

Особенности спектральных и временных изменений потока квазара 3С345 по данным многолетних наблюдений в миллиметровом и сантиметровом диапазоне радиоволн

А. Е. Вольвач, Л. Н. Вольвач, М. И. Рябов¹, А. Л. Сухарев¹,
Х. Д. Аллер², М. Ф. Аллер²

*Лаборатория радиоастрономии НИИ “Крымская астрофизическая обсерватория”,
Кацивели, Ялта, Украина*

¹*Одесская обсерватория “УРАН-4” Радиоастрономического института НАН Украины,
Одесса, Украина*

²*Радиообсерватория Мичиганского университета,
Анн Арбор, MI 48109, США*

Проведены исследования спектральных и временных особенностей изменений потока излучения внегалактического источника 3С345 на частотах 4.8, 8, 14.5, 22.2 и 36.8 ГГц за период с 1965 по 2000 гг. Долговременные вариации плотности потока объекта содержат составляющие переменности около 10÷12 лет. Временные задержки изменений плотности потока источника на различных частотах и в различные периоды активности для последовательных пар частот от 36.8 до 14.5 ГГц меняются в пределах от 0 до 2 лет.

Введение

Квазар 3С345 ($z=0.595$) состоит из компактного ядра и джета, в котором распространяются компактные компоненты – облака релятивистских частиц и ударные волны в периоды проявлений активности. Данный источник относится к числу наиболее интенсивно наблюдаемых в широкой области спектра в оптическом, инфракрасном, радио и рентгеновском диапазонах, и вследствие своей высокой активности отнесен к особому классу блазаров. Временные шкалы переменности уменьшаются с уменьшением длины волны.

В радиодиапазоне на длинах волн более 3 мм спектр ядра источника плоский, а спектры облаков степенные. Видимые скорости движения облаков, распространяющихся в джете, по данным РСДБ наблюдений находятся в пределах 10÷20 с. При этом угол между лучом зрения на ядро источника и направлением джета составляет 7°. За период наблюдений с 1965 до 2000 гг. отмечалось два продолжительных периода повышенной активности источника с 1980 по 1990 гг. и с 1992 до 2000 гг. По данным РСДБ наблюдений на длине волны 18 см зарегистрировано 5 компактных компонент (период с 1981.11 по 1985.27), а на эпоху 1990.72 г. отмечалось наличие 7 облаков плазмы на различных расстояниях от ядерной компоненты. Последующие РСДБ наблюдения на длинах волн 1.3, 2, 3.6 и 6 см за 3 эпохи наблюдений в 1995.84, 1996.41 и 1996.81 гг. показывали последовательное наличие в структуре источника 3С345, кроме ядра и джета, сначала 2, а затем 6 компактных компонент на частотах 5, 8.4, 15 и 22 ГГц. Детальная картина позволяет выявить изменение спектрального индекса от ядра к джету и их градиент в компактных компонентах и тем самым построить модели источника на различных частотах в отдельные эпохи наблюдений.

Однако РСДБ наблюдения проводились недостаточно часто и с неадекватным перекрытием по частоте. Поэтому данные длительных наблюдений переменности источника, получаемые на одиночных антеннах, дают ценные дополнительные сведения о физике его активности.

В данной работе приведены результаты исследований переменности потока излучения внегалактического источника 3C345 по результатам 35-летних (1965-2000 гг.) мониторинговых наблюдений потока излучения на частотах 4.8, 8, 14.5, 22 и 36 ГГц на РТ-22 НИИ КрАО и РТ-26 радиообсерватории Мичиганского университета в США.

Методика наблюдений и их обработка

На частотах 22.2 и 36.8 ГГц наблюдения проводились на 22-метровом радиотелескопе НИИ “КрАО” с использованием модуляционных радиометров, имеющих флуктуационную чувствительность 0.04 К при постоянной времени 1 с [1, 2]. Для уменьшения влияния флуктуаций от неоднородностей атмосферы применялся двухрупорный прием с модуляцией (переключением) диаграммы направленности антенны. Перед измерением потока источника уточнялось его положение методом сканирования. Поглощение в атмосфере Земли определялось с использованием метода приема излучения атмосферы на различных углах места антенны (метод “разрезов” атмосферы). Антенная температура от источников измерялась методом ON-ON [3]. Измеренные антенные температуры, исправленные с учетом поглощения излучения в атмосфере Земли, пересчитывались в плотности потоков по данным наблюдений источников DR 21, 3C 274, NGC7027. Данные для калибровочных источников приведены в работе [1].

На частотах 4.8, 8 и 14.5 ГГц наблюдения проводились на 26-метровом радиотелескопе радиообсерватории Мичиганского университета (РТ-26 UMRAO) с 1965 г. Методика наблюдений и обработки данных на РТ-26 описаны в работе [4].

Долговременная переменность потока источника 1633+382

На рис. 1 приведены графики изменений плотности потока источника 3C345 на частотах 4.5, 8, 14.5, 8, 22.2 и 36.8 ГГц. К данным, полученным на РТ-22 НИИ “КрАО” и РТ-26 УМРАО и опубликованным ранее в работах [5-8], добавлены результаты наблюдений [9] и неопубликованные новые результаты наблюдений. В таблице 1 приведены предварительные результаты обработки данных наблюдений за 35-летний период.

Таблица 1. Результаты обработки данных наблюдений квазара 3C345

Частота, ГГц	Временной интервал (годы)	Вероятные периоды (годы)
14.5	1974.44 – 1999.28	≈12.4
8	1965.14 – 1999.34	≈11.4
4.8	1978.45 – 1999.25	≈10.4

Интервалы частот, ГГц	Временной интервал (годы)	Временные сдвиги (годы)
14.5 ÷ 8	1978 – 1990	Фаза роста – 1.0 Макс. – 0.0 Мин. – 0.9
	1990 – 1996	Фаза роста – 1.0 Макс. – 0.8
8 ÷ 4.8	1978 – 1990	Фаза роста – 1.0 Макс. – 2.0 Мин. – 0.3
	1990 – 1996	Фаза роста – 0.8 Макс. – 1.0
36.8 ÷ 22.2	1990 – 1996	Фаза роста – 0.6 Макс. – 0.2 Мин. – 0.3 Втор. макс. – 0.2
22.2 ÷ 14.5	1990 – 1996	Фаза роста – 0.5 Макс. – 0.3 Мин. – 0.1 Втор. макс. – 0.2

В долговременных изменениях плотности потока можно выделить характерные вариации на масштабе около 10÷12 лет на различных частотах. Кроме того, на рис.1 видны более короткие вспышки активности длительностью менее одного года.

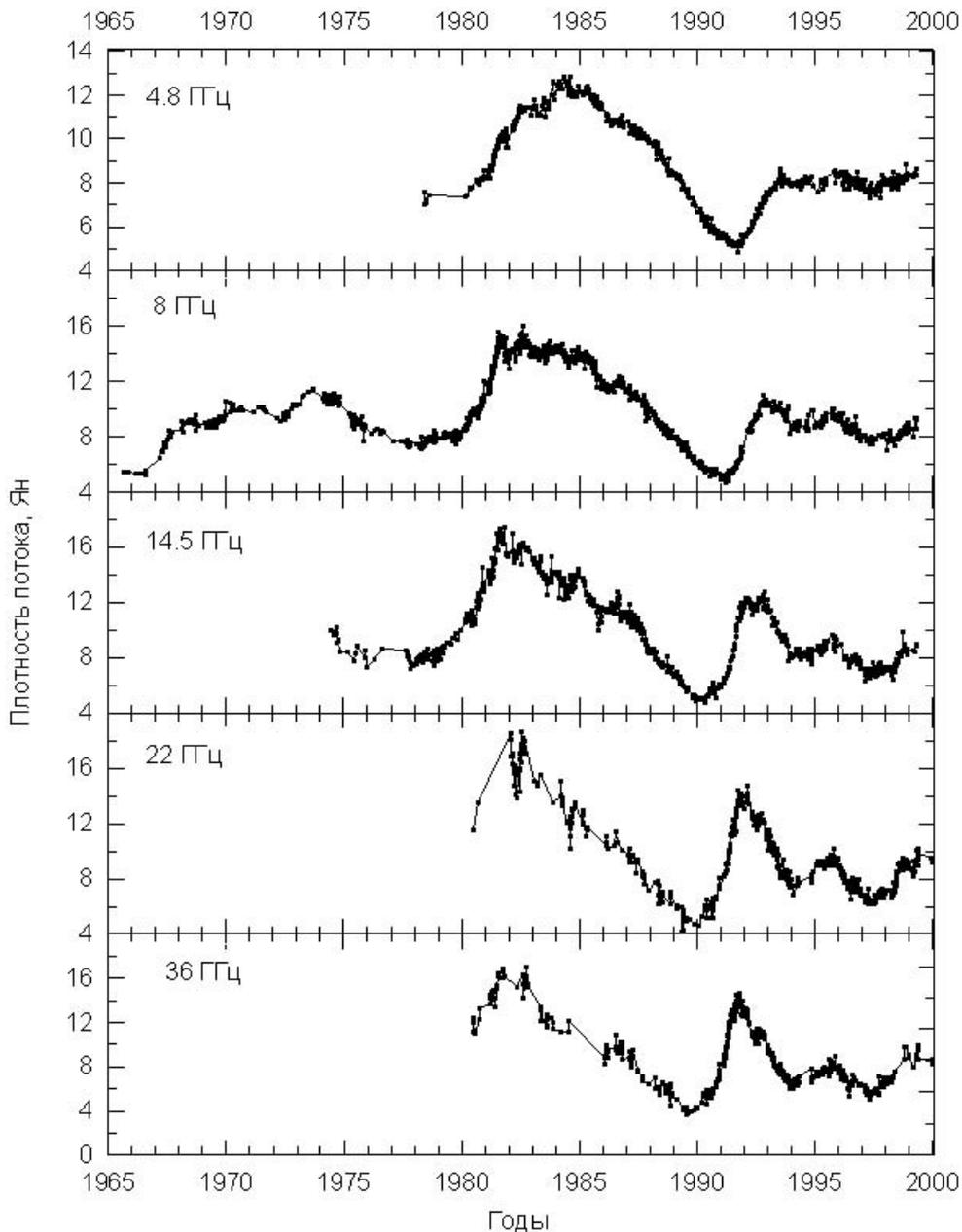


Рис. 1. Измеренные плотности потока источника 3С345 на 5 частотах радиодиапазона

Особое внимание было уделено выявлению временной задержки изменений плотности потока источника между различными частотами в периоды его 10 ÷12-летней активности. Как оказалось, не существует одного значения временной задержки между парой частот для всего периода 35-летних наблюдений, а оно существенно меняется в различных циклах активности.

Так, в период 1978 – 1990 гг. заметно наличие начальной фазы роста плотности потока, периода его максимума и периода уменьшения плотности потока до минимума. Для следующего периода активности характерно наличие фазы роста плотности потока, периода максимума, а также периода минимума и второго максимума.

Как видно из таблицы 1 время задержки на всех этих фазах между различными парами частот заметно отличается и может меняться от 0 до 2 лет. Все это предварительные результаты, и для их уточнения необходим учет наличия переменности на более коротких временных шкалах. Сопоставление этих данных с результатами РСДБ наблюдений позволит выявить возможную физическую причину наблюдаемого эффекта.

Заключение

Представлены результаты многочастотных (4.8, 8, 14.5, 22.2 и 36.8 ГГц) патрульных наблюдений внегалактического источника 3C345, выполненных в период с 1965 по 2000 гг. на радиотелескопе РТ-22 НИИ “КрАО” и в Радиообсерватории Мичиганского университета. Наблюдательные данные указывают на то, что в долговременной переменности объекта присутствует составляющая изменения потока с периодом около $10 \div 12$ лет. В отличие от эпизодических РСДБ наблюдений, позволяющих исследовать пространственную структуру источника, непрерывный многочастотный мониторинг позволяет выявить динамику изменений источника в различные периоды его активности. Для построения модели источника существенно важным является наличие зависимости временных задержек изменения потока от частоты и составляющих периодов его активности. Выявление особенностей таких зависимостей – задача дальнейших исследований.

Литература

1. Моисеев И. Г., Нестеров Н.С. Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1985, т. 73, с. 154.
2. Струков И. А., Скулачев Д. П. Итоги науки и техники. Астрономия. Москва, ВИНТИ, 1986, т. 31.
3. Ефанов В. А., Моисеев И. Г., Нестеров Н.С. Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1979, т. 60, с. 3.
4. Aller M. F., Aller H. D., Hughes P. A. Bulletin of the American Astronomical Society. 2001, vol. 33, p. 1516.
5. Ефанов В. А., Моисеев И. Г., Нестеров Н. С., Тиури М., Урпо С. Наблюдения радиоисточников на РТ-22 КАО и РТ-14 РХУТ в мм диапазоне волн. Изв. КрАО. 1981, т. 64, с. 103-108.
6. Salonen E., Terasranta H., Urpo S., Tiuri M., Moiseev I. G., Nesterov N. S., Valtaoja E., Haarala S., Lehto H., Valtaoja L., Teerikorpi P. and Valtonen M. Five years monitoring of extragalactic radio sources. Observations at 12, 22 and 37 GHz. Astron. & Astrophys. Suppl. Ser. 1987, v. 70, pp. 409-435.
7. Terasranta H., Tornikoski M., Valtaoja E., Urpo S., Nesterov N., Lainela M., Kotilainen J., Wiren S., Laine S., Nilsson K. and Valtonen M. Astron. Astrophys. Suppl. Ser. 1992, v. 94, p. 121.
8. Нестеров Н. С., Вольвач А. Е., Стрепка И. Д. Наблюдения переменных внегалактических радиоисточников на частоте 36 ГГц. Письма в АЖ. 2000, т. 26, № 4, с. 249-252.
9. Terasranta H., Achren J., Hanski M., Heikkila J., Holopainen J., Joutsamo O., Juhola M., Karlamaa K., Katajainen S., Keinanen P., Koivisto P., Koskimies M., Kotilainen P., Lainela M., Lahteenmaki A., Makinen K., Niemela T., Nurmi P., Pursimo T., Rekola R., Savolainen T., Tornikoski M., Torppa J., Valtonen T., Varjonen N., Vilenius E., Virtanen J., Wiren S. Astronomy and Astrophysics. 2004, vol. 427, pp. 769-771.
10. Rantakyro F. T., Baath L.B., Pauliny-Toth I. I. K., Matveenko L. I., Unwin S. C. Astronomy and Astrophysics. 1992, vol. 259, pp. 8-16.
11. Ros E., Zensus J. A., Lobanov A.G. Astronomy and astrophysics arXiv: astro-ph/991145v1 24 nov. 1999.

**Особливості спектральних і часових змін потоку квазара 3C345
за даними багаторічних спостережень у міліметровому та сантиметровому
діапазонах радіохвиль**

**О. Є. Вольвач, Л. М. Вольвач, М. І. Рябов, А. Л. Сухарєв,
Х. Д. Аллер, М. Ф. Аллер**

Виконано дослідження спектральних і часових особливостей змін потоку випромінювання позагалактичного джерела 3C345 на частотах 4.8, 8, 14.5, 22.2 і 36.8 ГГц за період з 1965 до 2000 рр. Довгострокові варіації щільності потоку об'єкта містять складові змінності близько 10÷12 років. Часові затримки змін густини потоку джерела на різних частотах і у різні періоди активності для послідовних пар частот від 36.8 до 14.5 ГГц змінюються в межах від 0 до 2 років.

**Peculiarities of the Flux Density Spectral and Time Variability of the Quasar 3C345
Found through the mm and cm Long-Term Data Observations**

**A. E. Volvach, L. N. Volvach, M. I. Ryabov, A. L. Suharev,
H. D. Aller, and M. F. Aller**

The spectral and time variability in flux density of the extragalactic source 3C345 during 1965 – 2000 at 4.8, 8, 14.5, 22.2 and 36.8 GHz was analyzed. The long-term variability of the flux density of 10 ÷ 12 yrs is present. The delays in flux variations of a source at different frequencies and in different periods of the activities for successive frequency pairs from 36.8 to 14.5 GHz are changing within from 0 to 2 years.