

РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕСТОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ПРИЛИМБОВОЙ ЗОНЫ СОЛНЦА НА ВОЛНЕ 3.5 СМ НА РТ-32 ИПА РАН

Топчило Н.А.¹, Рахимов И.А.², Андреева Т.С.², Петерова Н.Г.³

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

²Институт прикладной астрономии РАН, Санкт-Петербург, Россия

³СПб филиал САО РАН, Санкт-Петербург, Россия

RESULTS OF TEST OBSERVATIONS OF THE SOLAR LIMB ZONE AT A WAVE OF 3.5 CM ON THE RT-32 IAA RAS

Topchilo N.A.¹, Rakhimov I.A.², Andreeva T.S.², Peterova N.G.³

¹St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

²Institute of Applied Astronomy RAS, St. Petersburg, Russia

³St. Petersburg Branch of Special Astrophys. Obs. RAS, St. Petersburg, Russia

The report presents the first results of test observations carried out starting in April 2024 on the RT-32 radio telescope of the “Svetloe” Observatory at a wavelength of 3.5 cm. The observations were carried out in the quasi-circular scanning mode – a scanning option when the telescope sequentially monitors a number of points located on a circle.

With the beam width of this instrument being 4 arcminutes, active regions and their sunspot components are easily identified in the entire limb zone, which is problematic, for example, for the RATAN-600 radio telescope. While not having high resolution, RT-32 successfully detects faint sources above the solar limb, which are poorly visible on SRH radioheliograph. And the joint use of all three RT-32 radio telescopes makes it possible to monitor solar activity in the summer almost throughout the day.

<https://doi.org/10.31725/0552-5829-2024-315-318>

1. Введение

Наблюдения, выполненные на микроволнах, показали, что хромосфера, переходная область и нижняя корона содержат большое количество стационарных 3-х мерных структур разных типов и размеров. Яркость, размеры и взаимное расположение отдельных структур достаточно хорошо определяются путем картографирования диска Солнца с помощью современных радиогелиографов (SRH, Nobeyama), интерферометров (ALMA) и крупных антенн переменного профиля (РАТАН-600). Но исследование высотной структуры источников, необходимые для их адекватного моделирования, по наблюдениям центральных областей диска Солнца оказываются затруднительными и весьма неоднозначными. Естественным решением здесь является наблюдение источников в прилимбовой зоне, особенно в ее залимбовой части, когда высотная структура источника отображается непосредственно в картинной плоскости. Однако наблюдения в этой области значительно затруднены из-за наличия сильного высотного градиента яркости солнечной атмосферы. При этом обычно используемый в радио-

наблюдениях метод растрового картографирования приводит к большим ошибкам при выделении источников на лимбе Солнца.

Для повышения точности прилимбовых наблюдений был предложен и реализован иной метод [1] – круговое сканирование, когда телескоп движется по кругу относительно центра диска Солнца. Самыми первыми из числа крупных инструментов были использованы РТ-22 ФИАН и РТ-22 КрАО. С их помощью в 80-х – 90-х годах проводились наблюдения солнечных протуберанцев за лимбом Солнца и волокон на диске в прилимбовых областях на волнах 8 мм и 1.35 см. Оценки точности измерения интенсивности составили ~1% от уровня спокойного Солнца и 0.01% в круговой поляризации. Были определены их положение, размеры вдоль лимба и высоты, измерено магнитное поле. Отмечены случаи наблюдений подъема и разрушения протуберанцев, а также выбросов корональной массы (СМЕ). Измерены значения радиорадиуса Солнца [2].

Исходя из предыдущего опыта, предлагается реализовать этот метод на радиотелескопах РТ-32, входящих в комплекс «Квазар-КВО» ИПА РАН. Технически это аналогично предыдущим наблюдениям, но в более длинноволновом участке спектра (3.5–12 см).

2. Методы и примеры прилимбовых наблюдений Солнца на РТ-32 ИПА РАН

Изначально радиоастрономический РСДБ комплекс «Квазар-КВО» предназначался для решения навигационных проблем. Однако его технические характеристики оказались очень подходящими для проведения исследований микроволнового излучения Солнца. На этих радиотелескопах нами проводились **эпизодические** наблюдения солнечных затмений [3] методом слежения за избранными объектами в период их покрытия/открытия диском Луны. Более сложные режимы наблюдения, в основном связанные со сканированием объекта, ранее не использовались, поскольку не были реализованы в используемом на телескопах варианте программного обеспечения Mark IV «Field System».

На начальном этапе работы предполагалось проведение предварительных наблюдений с целью определения типов доступных для наблюдения объектов и точности их измерения.

Для ускорения работы было предложено использовать дискретный вариант кругового сканирования – квазикруговое сканирование, когда телескоп последовательно отслеживает ряд точек, расположенных по кругу. Математически это соответствует замене непрерывной функции набором небольшого числа точек. Для радиуса Солнца ~16' и ширине ДН ~4' минимальное количество точек слежения на скане края Солнца ~50.

Наблюдения проводились в течение 8 (случайно выбранных) дней в марте – мае 2024 г. в обс. Светлое на волне 3.5 см (правая поляризация). Сканы, нормированные к уровню спокойного Солнца, приведены на рис. 1.

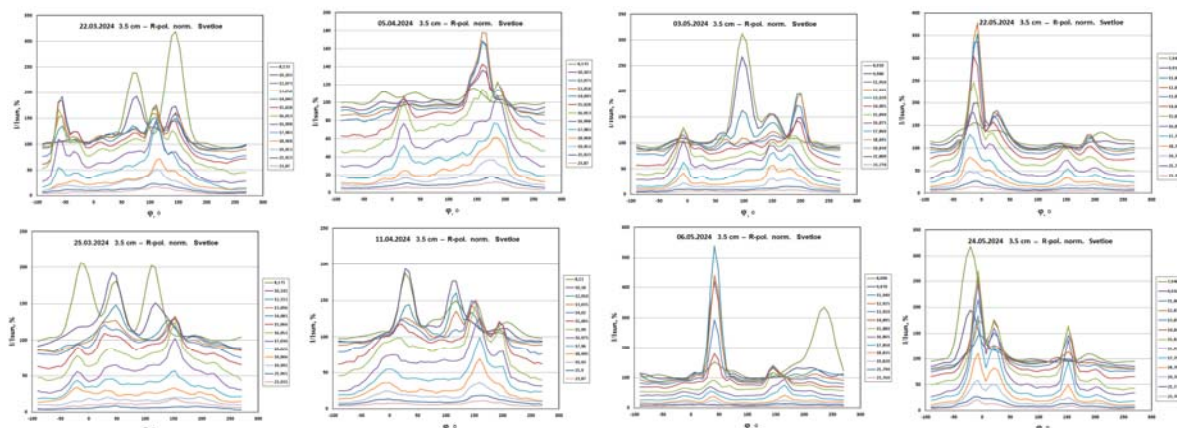


Рис. 1. Примеры полных круговых сканов в диапазоне радиусов 8–23 угл. мин., полученные в апреле – мае 2024 г. на РТ-32 в obs. Светлое на волне 3.5 см.

Приведенные сканы демонстрируют, что заметная активность наблюдается не только на диске Солнца, но и далеко за лимбом. По наборам круговых сканов строились карты Солнца в двух вариантах – в полной интенсивности и с вычетом крупномасштабной фоновой составляющей (уровнем спокойного Солнца) для каждого скана. Полученные карты сопоставлялись с изображением Солнца в других диапазонах длин волн ($H\alpha$, Ca и др.) и на других инструментах (SRH, ПАТАН-600) и показали взаимное соответствие отдельных структурных деталей изображений.

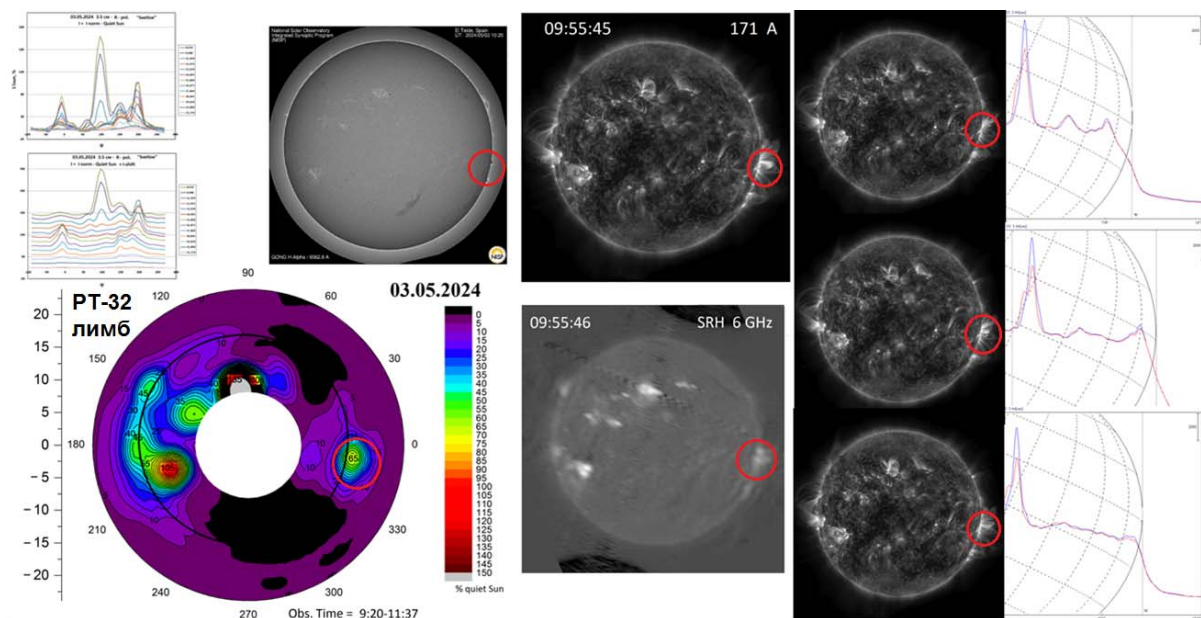


Рис. 2. Пример наблюдения активной петельной структуры на западном лимбе Солнца. Положение источника отмечено красной окружностью. На рисунках в правых двух столбцах даны синхронные изображения на 171 Å и записи на ПАТАН-600 для трех моментов времени в период снятия карты на РТ-32.

По результатам сравнения изображений сделан предварительный качественный вывод, что большинство объектов вблизи лимба на 3.5 см связаны

с активными областями на диске Солнца или горячими (вспышечными) петлями над ними (см. рис. 2). Наблюдавшиеся протуберанцы на 3.5 см видны плохо (см. рис. 3), что естественно из-за их низкой температуры и

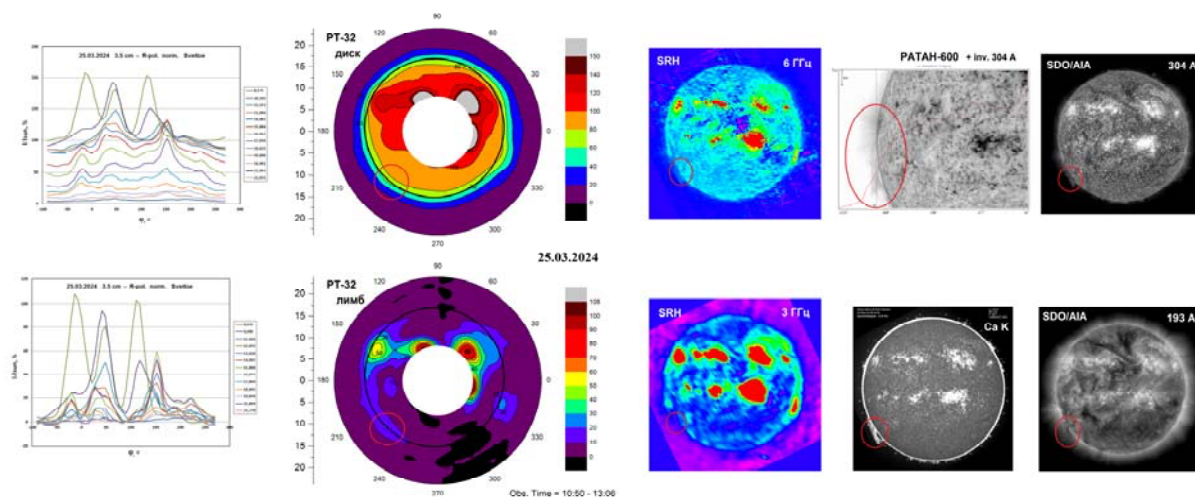


Рис. 3. Пример наблюдения протуберанца 25.03.2024 на восточном лимбе Солнца. Положение протуберанца на рисунках отмечено красной окружностью.

широкой ДН у RT-32. В целом, сравнение полученных карт с данными радиогелиографа SRH (на 6 ГГц) показали их совпадение с поправками на разницу в угловом разрешении.

3. Заключение

Наблюдения с помощью крупных одиночных антенн, безусловно, проигрывают в угловом разрешении интерферометрическим наблюдениям, однако они имеют и свои преимущества, позволяющие проводить:

1. Прямое измерение высот/размеров стационарных корональных объектов по наблюдениям их положения на лимбе Солнца;
2. Наблюдение протуберанцев и измерение их магнитного поля;
3. Наблюдения динамики поствспышечного состояния области краевой или окололимбовой вспышки;
4. Наблюдение СМЕ в нижней короне, недоступное наблюдениям на LASCO;
5. Регулярные измерения радиорadiusa Солнца.

Литература

1. *Топчило Н.А.* Автоматизированные наблюдения Солнца. II. Методы наблюдений // Вестник ЛГУ. 1983. № 1. С. 99-110.
2. *Топчило Н.А., Нагнибеда В.Г., Петерова Н.Г.* Опыт исследований прилиимбовой зоны Солнца по наблюдениям на крупных полноповоротных радиотелескопах // Труды ИПА РАН. 2023. Вып. 65. С. 42–53.
3. *Иванов Д.В., Рахимов И.А., Дьяков А.А. и др.* Итоги исследований Солнца по наблюдениям солнечных затмений на радиотелескопах ИПА РАН за период 1999–2022 гг. // Труды ИПА РАН. 2023. Вып. 65. С. 7–22.