

КВАЗАР ОН471: WSRT И РСДБ–НАБЛЮДЕНИЯ, РАДИОСПЕКТР

Вольвач А. Е., Нестеров Н. С.

Крымская астрофизическая обсерватория, РТ-22, Кацивели, Крым 98688, Украина

По данным наблюдений квазара ОН471 ($z=3.4$) на частоте 325 МГц в 1985–1996 гг. обнаружена переменность его радиоизлучения. За указанный период плотность потока радиоизлучения увеличилась в 1.6 раза. На расстоянии 2.5' к северу от квазара выделен радиоисточник с крутым спектром. Плотность потока его радиоизлучения на частоте 5 ГГц равна 1.46 мЯн, а на частоте 350 МГц — 14.5 мЯн. По данным наблюдений 1964–1996 гг. в диапазоне частот 0.325–90 ГГц исследованы особенности переменности квазара ОН 471. Спектр имел пики на частотах около 1 и 20 ГГц. Плотность потока низкочастотного компонента сначала уменьшалась, а затем начала возрастать. Высокочастотный компонент возрос до 2.5 Ян в конце 1970-х гг. Частоты максимумов практически не изменялись. По результатам РСДБ–наблюдений на частоте 1.6 ГГц получена структура типа: ядро — джет 0.005", ориентированный в восточном направлении. Объект является одним из мощных квазаров.

1. Введение

Радиоисточник 0642+449 (ОН471) является квазаром с большим красным смещением $z = 3.406$ [1]. Скорость v , с которой он удаляется от нас, составляет 90 % скорости света. Визуальный блеск ОН471 равен 18.5^m [2]. ОН471 является одним из самых мощных радиоисточников в миллиметровом диапазоне радиоволн.

Исследования квазара ОН471 в Крымской астрофизической обсерватории были начаты в начале 1978 года [3]. Было установлено, что квазар имеет большой высокочастотный избыток на миллиметровых волнах и является переменным на частоте 22 ГГц. С целью исследования спектра и низкочастотной переменности квазара ОН471 нами были проведены наблюдения в 1996 г. на Вестерборкском радиотелескопе апертурного синтеза (WSRT) на частотах 307–385 МГц и проанализированы архивные данные наблюдений на WSRT на частотах 323–327 МГц и 4874 МГц за 1985–1990 гг.

2. Наблюдения

2.1. WSRT

Наблюдения квазара ОН471 были проведены в 1996 году на WSRT с использованием цифрового коррелятора на 8 частотах в диапазоне 307–385 МГц с полосой приема 5 МГц каждый. Радиотелескоп апертурного синтеза состоит из тринадцати 25-метровых параболических антенн, образующих 78 радиоинтерферометров. Часовой угол, на которых наблюдался источник изменялся от -57.5° до $+79.5^\circ$. Центр наведения соответствовал координатам источника ОН471. Калибровочный источник 3С48 наблюдался в течение часа перед началом наблюдений. Температура системы для интервала частот 307–385 МГц равнялась 140 К, размер синтезированной диаграммы направленности равен 33"х50".

Нами были также проанализированы архивные данные наблюдений площадок неба, включающих источник ОН471, на частотах 322.8 МГц в 1985, 1987, 1988 гг. и на

частоте 4874 МГц в 1990 г. Калибровка результатов наблюдений 1987–1988 гг. производилась по суммарному потоку источников, лежащих внутри поля размером $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ около ОН471 и уточненным данным по суммарному потоку, полученным для этого поля в 1996 году. В сеансе наблюдений 1985 г. калибровка потока проводилась по источнику 3С295.

Результаты наблюдений представлены в табл. 1: в первом столбце приведены даты наблюдений в форме год и номер дня, разделенные запятой; во втором — частота наблюдений ν ; в третьем — полоса частот наблюдений $\Delta\nu$, в четвертом и пятом — координаты центра поля наведения; в шестом — зарегистрированный поток от источника F, в седьмом — ошибка измерений ΔF в мЯн, ошибка калибровки не превышала 5 %. В восьмом столбце указан калибровочный источник. Величины потоков калибровочных источников 3С48 и 3С295 были взяты из работы [4].

2.2. РСДБ

Исследования структуры квазара ОН 471 методом РСДБ были проведены в 1997 г. в Европейской РСДБ–сети на частоте 1.6 ГГц в левой круговой поляризации. Регистрация сигнала осуществлялась с использованием системы регистрации Марк-III. В табл. 2 указаны характеристики радиотелескопов: название, диаметр антенны, эквивалентная плотность SEFD потока приемной системы.

Корреляционная обработка данных проводилась в Институте радиоастрономии им. Макса Планка в Бонне. Редактирование и калибровка исходных данных выполнялись с использованием программного пакета NRAO AIPS (Astronomical Image Processing System) по измеренным в процессе наблюдений значениям температуры системы и калибровочных источников DA193 и 3С286. При построении изображения использовался программный пакет DIFMAP, самокалибровка и чистка CLEAN.

3. Результаты исследований

Как следует из данных WSRT, приведенных в табл. 1, поток ОН471 на низких частотах существенно изменился между эпохами 1985 и 1996 гг.

Разница потоков в диапазоне частот 307–385 МГц составила 265 мЯн. Спектральный индекс его излучения равен 0.9 в диапазоне частот 307–385 МГц. Данные наблюдений [5, 6] подтверждают низкочастотную переменность квазара ОН471. На волне 6 см, на расстоянии 2.5' к северу от квазара ОН471 находится источник с потоком 1.46 мЯн. Поток источника на частоте 350 МГц равен 14.5 мЯн. Он имеет крутой спектр со спектральным индексом -0.87. Ожидаемый поток на частоте 22 ГГц должен быть меньше 0.5 мЯн и, следовательно, он не влияет существенно на данные мониторинга квазара ОН471 на одиночных антеннах на высоких частотах. Но он может быть причиной ошибок из-за "путаницы" в данных, полученных на одиночных антеннах на низких частотах в более ранние эпохи наблюдений.

На рис. 1 показаны спектры ОН 471, составленные нами на несколько эпох с 1970 по 1996 гг. Видно, что в период с 1970 по 1973 гг. радиоспектр квазара имел пик на

частоте около 1 ГГц и был, возможно, плоским на частотах выше 5 ГГц. В течение последующих лет произошли процессы, которые привели к эволюции радиоспектра. В конце 1970-х гг. появился мощный компонент на высоких частотах. С начала 1980-х и до середины 1990-х гг. спектр имел пик на частоте около 20 ГГц. Существенного сдвига пика по частоте во времени не зарегистрировано.

Параметры РСДБ–карты приведены в табл. 3. Сопоставление результатов исследований структуры квазара ОН 471, проведенных методом РСДБ, представлены в табл. 4, где соответственно даны: эпоха наблюдений, частота наблюдений, обнаруженная структура источника (К — компактная, Н — неразрешенная, ОВ — односторонний выброс), отношение плотности потока ядра к плотности потока выброса, литературный источник.

Из табл. 4 видно, что РСДБ–наблюдения ОН 471 проводились в основном в низкочастотной области спектра. Лишь в 1991 и 1995 гг. были проведены наблюдения источника на низких и высоких частотах. В 1991 г. на частоте 22 ГГц была зарегистрирована компактная структура источника, а на 1.6 ГГц — структура типа "ядро-выброс" с выбросом длиной около 0.003". В 1995 г. на частоте 15 ГГц была зарегистрирована на грани обнаружения структура типа "ядро-выброс". На низкой частоте уверенно зарегистрирована структура типа "ядро-выброс" с выбросом длиной около 0.0035". В 1997 г., по результатам проведенных нами РСДБ–наблюдений на частоте 1.6 ГГц, зарегистрирована структура "ядро-выброс" с выбросом длиной около 0.005".

Таким образом, размеры ядра составляют около 0.001" дуги, его пиковая яркостная температура — около 1011 К. Размеры джета растут с увеличением длины волны, что связано с увеличением оптической толщи.

4. Выводы

В 1996 г. обнаружено увеличение плотности потока квазара на частоте 325 МГц в 1.6 раза по сравнению с данными наблюдений 1985 г. Следовательно, квазар ОН471 является переменным на низких частотах.

Нами обнаружен источник с крутым спектром, отстоящий на 2.5' на север от квазара ОН471, с потоком 1.46 мЯн на частоте 5 ГГц и 14.5 мЯн на частоте 350 МГц.

По результатам наблюдений, проведенных методом радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами на частоте 1.6 ГГц, обнаружена сложная структура радиисточника ОН 471: ядро-джет, с джетом, вытянутым на восток на расстояние около 0.005".

В течение последних 30 лет, перекрытых наблюдениями, зарегистрированы изменения радиоспектра квазара: в начале 1970-х гг. уменьшалась мощность излучения низкочастотного компонента (1 ГГц), в конце 1970-х гг. появился мощный компонент на высоких частотах (20 ГГц). С начала 1980-х до середины 1990-х гг. в спектре ОН 471 доминировал высокочастотный компонент.

1. Carswell R. F., Strittmatter P. A.//*Nature*. 1973. V.242. P.396.
2. Polatidis A. G., Wilkinson P. N., Xu W., Readhead et al.//*Astrophys. J. Suppl. Ser.* 1995. V.98. P.1.
3. Ефанов В. А., Моисеев И. Г., Нестеров Н. С.и др.//*Изв. Крым. астрофиз. обсерватории*, 1981, Т.64, С.103.
4. Boars J. W. M., Pauliny-Toth I. I. K., Witzel A.//*Astron. and Astrophys.* 1977. V.61. P.99.
5. Riley J. M., Green D. A.//*Monthly Not. Roy Astron. Soc.* 1998. V.301. P.203.
6. Minns, A. R., Riley, J. M.//*Monthly Not. Roy Astron. Soc.* 2000. V.315. P.839.
7. Gubbay J., Legg A. J., Robertson D. S.et al.//*Astrophys. J.*, 1977, V.215, P.20.
8. Marscher A. P., Shaffer D. B.//*Astron. J.*, 1980, V.85, P.668.
9. Gurvits L. I., Kardashev N. S., Popov M. V.et al.//*Astron. Astrophys.*, 1992, V.260, P.82.
10. Bloom S. D., Marscher A. P., Moore E.M.et al.//*Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 1999, V.1, P.1.
11. Xu W., Readhead C. S., Pearson T. J.et al.//*Astroph. J. Suppl. Ser.*, 1995, V.99, P.297.
12. Kellerman K. I., Vermeulen R. C., Zensus J. A., Cohen M. H.//*Astron. J.*, 1998, V.115, P.1295.
13. . Fey A. L., Charlot P.//*Astroph. J. Supl. Ser.*, 1997, V.111, P.95.

Таблица 1. Результаты наблюдения источника ОН471

Дата, год, день	ν , МГц	$\Delta\nu$, МГц	Точка наведения, (градусы, 1950) RA Decl		F, мЯн	ΔF , мЯн	Калибровочный источник
1985,091	327.0	0.6	100.7208	44.9086	445	5	3C295 (F=60.6 Ян)
1987,341	322.8	2.3	101.2000	45.0000	489	6	Источники поля
1987,355	322.8	2.3	101.2000	45.0000	484	6	Источники поля
1988,023	322.8	5.0	101.2000	45.0000	488	6	Источники поля
1996,017	307.5	5.0	100.7208	44.9086	671	9	3C 48 (F=44.9 Ян)
	325.0				710	8	
	341.0				765	8	
	349.0				736	8	
	355.0				754	8	
	360.0				782	9	
	375.0				801	9	
	385.0				827	9	

Таблица 2. Параметры антенн, участвовавших в РСДБ наблюдениях квазара ОН471

Пункт РСДБ	Диаметр антенны, м	SEFD, Ян
Эффельсберг	100	20
Медичина	32	580
Онсала	25	390
Джодрел	26	320
Торунь	32	200
Шанхай	25	2000

Таблица 3. Параметры РСДБ карты, полученной на частоте 1.6 ГГц

Источник	Уровни интенсивности, (% от пиковой плотности)	Пиковая плотность потока, (Ян/ДН)	Диаграмма направленности (ДН)		
			большая ось, (мсек дуги)	малая ось, (мсек дуги)	угол, (градусы)
0642+449	-1, 1, 2, 5, 10, 25, 50, 99	0.329	12.8	2.55	-24

Таблица 4. РСДБ наблюдения ОН471.

Эпоха	f, ГГц	Структура	Fя /Fв, Ян	Ссылка
-	8	Н	< 1 ^а	[7]
-	1.6	К	1.2 ^а	[8]
1987.734	5	ОВ, 7.4 мс дуги	0.9/0.23	[9]
1991.500	22	К	1.7 ^а	[10]
1991.522	5	ОВ, 3.03 мс дуги	1.57/0.1	[11]
1991.961	1.6	ОВ, 3.16 мс дуги	0.29/0.18	[2]
1991.930	1.4	Н	0.48 ^а	[11]
1995.353	15	ОВ, на грани обнаружения	1.73 ^а	[12]
1995.869	2.3	ОВ, 3.7 мс дуги	0.7/0.11	[13]
	8.5	ОВ, 3.3 мс дуги	1.83/0.05	

а — пиковая плотность потока.

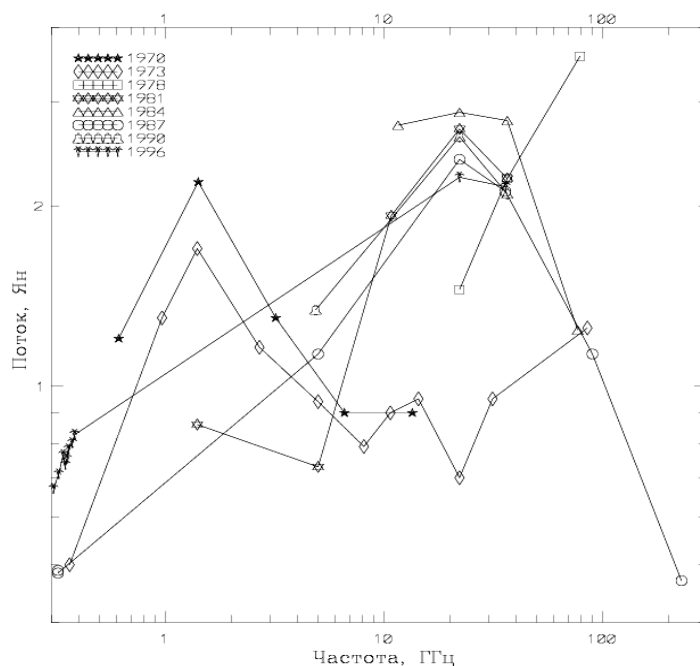


Рис. 1. Спектры ОН 471, составленные на несколько эпох с 1970 по 1996 гг