Мелкомасштабная структура микроволнового излучения корональных дыр и невозмущенного Солнца по наблюдениям на РАТАН-600

В.Н. Боровик[1], В.Г. Медарь[1], В.И. Гараимов[2]

[1] Главная Астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург
[2] Специальная Астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз

Приводятся результаты многоволновых радионаблюдений корональных дыр (КД) и соседних с ними областей невозмущенного Солнца в диапазоне 1.8–29.7 см в период глубокого минимума солнечной активности между 22-м и 23-м циклами. Особое внимание уделено сравнению мелкомасштабной структуры радиоизлучения этих объектов, и, в частности, радиохарактеристикам ярких корональных точек.

Наблюдения проводились на южном секторе радиотелескопа с плоским перископическим зеркалом в режиме прохождении Солнца через неподвижную диаграмму антенны в местный полдень. Регистрировались интенсивность и поляризованная по кругу составляющая радиоизлучения Солнца одновременно на 30-35 длинах волн. В наблюдениях использовался панорамный анализатор спектра (Богод и др. 1993). Размеры диаграммы по уровню половины мощности на волне 2.0 см равны $17^{"} \times 13^{'}$. На рисунке приведены результаты наблюдения на РАТАН-600 изолированной экваториальной КД на фоне невозмущенных областей, лишенных каких-либо проявлений активности в оптическом диапазоне, на двух оборотах Солнца за период октябрь-ноябрь 1996 г. Под радиосканами даны рентгеновские изображения солнечного диска (Yohkoh) на те же дни. Для уточнения положения КД и ярких корональных точек внутри и вне КД привлекались также данные наблюдений Солнца в линии HeI 10830Å (Kitt Peak) и в УФ-линиях (SOHO).

На приведенных сканах видно, что на коротких волнах (менее 4 см) КД ничем не выделяется на фоне окружающих участков невозмущенного Солнца, и только на более длинных волнах корональная дыра видна как область пониженной радиояркости на фоне спокойного Солнца. В диапазоне 5–30 см ее контраст яркости растет с длиной волны. Спектр яркостных температур в КД показывает плавный рост температуры от величины $12 - 14 \cdot 10^3$ (3–4 см) до $35 - 40 \cdot 10^3$ (17–18 см) (Borovik & Medar, 1999). Анализ радиохарактеристик других семи КД, наблюдавшихся на РАТАН-600 в тот же период минимума активности, а также четырех КД, наблюдавшихся в предыдущем цикле, показал, что такой спектр является типичным для экваториальных КД и отражает более низкую плотность и более низкий градиент температуры в атмосфере КД, чем в окружающей невозмущенной солнечной атмосфере. На коротких волнах 1.8–3.5 см на сканах отчетливо видна хорошо коррелированная на разных волнах мелкомасштабная структура радиоизлучения с характерным размером $20^{"} - 40^{"}$ – так называемая "радиогрануляция", впервые исследованная на РАТАН-600 Богодом и Корольковым (1976). Сравнение параметров мелкомасштабной структуры

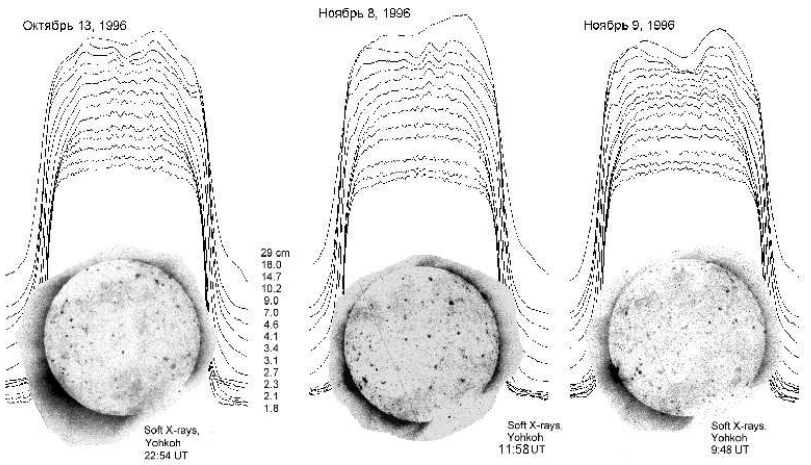

Рис.1. Распределения напряженности продольной компонеты магнитного поля вдоль диаметров пятен по направлению к центру солнечного диска

радиоизлучения на участках записей Солнца, отождествленных с КД и соседними невозмущенными областями показало, что на волнах короче 3 см различия отсутствуют: в среднем число и интенсивность деталей радиогрануляции на обоих участках солнечных сканов совпадают. Различия проявляются на более длинных волнах. Отдельные наиболее интенсивные источники мелкомасштабной структуры отождествляются с яркими корональными точками, видными на УФ- и рентгеновских изображениях Солнца. В данной работе впервые в широком микроволновом диапазоне на основе одновременных наблюдений на одном инструменте с достаточно высоким пространственным и частотным разрешением построены спектры потоков радиоизлучения, эффективных радиоразмеров и яркостных температур источников, связанных с тремя яркими корональными точками в КД и пятью точками в спокойном Солнце (все исследованные точки регистрировались в течение 2–4 дней).

Спектры потоков этих точек в КД практически плоские в диапазоне 1.8–4 см, далее потоки уменьшаются и, начиная с волн 7–9 см, источники не регистрируются. Эффективные радиоразмеры точек КД практически постоянны и равны $20'' \pm 5$. Яркостные температуры растут с длиной волны. Для одной, менее яркой корональной точки в рентгеновском диапазоне, за два дня наблюдений получены близкие спектры: температура растет от $10^4 K$ на волне 1.8 см до $10^5 K$ на волнах 5–6 см. Для другой, более яркой точки, соотвествующие величины яркостных температур равны $6 \cdot 10^4 K$ и $5 \cdot 10^5 K$. Источники радиоизлучения, связанные с яркими рентгеновскими точками в спокойном Солнце, наблюдаются на волнах от 1.8 см до дециметровых волн. При этом в спектре потоков всех рассмотренных точек наблюдается максимум в диапазоне 4–5 см и дальнейшее плавное спадание потока с длиной волны. Эффективные размеры источников растут от 20" ± 5 на волнах 2см до 37" ± 5) на волнах 9–10 см. Яркостная температура растет с длиной волны, достигая $10^6 K$ на волнах 10–15 см. Сделан вывод о том, что микроволновое излучение ярких корональных точек генерируется совместным действием тепловых тормозного и магнитотормозного механизмов, причем вклад последнего значительнее в точках спокойного Солнца, что, по-видимому, прежде всего отражает различие физических условий в атмосферах КД и невозмущенного Солнца на уровне верхней хромосферы – нижней короны.

Работа поддержана грантами РФФИ 99-02-16171 и "Астрономия" (5.4.1.7)

Литература

В.М. Богод, В.Е. Абрамов-Максимов, В.Н. Дикий, С.М. Ватрушин, С.В. Цветков, 1993, Препринт САО, Санкт-Петербург, 84с.
V.N. Borovik, V.G. Medar, 1999, ESA SP 446,c.185-190.
В.М. Богод, Д.В. Корольков, 1976, Письма в АЖ, т.1, 10, с.26-27.