СОЛНЕЧНОЕ ЗАТМЕНИЕ 21.06.2020 г. ПО НАБЛЮДЕНИЯМ НА РАДИОТЕЛЕСКОПАХ ИПА РАН (ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ)

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

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*

SOLAR ECLIPSE OF 21.06.2020 ACCORDING TO OBSERVATIONS ON RADIO TELESCOPES OF IPA RAS (FIRST RESULTS)

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

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 21, 2020) 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 and RT-2 (resolution 1–4)'. These instruments belong to IPA and situated in the observatories "Zelenchukskaya" (North Caucasus), "Badaryi" (Buryatiya) and "Ussurisk" (far East region). It is seven's 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: 10.31725/0552-5829-2020-261-264

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 обсерватории, принадлежащие ИПА РАН [2–3]. Затмение 21.06.2020 г. – это седьмой случай, оно было частным (фаза $\sim 0,17$ – $0,24$) и в его наблюдении смогли принять участие три (из четырех) обсерватории – «Зеленчукская», «Бадары» и «Уссурийск». Наблюдения Солнца на радиотелескопах РТ-13 и РТ-32 выполнялись на волнах 3.5 см, 6.2 см и 13 см с анализом круговой поляризации, на РТ-2 на волне 10.7 см в интенсивности. 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 «спокойного» Солнца (QS), точки I и IV контактов и южная корональная дыра (CH) (см. рис. 1).

В результате наблюдений на радиотелескопах РТ-13 и РТ-32 на всех волнах получены затменные кривые – всего 22 независимых кривых (на волнах 0.89, 1.05, 3.5, 6.2 и 12–13 см в R- и L-поляризациях), исходный вид которых частично (в одной поляризации) показан на рис. 2. Здесь же приведена затменная кривая по наблюдениям на радиотелескопе РТ-2 в Уссурийске (10.7 см, интенсивность).

Рис. 1. Солнце в линии 193Å (SDO/AIA) на день затмения 21.06.2020 г. Отмечены участки, куда наводились антенны, и показаны размеры диаграммы (по уровню 0.5) направленности радиотелескопов РТ-13 на волне 1 см и РТ-32 на волне 3.5 см (в виде окружностей диаметром 2.7' и 3.94' соответственно). Положение лимба Луны приведено для момента контактов и максимальной фазы затмения для обл. «Зеленчукская».

Рис. 2. Оригинальные затменные кривые, полученные в разных обсерваториях в период покрытия и открытия точек I и IV контактов (1к и 4к), участка «спокойного Солнца» (QS) и корональной дыры (CH). Шкала ординат – в условных единицах, по оси абсцисс – всемирное время (UT). Для кривых указаны длина волны в см. Справа-внизу приведено изображение Солнца на день затмения в линии 193Å (SDO/AIA).

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 (см. рис. 3) – 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 покрытия\открытия участка спокойного Солнца, показанного на рис.3, оптимальной оказалась его величина $\sim 8''$.

Рис. 3. Иллюстрация к отождествлению отдельных деталей структуры источника радиоизлучения и влияния сглаживания на одномерное распределение яркости и выбор эффективного разрешения наблюдений. Кривые получены в обс. Зеленчукская на РТ-32 на волнах 3.5 см и 13 см в R и L поляризациях и сглажены гауссианой с шириной $\sim 8''$. Фоновый рисунок: изображение Солнца в линии 193Å (SDO/AIA).

Задачи наблюдений определялись астрономическими обстоятельствами – Солнце находилось в стадии глубочайшего минимума, что в отличие от предыдущих случаев выдвинуло на первый план другие цели. Если ранее исследовалась в основном тонкая структура ярких источников над активными областями, то теперь в задачи наблюдений можно было включить

более слабые объекты и эффекты, такие как распределение радиояркости вблизи лимба, корональные дыры, радиогрануляция, до сих пор недостаточно изученные. Так, анализируя наблюдение участка «спокойное Солнце» (QS), показанное на графике рис. 3, можно заключить, что характер регистрируемого сигнала позволяет интерпретировать его как проявление радиогрануляции. Она регулярно наблюдается на радиотелескопе РАТАН-600. Затменные наблюдения, полученные с более высоким угловым разрешением, особенно на длинных волнах (13 см), дают возможность существенно уточнить характеристики этой компоненты солнечного излучения. Измерения показали, что угловые размеры отдельных деталей в излучении составляют $< 10''$, и отмечается корреляция между флуктуациями на короткой (3.5 см) и длинной (13 см) волне. Вклад единичной детали составляет менее 0.1% по отношению к фоновому излучению всего диска (~ 250 с.е.п. на волне 3.5 см). В целом можно сделать вывод, что излучение наиболее ярких деталей радиогрануляции генерируется в короне, однако при сопоставлении с наблюдениями в УФ и X-ray диапазонах пока не удалось сделать их более точное отождествление. Анализированы и наблюдения в области I и IV контактов [4], а также корональной дыры СН.

Затмения 21.06.2020 г. в очередной раз показало, что затменные наблюдения входят в состав основополагающих наблюдательных данных о Солнце, на основе которых диагностируются физические параметры корональной плазмы, разрабатываются модели ее структуры и проверяется правильность представлений о физике процессов, протекающих в атмосфере Солнца от хромосферы до короны на высоте ~ 100 тыс. км.

Благодарности

Работа выполнена 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. – СПб: Наука, 2012. – Вып. 25. – С. 154—159.
4. Нагнибеда В.Г., Топчило Н.А., Рахимов И.А., и др. Особенности распределения радиояркости по диску Солнца на мм волнах: модели и наблюдения // См. настоящий сборник.