

*И.В. Кузьменко, В.В. Гречнев\*, А.М. Уралов\**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СОБЫТИЯ 13 ИЮЛЯ 2004 г., СВЯЗАННОГО С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ РАДИОВСПЛЕСКОМ**

### *ВВЕДЕНИЕ*

4. Здесь нельзя ограничиваться одним предположением о влиянии на появление погрешностей только процессов, происходящих в трансионосферном канале распространения сигналов от спутников. Следует также исследовать предположение о зависимости средней величины погрешности абсолютной скорости от геометрии расположения спутников. Когда разности азимутов спутников начинают уменьшаться, то суммарный вектор абсолютной скорости содержит максимальную погрешность модуля.

5. На долю ненулевых значений абсолютной скорости неподвижного приёмника приходится 14,17% от всех зарегистрированных значений в летних наблюдениях. Погрешность скорости, равная 0,1 узла, соответствует 0,0514 м/с. Погрешности такого уровня становятся уже весьма значимыми при швартовке крупнотоннажных судов, при мониторинге дрейфа судна на якорю и в ряде других задач безопасности мореплавания. Поэтому исследования погрешностей абсолютной скорости, измеряемой судовыми приёмниками СРНС Навстар GPS, крайне необходимо продолжать.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. *Misra P., P. Enge P.* Global Positioning System. Signals, Measurements and Performance. Ganga-Jamuna Press, Lincoln, Massachusetts, 2001. – 390 p.
2. *Девис К.* Радиоволны в ионосфере. – М.: Мир, 1973. – 502 с.

Явление уменьшения интегрального потока микроволнового излучения, называемое «отрицательным всплеском», известно достаточно давно. Такие события исследовались в работах Covington A. и Sawyer C. [3–5], однако в то время не было возможности использовать данные наблюдений в различных областях спектра, предоставляемые в настоящее время спутниковыми обсерваториями.

Общепринятое объяснение отрицательных всплесков – поглощение радиоизлучения в затеняющем веществе, имеющем достаточную оптическую толщину. Поэтому отрицательные радиовсплески предположительно связаны с эруптивными явлениями на солнечном диске и могут нести информацию о параметрах выброса.

Отрицательные всплески по своей максимальной интенсивности малы (среднее значение 4,5 СЕП [5]), а потому, например, всплески типа «послевсплесковое уменьшение» регистрируются после непродолжительных радиовсплесков с интенсивностью до 500 СЕП (1 СЕП =  $10^{-22}$  Вт/(м<sup>2</sup>×Гц)). Однако эти события достаточно редки (за период 2000–2005 гг. в УАФО наблюдалось только 7 отрицательных радиовсплесков), а потому изучены недостаточно.

Данная работа посвящена исследованию одного из таких событий, произошедшего на Солнце 13 июля 2004 г.

### *НАБЛЮДЕНИЯ И АНАЛИЗ*

Событие произошло в активной области NOAA 0646 с координатами N13 W46, класса β по магнитной классификации. На сним-

---

\* Институт солнечно-земной физики СО РАН, 664033 Иркутск, а/я 4026

ках с телескопа SOHO/EIT с большим полем зрения в канале  $304 \text{ \AA}$ , в котором доминирует излучение в линии HeII (диапазон температурной чувствительности  $20000\text{--}80000 \text{ K}$ ) наблюдалось крупномасштабное потемнение (рис. 1,а) на довольно высоких широтах в северо-западной части Солнца. По наблюдениям коронографа SOHO/LASCO C2 в белом свете в 01:31 UT в северо-западном направлении от Солнца движется яркое и медленно расширяющееся вещество, сопровождаемое скрученной структурой (рис. 1,б).

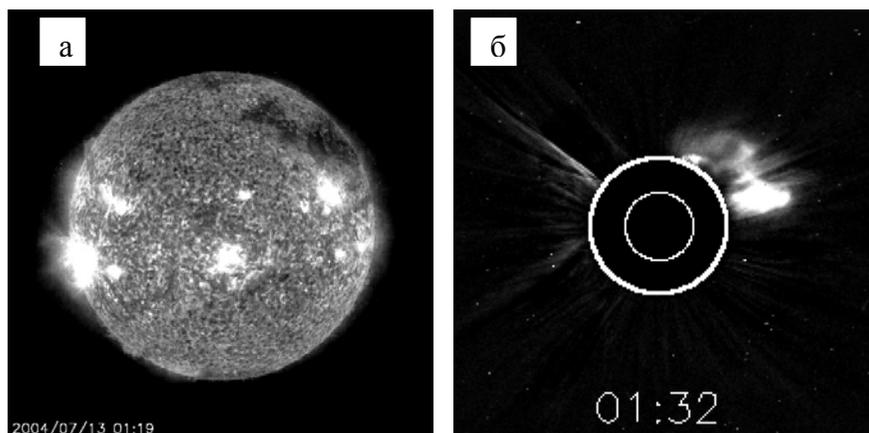


Рис. 1: а – изображение Солнца в канале  $304 \text{ \AA}$  (SOHO/EIT), б – по наблюдениям коронографа SOHO/LASCO C2

Развитие вспышки в линии  $H_{\alpha}$  можно видеть на изображениях, полученных в обсерватории Big Bear (рис. 2). На снимке в 00:31 UT вспышка уже находится в развитии и имеет классическую двухленточную форму; расхождение лент видно на следующем кадре в 00:55 UT. Кроме того, на рис. 2,б видна эрупция волокна, а на рис. 2,в присутствует ранее отсутствовавшее в этом месте тёмное волокно к северу от активной области, вытянутое в меридиональном направлении. Таким образом, наблюдения показывают, что данное событие сопровождалось эрупцией волокна и корональным выбросом массы.

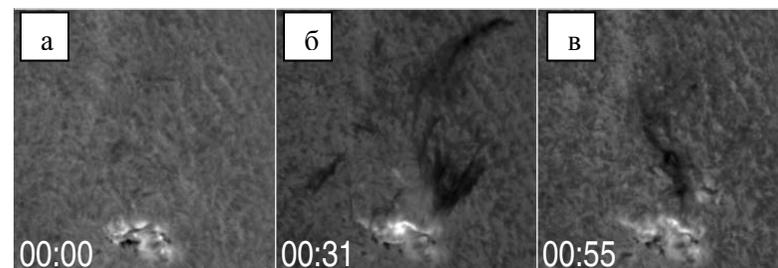


Рис. 2. Изображения вспышки и сёрджа в линии  $H_{\alpha}$  (обсерватория Биг Бэр)

В мягком рентгеновском излучении по данным GOES произошла вспышка, имеющая балл M 6,7. Мощные всплески наблюдались на всех частотах радиополяриметров Нобеяма. Максимум спектра близок к частоте 17 ГГц, где величина максимальной интенсивности 1211 СЕП в 00:15:27 UT, длительность всплеска – около 34 минут. В ряде обсерваторий (Culgoora, Learmonth, Hiraiso) зарегистрированы всплески III типа и мощный всплеск II типа.

После микроволнового всплеска в 00:35 UT начинается уменьшение интенсивности радиоизлучения. Временные профили, построенные на ряде частот по данным УАФО и многочастотным записям радиополяриметров обсерватории Нобеяма, показывают наличие депрессии в диапазоне  $1\text{--}3,75 \text{ ГГц}$  после всплеска, в интервале 00:30–01:50 UT (рис. 3). На частоте 9,4 ГГц депрессии не наблюдается.

В радиодиапазоне возможно только столкновительное поглощение. Следовательно, причиной явления может быть поглощение излучения части спокойного Солнца, покрытой холодным веществом выброшенного волокна, а его кинетическая температура не превышает яркостной температуры «спокойного Солнца» на частоте 3,75 ГГц, т.е. 23000 К. Поскольку величина радиопоглощения зависит от частоты наблюдений, температуры и концентрации поглотителя, исследуемое явление даёт возможность оценки параметров выброса.

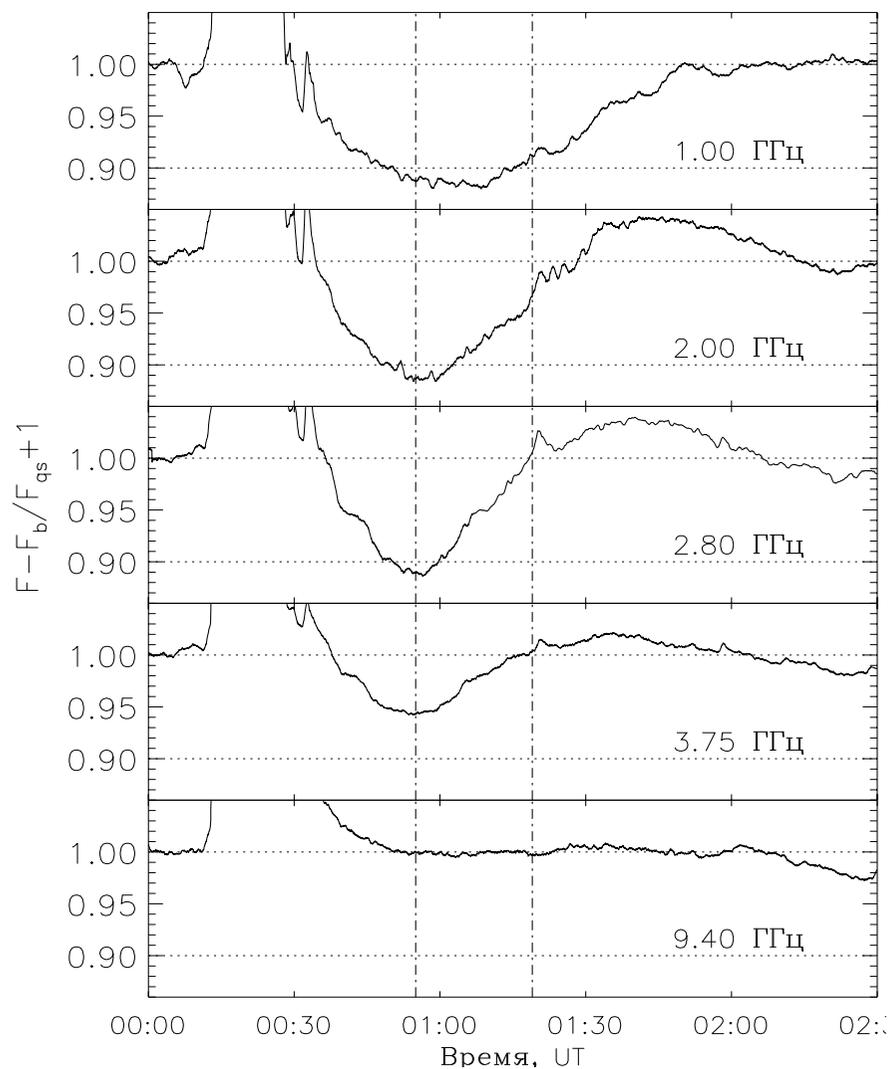


Рис.3. Записи интегрального радиопотока на разных частотах с радиополяриметров обсерватории Нобейма и РТ-2 УАФО, показывающие поглощение в интервале 00:30–01:50 UT. Вертикальными линиями отмечены моменты времени максимального поглощения (00:50 UT) и наблюдения EIT в канале 304 Å (01:19 UT)

### МЕТОД РАСЧЕТОВ ПАРАМЕТРОВ ПОГЛОЩАЮЩЕГО ЭКРАНА

Мы считаем, что выброшенное вещество волокна поглощает как часть излучения спокойного Солнца, так и излучение от радиоисточника над активной областью.

Поскольку в общем случае поток излучения равен [1]

$$F = \frac{2kT}{\lambda^2} d\Omega,$$

т.е. линейно зависит и от яркостной температуры, и от площади излучающей поверхности, относительное уменьшение интегрального потока излучения Солнца равно

$$\frac{F}{F_0} = \frac{F}{F_{QS} + F_{AR}} = \frac{T_{QS}^B (A - A_S) + T_S^B A_S}{T_{QS}^B A + T_{AR}^B A_S}.$$

Здесь  $F_{QS}$  и  $F_{AR}$  – значения радиопотоков от спокойного Солнца и от радиоисточника,  $T_{QS}^B$ ,  $T_S^B$  и  $T_{AR}^B$  – яркостные температуры спокойного Солнца, затеняющего экрана и радиоисточника,  $A$  и  $A_S$  – площади солнечного диска и экрана. Яркостную температуру экрана можно представить как функцию от его кинетической температуры  $T_S$ , высоты  $Z$  экрана над уровнем хромосферы и оптической толщины  $\tau_S(\nu_i)$  на какой-либо частоте  $\nu_i$ :

$$T_S^B = (T_{chr} + T_{AR}^B) e^{-(\tau_c + \tau_S)} + T_c e^{-(\tau_2 + \tau_S)} (1 - e^{-(\tau_c - \tau_2)}) + T_S e^{-\tau_2} (1 - e^{-\tau_S}) + T_c (1 - e^{-\tau_2}),$$

где  $\tau_2 = \tau_c e^{-2z/H}$ ,

а  $\tau_c$  вычисляется из формулы  $T_{QS}^B \approx T_{Chr} + T_C \tau_c$ .

Для имеющегося ряда частот значения яркостной температуры  $T_{QS}^B$  спокойного Солнца и радиорайонусов получены полиномиальной интерполяцией 4-й степени значений, взятых из работы В.Н. Боровик [2].

Задавая значения площади экрана  $A_S$ , его кинетической температуры  $T_S$ , оптической толщины  $\tau_S(\nu_i)$  и высоты  $Z$ , а также значение потока от радиисточника (из которого пересчитывается его яркостная температура  $T_{AR}^B$ ), можно подобрать эти параметры таким образом, чтобы получить измеренные значения поглощения на имеющихся радиочастотах.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

Результаты применения модели (сплошная линия) вместе с измеренными значениями поглощения (звёздочки) приведены на *рис. 4*. По многочастотным записям интегрального радиопотока для двух моментов времени (в максимуме поглощения и для момента наблюдения в линии 304 Å) оценены температура, оптическая глубина выброшенного вещества, его высота над уровнем хромосферы и площадь по отношению к площади солнечного диска. Полученные величины приведены в таблице. Оценки площади затеняющего вещества в радиодиапазоне согласуются с площадью наблюдавшегося в линии 304 Å крупномасштабного потемнения (~ 7% от площади солнечного диска).

Таблица

Время, UT	$A_{\text{экр.}}/A$	$T_{\text{вол.}} \text{ К}$	$\tau_{\text{вол.}} \text{ ГГц}$	$H, \text{ км}$
00:55	0,126	14000	0,08	$30 \times 10^3$
01:19	0,069	6000	0,008	$100 \times 10^3$

Таким образом, отрицательный радиовсплеск был обусловлен поглощением излучения спокойного Солнца и источника радиоизлучения (или его части) с потоком 5 СЕП в выброшенном веществе волокна с температурой 14000 К и массой  $(1,7-5,4) \times 10^{15}$  г, покрывшем до 13% площади солнечного диска.

В целом, данное исследование показывает, что анализ отрицательных радиовсплесков в диапазоне 1–10 ГГц представляет эффективный метод исследования эруптивных явлений на солнечном диске.

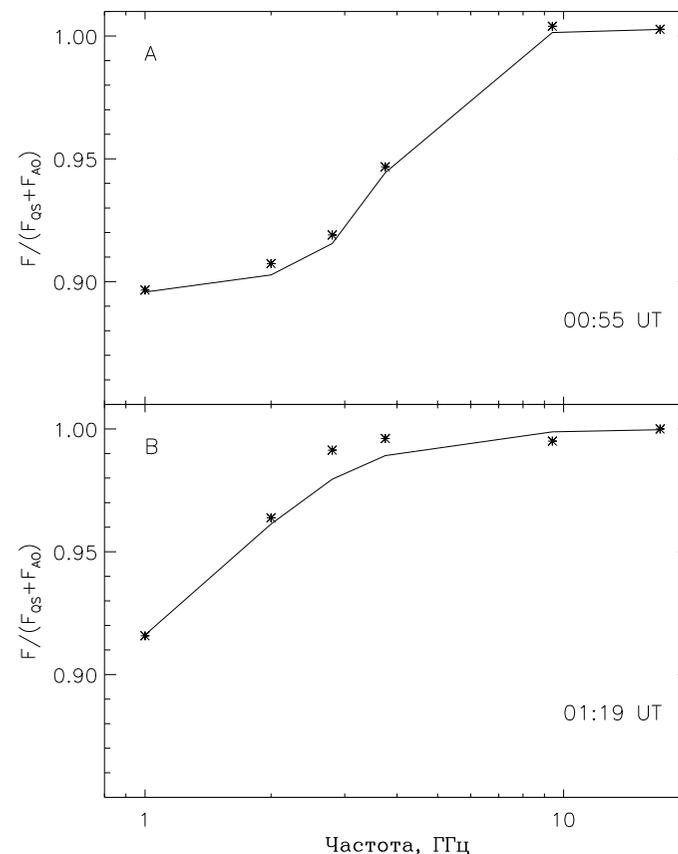


Рис. 4. Наблюдаемое радиопоглощение (звёздочки) и модель (линия) в моменты наибольшего поглощения (А) и наблюдения SOHO/EIT в канале 304 Å (В)

Работа выполнена при финансовой поддержке интеграционного проекта СО РАН – ДВО РАН № 183.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Крюгер А. Солнечная радиоастрономия и радиофизика. М.: Мир; с.36
2. Borovik V.N. Lectures Notes in Physics. 1994, V.432. P.185-190

3. *Covington A.E.* Series of unusual microwave absorption, April 30, May 1, 2 and 3, 1974 // *Solar-Geophys. Data.* 1974, V.358. Part.I. P.20-22
4. *Sawyer C.* The solar microwave «negative burst» associated with the dark fan of 21 May 1967 // *R.A.S.C.Jour.* 1976, V.70. No.3. P.127–134
5. *Sawyer C.* Are «negative burst» due to absorption? // *Solar Phys.* 1977, V.51, P.203–215

*Г.И.Кушталъ\*, В.И.Скоморовский\*, Г.Н.Домышев\*,  
В.П.Садохин\*, И.А.Опсиков\**

## **ИНТЕРФЕРЕНЦИОННО-ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЙ ФИЛЬТР (ИПФ) ТИПА ШОЛЬЦА С УВЕЛИЧЕННЫМ УГЛОВЫМ ПОЛЕМ ЗРЕНИЯ**

### *ВВЕДЕНИЕ*

В ИСЗФ накоплен опыт разработки и эксплуатации ИПФ типа Лио [10] с экстремальными характеристиками. Изготовлен сверхузкополосный фильтр на две линии – Ва II 4554Å, Нβ [1] – с полушириной полос 0,08, 0,09Å. Наблюдения [5] с этим фильтром проводились на Большом внезатменном коронографе (БВК) Саянской солнечной обсерватории, затем – на Шведском вакуумном телескопе на Ла Палме, где были получены прекрасные фильтрограммы активных областей [13]. Сейчас фильтр подготавливается к установке на Голландском открытом телескопе. Также разработан и изготовлен ИПФ на линии He I 10830Å и Hα с полосами пропускания 0,46 Å и 0,3 Å [8]. Фильтр установлен на БВК для получения фильтрограмм одновременно со спектральными наблюдениями. ИПФ типа Лио – прекрасные инструменты для достижения высокого пространственного и спектрального разрешения. Для получения узкой полосы пропускания высокого контраста используется большое количество кристаллических элементов разного качества, но несмотря на это, фильтры практически не искажают волновой фронт [8, 9]. Однако с узкополосными ИПФ возникает проблема светового «голода». Увеличение экспозиции приводит к ухудшению качества изображения. Поэтому, с одной стороны, необходимо использовать более чувствительные приемники, а с другой – принимать меры по увеличению количества проходящего через фильтр света: увеличивать угловое

---

\* Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск 664033, а/я 291