РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ СОЛНЕЧНЫХ ЗАТМЕНИЙ НА ГАВАНСКОЙ РАДИОАСТРОНОМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ. К 50-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ ГРС

Петерова Н.Г.¹, Богод В.М.¹, Родригес Р.Э.², Сьерра П.²

¹СПбФ САО РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

²IGA, Habana, Cuba

RESULTS OF ECLIPSE OBSERVATIONS BY THE HABANA RADIOASTRONOMY STATION. TO 50-JUBILY HRS FOUNDATION

Peterova N.G.¹, Bogod V.M.¹, Rodrigues R.E.², Sierra P.²

¹St. Petersburg Branch of SAO RAS, St. Petersburg, Russia

²IGA, Habana, Cuba

The history of the Havana Radio Astronomy Station (ERH) begins with the installation in September 1969 of radio polarimeter of the Main Astronomical Observatory of RAS (antenna diameter 3 m) designed for monitoring of bursts at the 4.5 cm wavelength. Sensitivity of equipments was enough to carry out the full flux monitoring of the Sun radio emission (besides bursts) and to observe solar eclipses. Eclipse observations allow us to measure the position of the local radio sources (LRS) at solar disk with a high accuracy and to estimate the height of LRSs above the photosphere level, the value of which remains controversial so far. As an example, results of observations of the solar eclipse on 30.05.1984 with HRS-polarimeter are reported here, and we show that the effective height of LRS cyclotron emission is small enough (< 5 Kkm). These results are first presented, and the HRS archive of solar observations as a whole is not yet fully processed and still is not imperfectly analysed.

DOI: 10.31725/0552-5829-2019-317-320

Гаванская радиоастрономическая станция (ГРС) была основана в 1969 г. (см. рис. 1) для ведения регулярных наблюдений по программе Службы Солнца, обеспечивая почти круглосуточный мониторинг всплесков, публикуемый в бюллетене «Солнечные данные» [1].

Рис. 1. Поляриметр РТ-3 и первый коллектив наблюдателей.
В первом ряду 2-й слева А.Н. Коржавин и П.И. Борисевич (2-й справа).

Ее географическое положение оказалось настолько удачным, что кроме основной задачи были выполнены уникальные наблюдения более 10 солнечных затмений. Несмотря на эпизодичность этих событий, признано, что исследование Солнца методом микроволновых наблюдений солнечных затмений обладает особыми возможностями благодаря высокому угловому разрешению, а главное, высокой точности координатных измерений, в настоящее время достигшей предельного (для микроволн) значения 1–2 угл. сек. Результаты нескольких из них, особенно затмения 07.03.1970 г. [2], можно считать в числе основополагающих, на которых до сих пор базируются наши представления о структуре и параметрах корональной плазмы над активными областями. Именно методом солнечных затмений получены наиболее достоверные сведения о положении источника циклотронного излучения над солнечным пятном и таким образом о высотном распределении коронального магнитного поля.

Результаты, которые можно получить при наблюдении затмений, иллюстрируются на примере затмения 30.05.1984 г. – одного из лучших в истории развития и совершенствования исследований Солнца методом затменных наблюдений. Наблюдение этого затмения на РТ-3 ГРС было подготовлено, проведено и обработано исключительно силами кубинских специалистов, к 1984 году полностью овладевших передовыми методами этих исследований, ранее разрабатывавшихся сотрудниками ГАО/САО.

Рис. 2. Радиотелескопы ГРС в 1984 г. – слева РТ-3 ($\lambda = 4.5$ см) и справа РТ-2 ($\lambda = 3.2$ см).
В аппаратной сидят Р.Е. Родригес (слева) и П. Сьерра (справа).

Солнечное затмение 30.V.1984 г. наблюдалось на Кубе с помощью двух радиотелескопов Гаванской радиоастрономической станции (ERH), работающих в микроволновом диапазоне – один на волне 3,2 см (диаметр зеркала $D = 2$ м, регистрируется параметр Стокса I), другой – на волнах 2,0 см и 4,5 см ($D = 3$ м, I и V). Обстоятельства затмения 30.V.1984 г. были благоприятными для изучения циклотронных источников излучения – на диске Солнца в этот день существовало несколько групп пятен, основными из которых были СД 119 и СД 121 (нумерация бюллетеня Солнечные данные). Исключительно удачным оказалось расположение этого комплекса

активности относительно направления движения лунного края – оно было ортогональным в моменты покрытия и открытия (см. рис. 3), что обеспечило квазидвумерность затменного изображения, не всегда реализуемую при наблюдении затмений.

Рис. 3. Зарисовка комплекса активности СД 119 + СД 121 с фотографии, полученной на ГАС ГАО и обработанной Ю.А. Наговицыным. На изображение наложена сетка положений лунного лимба в периоды контакта с комплексом активности, при расчете которой учтена разница во времени с моментом снимка (по программе LULI – автор А.Н. Коржавин). Внизу – изменение сигнала в канале V на волне 4,5 см в период покрытия и открытия СД 119+121. Резкое изменение сигнала наблюдается при покрытии\открытии главного пятна СД 119.

Анализ распределения яркости позволяет сделать следующие выводы: (1) размеры области излучения составляли $(13 \times 20)''$ при размерах тени пятна на уровне фотосферы $\sim 20''$; (2) центр тяжести излучения источника был смещен к ES по отношению к центру тени пятна на $4,5''$. Это смещение можно интерпретировать как эффект высоты и оценить ее значение – оно оказалось ~ 5 тыс. км. Прямые измерения оказались в согласии с модельной оценкой высоты (см. рис. 4), особенно если учесть, что не все значение смещения $(4,5)''$, а только его часть следует приписывать эффекту высоты. Таким образом, затменные наблюдения в очередной раз свидетельствуют, что источники циклотронного излучения низко расположены над солнечными пятнами.

Рис. 4. Модель источника излучения над пятном СД 119. Слева – распределение МП с высотой (по данным КрАО на уровне фотосферы $H = 2600$ Гс), слева система gyroуровней, где измеренное значение размера источника излучения на волне 4.5 см отмечено на 3-ем gyroуровне ($s = 3$).

Результаты наблюдений затмения 30.05.1984 г. не были своевременно опубликованы и в нашем докладе демонстрируются впервые. Анализ наблюдений будет продолжен с целью изучения тонкой структуры изображения источников циклотронного излучения над солнечными пятнами. По предварительной оценке она была кольцеобразной, что объясняется влиянием угла зрения на источник излучения. Случаи наблюдений этого эффекта исчисляются единицами, ибо требуют высокого углового разрешения (см. к примеру [3]), наблюдения затмения 30.05.1984 г. пополнят список этих случаев. На их основе постоянно уточняются физические параметры корональной плазмы над солнечными пятнами – температура T_e , плотность N_e и магнитное поле H .

Работа выполнена в рамках Государственного задания №АААА-А17-117011810013-4 и поддержана грантом РФФИ № 18-52-34004.

Литература

1. Г.Б. Гельфрейх и др., 1974, СД, №9, с. 80.
2. Х.А. Киненес и др., 1975, СД, №3, с. 87.
3. А.М. Финкельштейн и др., 2012, Труды ИПА, вып. 25, с. 154.