

**ЯРКОСТНЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ЭЛЕКТРОННЫЕ
КОНЦЕНТРАЦИИ САНТИМЕТРОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
ОТДЕЛЬНЫХ ОБЛАСТЕЙ НА СОЛНЦЕ ПО ДАННЫМ
НАБЛЮДЕНИЙ МАКСИМАЛЬНОЙ ФАЗЫ
СОЛНЕЧНОГО ЗАТМЕНИЯ 29.03.2006 г.**

Голубчина О.А.

Санкт-Петербургский Филиал САО РАН, Санкт-Петербург, Россия

**BRIGHTNESS TEMPERATURES AND ELECTRON
CONCENTRATIONS OF CENTIMETER RADIATION
OF INDIVIDUAL REGIONS ON THE SUN ACCORDING
TO OBSERVATIONS OF THE MAXIMUM PHASE
OF THE SOLAR ECLIPSE ON 03/29/2006**

Golubchina O.A.

SPbF SAO RAS, Saint Petersburg, Russia

<https://doi.org/10.31725/0552-5829-2023-59-62>

The observation of the solar eclipse of 29.03.2006 was carried out in the centimeter wavelength range on the RATAN-600 radio telescope. When processing the observations, modeling of the Sun's radio emission was used. The paper presents the obtained results of the brightness temperature, the distribution of the electron concentration of the centimeter radio emission of the Sun in the open part of the polar coronal region of the Sun during the observation of the maximum phase of the solar eclipse, the results of the observation of the open crescent of the western limb of the Sun, the high-latitude prominence of the polar region of the Sun and the possible lower limit of the formation of the solar wind during this observation period.

Наблюдения максимальной фазы ($\Phi = 0.998$) солнечного затмения выполнены на северо-восточном секторе РАТАН-600, на облучателе № 1 в режиме «эстафеты» [1] в сантиметровом диапазоне длин волн (1.03, 1.38, 2.7, 6.2, 13, 30.7) см. Центр диаграммы направленности антенны был смещен по высоте относительно центра оптического диска Солнца на + 15 угл. мин. к северному полюсу Солнца [2]. Открытым оставался узкий серп западного лимба Солнца, что составляло 0.2% от площади оптического диска Солнца. Для определения яркостных температур радиоизлучения северной полярной корональной области Солнца в сантиметровом диапазоне длин волн (1.03, 1.38, 2.7, 6.2, 13, 30.7) см в период максимальной фазы солнечного затмения 29.03.2006 г. (РАТАН-600) на расстояниях от 1 R_s до 2 R_s от центра оптического диска Солнца создавались полуэмпирические модели Солнца (Луны). Яркостные температуры модельных колец Солнца (Луны) задавались либо согласно литературным данным [3, 4], либо подгоняя их методом проб и ошибок, либо используя расчётный метод для за-

данных длин волн наблюдения [5]. Рисунок 1 демонстрирует резкое падение яркостных температур радиоизлучения северной полярной области Солнца на волнах (13 и 30.7 см) при прохождении Солнца и Луны через диаграмму направленности радиотелескопа РАТАН-600. Резкое падение яркостных температур на $\lambda = 13$ и 30.7 см связано с присутствием и влиянием северной полярной корональной дыры.

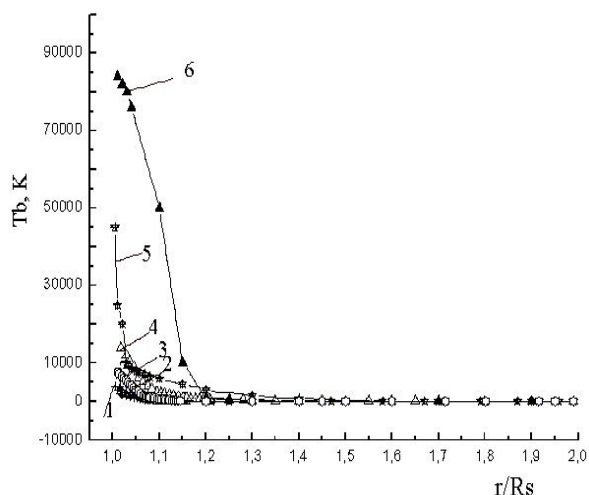


Рис. 1. Распределение яркостных температур радиоизлучения северной полярной области Солнца.

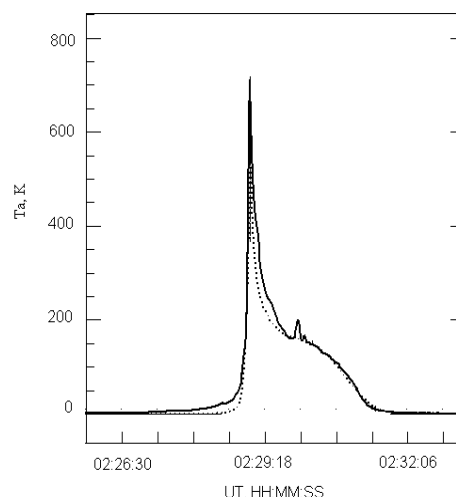


Рис. 2. Распределения антенной температуры модели (точки) и реальная запись радиоизлучения Солнца.

Уравнение антенного сглаживания связывает измеренную температуру антенны $T_a(\varphi)$ наблюдаемого источника с его яркостной температурой $T_b(\varphi)$. Антенные температуры вычислялись с использованием уравнений антенного сглаживания вертикальной и горизонтальной ДНА и с учётом переоблучения антенны при наблюдении методом «эстафеты» [2, 5]. Степень совпадения моделированного распределения антенной температуры (точки) с реальной записью радиоизлучения Солнца (рис. 2) во время наблюдения максимальной фазы солнечного затмения является оценкой качества модели. Максимальная яркостная температура (T_b) радиоизлучения западной открытой части Солнца на момент максимальной фазы ($\Phi = 0.998$) солнечного затмения 29.03.2006 г. (РАТАН-600) на сантиметровых длинах волн наблюдений приведена в таблице. Здесь: λ – длина волны наблюдения, r/R_s – расстояние максимума сигнала открытой части западного лимба Солнца от центра оптического диска Солнца в радиусах Солнца, T_b – максимальная яркостная температура радиоизлучения открытой части западного лимба Солнца. S – усреднённые значения яркостных температур спокойного Солнца, полученные на близких сантиметровых длинах волн по более ранним наблюдениям на радиотелескопах БПР и РАТАН-600 [6]. Усреднённые величины яркостных температур (T_b) для спокойного Солнца, полученные ранее на БПР и РАТАН-600 в штатном

режиме наблюдений (S), близки к результатам Tb измерений открытой части западного лимба Солнца, полученных из наблюдений радиоизлучения Солнца на близких длинах волн (1: λ , см) во время максимальной фазы солнечного затмения 29.03.2006 г.

Таблица.

(1): λ , см	6.2	13.0	30.7	(S): λ , см	6.0	15	31.6
Tb x 10^4 , K	2.0	4.5	8.4	Tb x 10^4 , K	2.47	6.3	17.4
r/Rs	1.005	1.005	1.01				

Характеристики сантиметрового радиоизлучения высокоширотного протуберанца определены по данным наблюдений солнечного затмения на $\lambda = 1.03, 1.38, 2.7$ см. Радиоизлучение открытой части Солнца определялось вычитанием радиоизлучения Луны (28.03.2006) из суммарного радиоизлучения Солнца и Луны во время максимальной фазы затмения. На рисунке 3 приведены спектры потоков (F, Jy) радиоизлучения протуберанца по данным наблюдений на Южном (•) и Северо-восточном (o) секторах РАТАН-600 [7]. Вид спектра указывает на тепловой механизм излучения. Малая величина потока на $\lambda = 1.03$ см (рис. 3), вероятно, обусловлена выносом волновода из фокуса антенны.

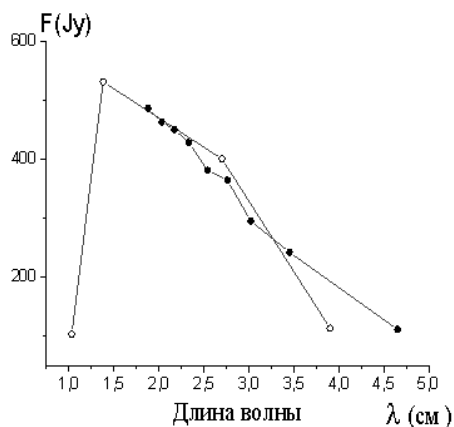


Рис. 3. Спектры потоков (F, Jy) радиоизлучения протуберанца по данным наблюдений на Южном (•) и Северо-восточном (o) секторах РАТАН-600 [7].

С учётом вертикальной ДНА, были получены потоки радиоизлучения Луны для наблюдений на радиоволнах: (1.03, 1.38, 2.7) см и зависимость площади под кривой записи радиоизлучения Луны от принимаемого потока. Используя эту зависимость для протуберанца, по формуле (1) были определены потоки (рис. 3) радиоизлучения от протуберанца:

$$F_p = (S_p \times F_m) / S_m, \quad (1)$$

F_p – поток радиоизлучения протуберанца, S_p – площадь под кривой записи радиоизлучения протуберанца, F_m – поток радиоизлучения Луны, S_m – площадь под кривой радиоизлучения Луны.

Распределение Ne от ближайших точек к лимбу Солнца до $2 R_s$ (рис. 5) по данным измерений на волнах 1.03 см и 1.38 см близко к распределениям, полученным в белом свете в эпоху минимума солнечной активности [8]. Солнечный ветер – это электромагнитные волны и корпускулярные частицы – потоки высокоэнергичных заряженных частиц, распростра-

няющихся от Солнца. Основными источниками солнечного ветра являются корональные дыры (КД) и корональные выбросы массы. Минимальная яркостная температура ($T_b = 00$, K) радиоизлучения Солнца на всех радиоволнах наших наблюдений открытой части северной полярной области Солнца зарегистрирована на расстоянии $\sim 1.2 R_s$ (7.6452×10^5 км) от центра оптического диска Солнца (рис. 1). В рассматриваемый период максимальной фазы солнечного затмения солнечный ветер может быть обусловлен распространением высокоэнергичных частиц открытой части Солнца. Нижняя граница области формирования солнечного ветра на интервале времени наблюдения максимальной фазы солнечного затмения 29.03.2006 г. на радиотелескопе РАТАН-600 в сантиметровом диапазоне длин волн может быть только вблизи солнечного диска на расстояниях $< 1.2 R_s$.

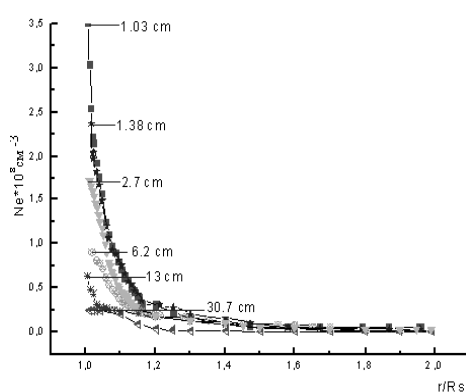


Рис. 4. Распределение электронной концентрации радиоизлучения Солнца (N_e) по измерениям на волнах (1.03, 1.38, 2.7, 6.2, 13.0, 30.7 см).

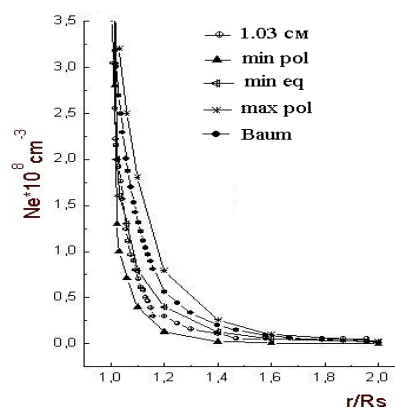


Рис. 5. Распределение электронной концентрации N_e радиоизлучения Солнца на волне 1.03 см и распределение электронной концентрации N_e в атмосфере Солнца с расстоянием от 1 R_s до 2 R_s Солнца от центра оптического диска Солнца. min pol, min eq – данные наблюдений полных солнечных затмений в белом свете для полюса и экватора Солнца в период минимальной солнечной активности, max pol – данные для полюса в период максимума солнечной активности [3,4]; Baum – значения, вычисленные с использованием формулы Баумбаха-Аллена) [8].

Литература

1. Голубчина О.А., Г.С. Голубчин // *Астрофизические исследования* (Известия САО), 1981, **14**, 125.
2. Голубчина О.А., А.Н. Коржавин, С.Х. Тохчукова // *Astrophys. Bull.*, 2011, **66**, 524.
3. Железняков В.В. Радиоизлучение Солнца и планет. – М: Наука, 1964.
4. Соболев В.В. Курс теоретической астрофизики. – М: Наука, 1967.
5. Голубчина О.А., А.Н. Коржавин // *Astrophys. Bull.*, 2013, **68**, 232.
6. Borovik V.N., Kurbanov, M.A. Livshits, and B.I. Ryabov // *Sov. Astron.*, 1990, **34**.
7. Голубчина О.А., В.М. Богод, А.Н. Коржавин и др. // *Astrophys. Bull.*, 2008, **63**, 36.
8. Golubchina O.A., A.N. Korzhavin // *Geomagnetism and Aeronomy*, 2014, Vol. 54, No.8, pp. 039.