигналов от пары антенн соответствует определенной пространственной гармонике, то каждую точку корреляционной кривой можно рассматривать как интеграл по пространственному спектру наблюдаемого объекта. Пределы интегрирования определяются задачей. Для получения динамики только компактных объектов суммируются значения только высоких гармоник пространственного спектра. Для получения максимальной чувствительности суммируется весь спектр. Данные радиогелиографа подвержены ряду естественных и техногенных помех. В работе показано, как учитывать при обработке данных гелиографа фоновое излучение подстилающей поверхности, излучение геостационарных спутников и радаров самолетов.

Ключевые слова: радиотелескоп, корреляция, пространственный спектр, радиочастотные помехи.

Abstract. The Siberian Solar Radio Telescope [Grechnev et al., 2003] is now being upgraded. The upgrading is aimed at providing the aperture synthesis imaging in the frequency range 4–8 GHz [Lesovoi et al., 2012, 2014] instead of the single-frequency direct imaging due to the Earth rotation. One type of radioheliograph data represents correlation plots [badary.iszf.irk.ru/srhCorrPlot.php]. In evaluating the covariation of two-level signals, these plots are sums of complex correlations, obtained for different antenna pairs. Bearing in mind that correlation of signals from an antenna pair is related to a spatial frequency, we can say that each value of the plot is an integral over a spatial spectrum. Limits of the integration are defined by the task. The radio heliograph data is influenced by radio frequency interference. The paper shows how to take into account the background radiation of the underlying surface, the radiation of geostationary satellites and airborne radars during the processing of the heliograph data.

Keywords: radio telescope, correlation, spatial spectrum, RFI.

Введение

Информацию о динамике солнечной активности можно получать различными способами и в разных диапазонах длин волн. Один из таких способов — корреляционные кривые, характеризующиеся очень высокой чувствительностью. Такие данные Сибирского радиогелиографа получаются регулярно, на пяти частотах в диапазоне от 4 до 8 ГГц. В сочетании с изображениями, полученными на этих же частотах, дают уникальную информацию о процессах солнечной активности в микроволновом диапазоне.

Каждая точка корреляционной кривой является суммой коэффициентов корреляции полученных различными парами антенн. Радиогелиограф работает в широкой полосе частот, поэтому его данные, в том числе и корреляционные кривые, подвержены ряду техногенных и естественных помех (рис. 1).

Анализ помех на корреляционных кривых

Рисунок показывает, что помехи локализируются на высоких частотах (6.8 и 7.5 ГГц). Для анализа

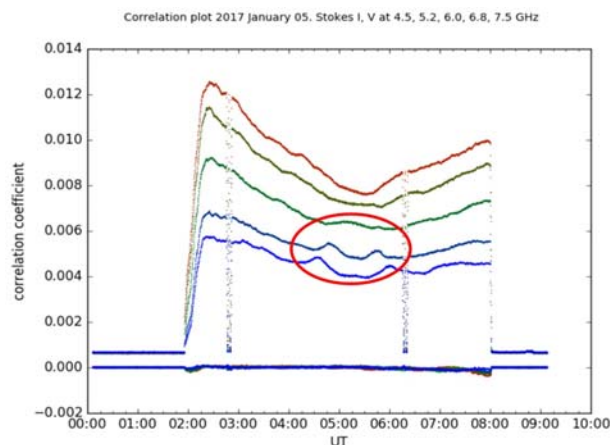


Рис. 1. Помехи на корреляционных данных Сибирского радиогелиографа

помех на данных Сибирского радиогелиографа в первую очередь построен график корреляционных кривых за год на частоте 7.5 ГГц (рис. 2).

По осям — дни года (ордината) и время дня (абсцисса). Наиболее яркие пятна — помехи от геостационарных спутников.

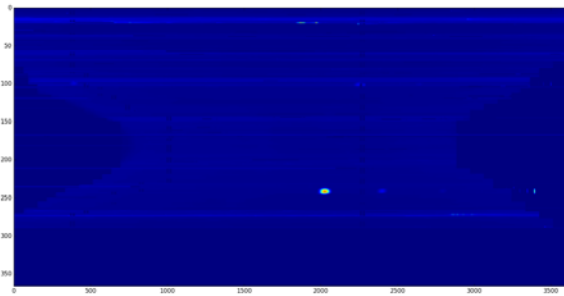


Рис. 2. Корреляционные кривые за год, начиная с лета 2016 г. по настоящее время

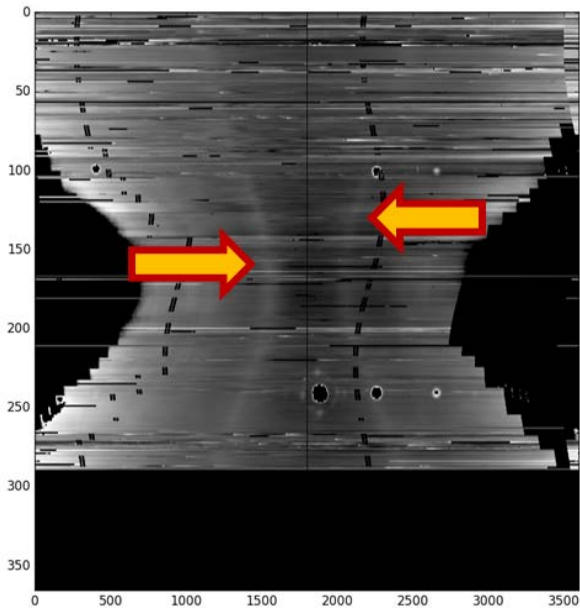


Рис. 3. Корреляционные кривые за год после усреднения и выравнивания относительно кульминации. Стрелки указывают на светлые полосы – помехи. Темная линия в центре – момент кульминации

После усреднения значений коэффициента корреляции и выравнивания на момент кульминации, на графике кривых за год появляются светлые симметричные полосы – радиочастотные помехи (рис. 3).

Одной из причин появления помех является затенение одной антенны другой при малых базах и низких углах места. При затенении не только искажается форма главного лепестка диаграммы направленности интерферометра [Томпсон, 2003], но и возможна дифракция микроволнового излучения на затеняющей апертуре. Это может быть объяснением светлых полос на усредненной за год картине корреляционных кривых. Темные области на рис. 4 показывают моменты затенений пар антенн (192, 191), (192, 64) и (192, 65). Хорошо видно, что очертания областей соответствуют положению светлых полос.

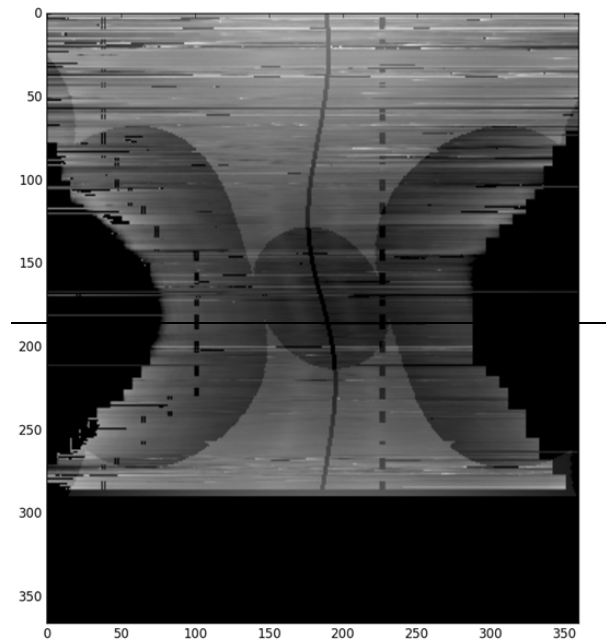


Рис. 4. Моменты затенения для пар антенн 192–191 (темная область в центре), 192–64 (темная область слева), 192–65 (темная область справа)

Заключение

Данные Сибирского радиогелиографа подвержены ряду радиочастотных помех. Благодаря высокой чувствительности корреляционных кривых, можно выявить зависимость помех от времени года (склонения) и времени дня (часового угла). Одной из причин такого рода помех является затенение при малых антенных базах, когда одна из антенн попадает в область геометрической тени соседней антенны.

Список литературы

- Томпсон А.Р., Моран Дж.М., Свенсон Дж.У. Интерферометрия и синтез в радиоастрономии. М.: Физматлит, 2003. 634 с.
- Grechnev V.V., Lesovoi S.V., Smolkov G.Ya., et al. The Siberian Solar Radio Telescope: The current state of the instrument, observations, and data // *Solar Phys.* 2003. V. 216, iss. 1. P. 239–272.
- Lesovoi S.V., Altyntsev A.T., Ivanov E.F., Gubin A.V. A 96-antenna radioheliograph // *Res. Astron. Astrophys.* 2014. V. 14, iss. 7. P. 864–868.
- Lesovoi S.V., Altyntsev A.T., Ivanov E.F., Gubin A.V. The Multifrequency Siberian Radioheliograph // *Solar Phys.* 2012. V. 280, iss. 2. P. 651–661.
- Lesovoi S.V., Kobets V.S. Correlation plots of the Siberian Radioheliograph 2017. URL: <https://arxiv.org/abs/1705.10043> (accessed May 30, 2017).
- URL: badary.iszf.irk.ru/srhCorrPlot.php (дата обращения 30 мая 2016 г.).