**ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАДИО НАБЛЮДЕНИЙ
СОЛНЕЧНОГО ЗАТМЕНИЯ 10.06.2021 г.
В ОБСЕРВАТОРИЯХ «СВЕТЛОЕ» И «БАДАРЫ»**

**Иванов Д.В.¹, Ипатов А.В.¹, Рахимов И.А.¹, Андреева Т.С.¹,
Ильин Г.Н.¹, Олифинов В.Г.¹, Топчило Н.А.², Петерова Н.Г.³**

¹*Институт прикладной астрономии РАН, Санкт-Петербург, Россия*

²*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия*

³*Санкт-Петербургский филиал САО РАН, Санкт-Петербург, Россия*

**FIRST RADIO OBSERVATIONS RESULTS
OF SOLAR ECLIPSE 10.06.2021
IN «SVETLOE» AND «BADARY» OBSERVATORIES**

**Ivanov D.V.¹, Ipatov A.V.¹, Rakhimov I.A.¹, Andreeva T.S.¹,
Ilin G.N.¹, Olifirov V.G.¹, Topchilo N.A.², Peterova N.G.³**

¹*IAA RAS, St. Petersburg, Russia*

²*St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia*

³*St. Petersburg Branch of SAO RAS, St. Petersburg, Russia*

The first part of our new results received during the latest solar eclipse observations (June 10, 2021) is introduced. We used the best method for such observations which based on the use of quite large full-steering radio telescopes RT-13, RT-32 (resolution 2.7–34'). These instruments belong to IAA and situated in the observatories «Svetloe» (Near St. Petersburg) and «Badary» (Buryatiya). It is eight case of such observations. Original curves and results of first processing are given. A correlation was made between structure of eclipse curves at microwaves and the Sun observations in other ranges (UV and X-ray).

DOI: 10.31725/0552-5829-2021-143-146

Наблюдения солнечных затмений на радиотелескопах ИПА РАН начались с затмения 11.08.1999 г. [1] и продолжают до сих пор всякий раз, когда полоса затмения проходит через радиоастрономические обсерватории (РАО) ИПА РАН [2–3]. Затмение 10.06.2021 г. – восьмой по счёту случай. Затмение было частным и в его наблюдении смогли принять участие две (из четырёх) РАО – «Светлое» (фаза $\approx 27\%$) и «Бадары» (фаза $\approx 43\%$). Параметры использованных инструментов приведены в таблице.

Методика наблюдений состояла в слежении радиотелескопом за избранным местом на диске Солнца во время его покрытия/открытия диском Луны. В программу наблюдений были включены 4 объекта – участок слабой активной области (AR), слабого флоккулярного поля (FL) и точки I и IV контактов (см. рис. 1).

В результате наблюдений на радиотелескопах РТ-13 и РТ-32 получены 22 независимые затменные кривые (на волнах – 0.89, 1.05, 3.5, 6.2 и 12–13 см в правой (R)- и левой (L)- поляризациях (см. рис. 2).

Таблица. Параметры приемной аппаратуры и антенн радиотелескопов.

	РАО «Светлое»			РАО «Бадары»		
Телескоп	Диапазон частот, ГГц	Длина волны, см	Ширина ДН, угл. мин.	Диапазон частот, ГГц	Длина волны, см	Ширина ДН, угл. мин.
РТ-32	S: 2.15-2.5	13	14.6	C: 4.6-5.1	6.2	6.6
	X: 8.18-9.08	3.5	3.94			
РТ-13	S: 2.2-2.4	13	34	S: 2.2-2.4	13	34
	X: 8.0-8.5	3.6	9	X: 8.0-8.5	3.6	9
	Ka (Ka2): 28-28.5	1.06	2.7	Ka (Ka2): 28-28.5	1.06	2.7
	Ka (Ka3): 33.5-34.0	0.89	2.3	Ka (Ka3): 33.5-34.0	0.89	2.3

Рис. 1. Положение и размеры (ширина по уровню 0.5) диаграмм направленности радиотелескопов при наблюдении затмения 10.06.2021 г. в РАО «Светлое» (слева) и «Бадары» (справа).

Рис. 2. Оригинальные затменные кривые, полученные во время наблюдения солнечного затмения в РАО «Светлое» (верхний ряд) и «Бадары» (нижний ряд). Справа внизу изображение Солнца в линии 131 Å (SDO/AIA) в день затмения 10.06.2021 г.

Для получения количественных характеристик источников излучения применялась методика обработки, одним из элементов которой было вы-

числение производной с целью получения распределения яркости и ее осреднение с помощью аппаратной функции (гауссиана). Меняя размер этой функции, можно выбрать оптимальную – она определяет эффективное разрешение, достигнутое в затменных наблюдениях. По существу, наблюдения затмений эквивалентны наблюдениям с высоким угловым разрешением только по одной координате (одномерные). Для периода наблюдений открытия FL-участка диска Солнца, показанного ниже на рис. 4, оптимальной оказалась его величина $\sim 8''$.

В день затмения 10.06.2021 г. активность Солнца была достаточно низкой, что и определило задачи исследований. В качестве первых результатов обработки приведены новые сведения о величине радиорadiusа Солнца (см. рис. 3) и радиогрануляции (см. рис. 4).

Рис. 3. Слева: превышение радиорadiusа над радиусом оптического диска Солнца по наблюдениям солнечных затмений 21.06.2020 г. и 10.06.2021 г., выполненных на радиотелескопах ИПА РАН. Справа: сравнение результатов модельных расчетов радиорadiusа (две пунктирные кривые) с компиляцией результатов наблюдений.

Рис. 4. Слева: положение и размеры диаграммы направленности радиотелескопа РТ-32 на волне 3.5 см в период открытия слабой флоккулярной площадки, наложенные на изображение Солнца в линии 304 Å. Справа внизу: результат обработки затменных кривых (dT_a/dt) на волнах 3.5 см и 13 см, полученных при открытии флоккулярной площадки (участок между двумя положениям лимба Луны на рисунке слева). Справаверху: пример радиогрануляции по наблюдениям на радиотелескопе РАТАН-600 [4].

Наблюдения солнечного затмения 10.06.2021 г. в очередной раз подтверждают, что исследование микроволнового излучения Солнца «затменным» методом не утратило своего значения и в наши дни. Преимущества его развития с использованием радиотелескопов ИПА РАН очевидны – РАО «Светлое», «Зеленчукская», «Бадары» и «Уссурийск» расположены так «удачно», что, несмотря на эпизодичность солнечных затмений, их полоса проходит через них достаточно часто (8 случаев за период 1999–2021 гг.). Затменные наблюдения по своей природе обладают одномерным угловым разрешением, однако благодаря возможности наблюдения затмения из географически удаленных пунктов, используя однотипную аппаратуру, удастся получить и представление о двумерном изображении источников, расположенных над активными областями на диске Солнца. Несомненным достоинством затменных наблюдений является и то обстоятельство, что угловое разрешение не зависит от частоты и остается высоким и в длинноволновом диапазоне, что позволяет протестировать атмосферу Солнца до больших расстояний по высоте от уровня фотосферы. Одним из наиболее значимых результатов наблюдений солнечного затмения 10.06.2021 г. следует считать обнаружение значительного уменьшения яркости солнечной короны в последние годы. Оно было замечено еще Ю.Ф. Юровским [5]. Согласно наблюдениям на радиотелескопах ИПА РАН этот процесс ускоряется. Меняется яркость активной короны, однако говорить о фундаментальных изменениях преждевременно – радиопоток спокойного Солнца, наблюдаемый в минимумах циклов (начиная с 19-го до 25-го), согласно данным обсерватории Nobeyama [6] остается неизменным в широком диапазоне частот (1–9.4 ГГц).

Участие Петеровой Н.Г. в работе выполнено в рамках государственного задания САО РАН, утвержденного Министерством науки и высшего образования Российской Федерации.

Литература

1. *Ахмедов Ш.Б., Ипатов И.А., Ипатов А.В. и др.* Наблюдения солнечного затмения 11 августа 1999 г. на радиоастрономической обсерватории «Светлое» // Труды ИПА РАН. 2000. Вып. 5. с. 5–14.
2. *Финкельштейн А.М., Топчило Н.А., Петерова Н.Г. и др.* Предварительные результаты наблюдений солнечного затмения 29.03.2006 г. на радиотелескопах РТ-32 (Светлое), РТ-32 (Зеленчукская), РТ-2,5 (Петергоф) и БПР (Пулково) // Труды ИПА. 2006. Вып. 14. с. 33-42.
3. *Финкельштейн А.М., Рахимов И.А., Дьяков А.А. и др.* Наблюдения солнечного затмения 04.01.2011 г. на двух радиотелескопах РТ-32 (Светлое и Зеленчукская): первые результаты // Труды ИПА РАН. 2012. Вып. 25. с. 154-159.
4. *Богод В.М., Корольков Д.В.* Обнаружение хромосферной сетки в сантиметровом диапазоне волн // Письма в АЖ. 1975. Т.1. Вып.10, с.25-27.
5. *Юровский Ю.Ф.* Наблюдения в Крыму солнечного затмения 1 августа 2008 г. на волнах 10.5 и 12 см в эпоху минимума солнечной активности // Изв. КрАО. 2009. Т. 105. №1. с.57-65.
6. https://solar.nro.nao.ac.jp/norp/html/solar_cycle.html