

В. Г. ПАНАДЖЯН

СПЕКТРЫ МЕРЦАЮЩИХ КОМПОНЕНТ НЕКОТОРЫХ РАДИОИСТОЧНИКОВ

Известно, что межпланетные мерцания (МПМ) радионисточников позволяют исследовать их внутреннюю структуру — оценить угловые размеры, определить спектры мерцающих компонент, установить число компактных компонент в них и т. д. Чтобы реализовать эти возможности, необходимо использовать наблюдения межпланетных мерцаний в широком диапазоне частот. Однако такая задача доступна при работе многих коллективов. Поэтому ниже мы будем пользоваться имеющимися в литературе данными — зависимостью индексов флуктуаций от радиального расстояния луча зрения источника от Солнца, полученными разными авторами на разных длинах волн при разных состояниях активности Солнца.

Наблюдения межпланетных мерцаний радионисточников за прошедшие десять лет не обнаружили сильной зависимости средних значений индексов флуктуаций от активности Солнца. Согласно [1], в первом приближении можно пренебречь зависимостью индекса флуктуаций от активности Солнца.

Известно также, что в случае однокомпонентного точечного источника и при возмущении фазы волны на неоднородностях межпланетной плазмы $\Delta\psi < 1$ индекс флуктуаций $F_0 (F_0 = \sqrt{\Delta S^2/S})$ прямо пропорционален длине волны принимаемого радиоизлучения λ . В случае межпланетных мерцаний коэффициент пропорциональности K зависит от радиального расстояния r луча зрения источника от Солнца

Рассмотрим зависимость индекса флуктуаций F от длины волны принимаемого радиоизлучения λ в том случае, когда наблюдаемый радионисточник состоит из двух компонент — компактного (мерцающего) источника с угловыми размерами $\theta_1 < 0,05''$ и протяженного источника с угловыми размерами $\theta_2 > 2''$. Пусть α — спектральный индекс радионисточника как целого, α_m — спектральный индекс компактного компонента ($S \sim \nu^{-\alpha}$). Тогда индекс флуктуаций всего радионисточника F , очевидно, связан с индексом флуктуаций однокомпонентного точечного источника F_0 соотношением:

$$F = F_0 \frac{S_m}{S_0} = F_0 \frac{S_m}{S_m + S_n}, \quad (1)$$

где S_m — интенсивность компактного (мерцающего) компонента; S_n — интенсивность протяженного компонента; S_0 — интенсивность всего источника ($S_0 = S_m + S_n$).

Учитывая вышесказанное и пропорциональность индекса флуктуаций точечного источника длине волны, (1) можно привести к виду:

$$F \sim \lambda^{1+\alpha_m - \alpha}. \quad (2)$$

Выражение (2) позволяет определить спектральный индекс компактного (мерцающего) компонента — α_m при известном α , если имеется экспериментальная зависимость $F(\lambda)$ исследуемого радиоисточника.

Таким образом, при $\Delta\psi < 1$:

1) $F(\lambda) \sim \lambda$ в случае однокомпонентного точечного источника;

2) $F(\lambda) \sim \lambda^{1+\alpha_m - \alpha}$ в случае двухкомпонентного источника.

$F(\lambda)$ имеет сложную зависимость от λ , если исследуемый источник состоит из двух или более компактных компонент с разными спектрами.

Эти выводы нами были использованы при исследовании структуры нескольких радиоисточников. Для этого с помощью имеющихся в литературе индексов флуктуаций $F(r)$ на разных длинах волн [1—9] построены зависимости $F(\lambda)$ для нескольких радиоисточников при выбранном значении r (рис. 1, 2). Те же значения $F(\lambda)$ использованы также для построения спектров мерцающих компонент.

При построении зависимостей $F(\lambda)$ принималось во внимание то обстоятельство, что при данном значении r имеется некоторая длина волны λ' , когда индекс флуктуаций F максимален, что соответствует возмущению фазы волны на неоднородностях $\Delta\psi \simeq 1$. На длинах волн $\lambda < \lambda'$ $\Delta\psi < 1$, а при $\lambda > \lambda'$ $\Delta\psi > 1$. Поэтому чтобы обеспечить $\Delta\psi < 1$, необходимо брать только те значения F , для которых $\lambda < \lambda'$. Эта область для заданного r легко устанавливается с помощью кривой $r_{0m}(\lambda)$ [10].

Из построенных графиков индексов флуктуаций $F(\lambda)$ видно, что самую большую крутизну имеет кривая $F(\lambda)$ радиоисточника PKS 1148—00. Кроме того, из интерферометрических наблюдений на сверхдлинных базах он известен как, вероятно, однокомпонентный радиоисточник с очень малыми угловыми размерами (0,"002) [11]. Поэтому радиоисточник PKS 1148—00 нами был выбран как калибровочный однокомпонентный точечный.

При определении интенсивностей мерцающих компонент можно пользоваться выражением (1), приведя его к виду

$$S_m = S_0 \cdot \frac{F}{F_0}, \quad (3)$$

где индекс флуктуаций F исследуемого источника при выбранном r определяется из экспериментальных данных, а индекс флуктуаций

калибровочного источника F_0 считается известным. Поэтому точность вычисления $S_{\lambda}(\lambda)$ с помощью (3) зависит от точности знания $F_0(\lambda)$.

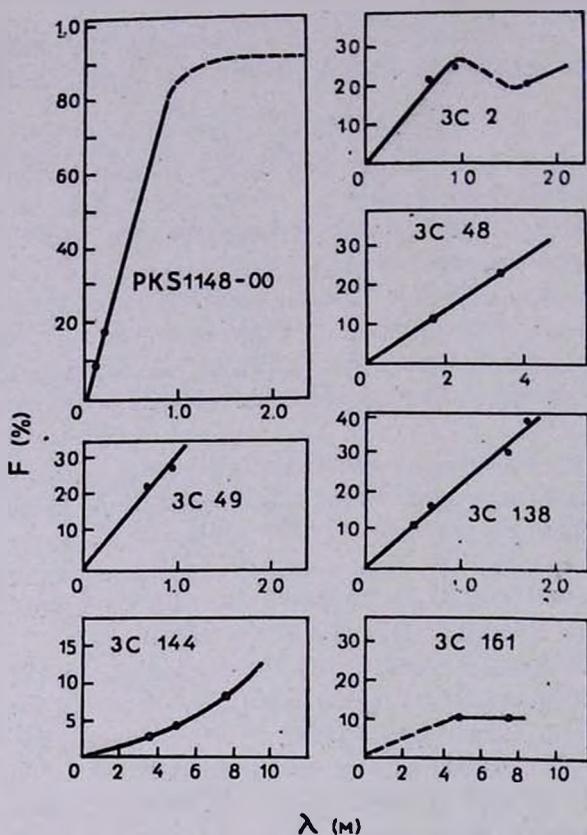


Рис. 1. Зависимость индекса флуктуаций F от длины волны принимаемого радионизлучения λ при $r=0,4$ а. е.

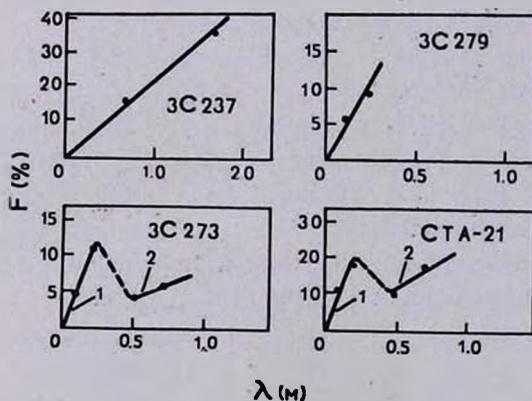


Рис. 2. Зависимость индекса флуктуаций $F(\lambda)$ при $r=0,4$ а. е.

Из экспериментальных данных известны значения $F_0(\lambda)$ радиоисточника PKS 1148—00, выбранного как калибровочный, только на двух длинах волн—на 11 и 21 см. При экстраполивании вне этих значений мы исходили из следующих соображений:

1) для однокомпонентного точечного источника $F_0(\lambda) \sim \lambda$, пока $F_0(\lambda)$ не превышает значения $0,7 \div 0,8$;

2) при больших значениях λ $F_0(\lambda)$ должна расти медленнее и постепенно достигать своего максимального значения—(0,9—1,0), а при дальнейшем увеличении λ $F_0(\lambda)$ должна загнуться вниз.

Как видно из [10], при выбранном значении $r=0,4$ а. е. $F_0(\lambda)$ достигает своего максимума на $\lambda=2,5$ м. Поэтому на длинах волн короче 2,5 м можно пользоваться экстраполированной кривой $F_0(\lambda)$ радиоисточника PKS 1148—00. Дополнительные ошибки при определении значений $F_0(\lambda)$ могут возникать из-за незнания точного хода функции $F_0(\lambda)$, когда F_0 превышает значения 0,8—0,9. Однако на длинах волн короче 1,0 м $F_0(\lambda)$ можно экстраполировать отрезком прямой линии, крутизна которой известна из экспериментальных данных—0,85 м⁻¹.

С помощью выражения (3), значений интенсивностей $S(\lambda)$ [12—14], а также известных значений F и F_0 определены спектры мерцающих компонент исследуемых радиоисточников, которые вместе со спектрами соответствующих источников приведены на рис. 3 и 4. При вычислении интенсивностей $S_M(\lambda)$ мерцающих компонент не учитывалось уменьшение значений индексов флуктуаций F из-за конечных значений угловых размеров мерцающих компонент. При известных угловых размерах компактных компонент и размерах неоднородностей межпланетной плазмы при выбранном $r=0,4$ а. е. можно было учитывать необходимую поправку. Соответствующие ошибки при угловых размерах (диаметра) на уровне e^{-1} гауссовского распределения радиояркости $2\theta_1=0",2$ и размерах (радиусов корреляции) неоднородностей межпланетной плазмы 200 км не превышают 15%.

Остановимся на особенностях приведенных графиков $F(\lambda)$ и спектров мерцающих компонент исследуемых радиоисточников.

Несмотря на то что зависимость индекса флуктуаций от длины волны квазара 3С 48 представляется прямой линией, квазар 3С 48 состоит из мерцающего и протяженного компонента, причем $\frac{S_M}{S_0} \approx 0,1$, а спектральный индекс мерцающего компонента равен спектральному индексу всего источника.

Индексы флуктуаций радиоисточников 3С 49, 3С 138, 3С 237 тоже несколько меньше, чем в случае калибровочного источника. Соответствующие зависимости $F(\lambda)$ этих источников тоже можно представить прямой линией. Однако расположение имеющихся значений F на одной линии—только необходимое условие двухкомпонентной модели. Поэтому значения индексов флуктуаций этих радиоисточников необходи-

мо иметь в широком диапазоне частот, чтобы построить адекватные модели этих источников.

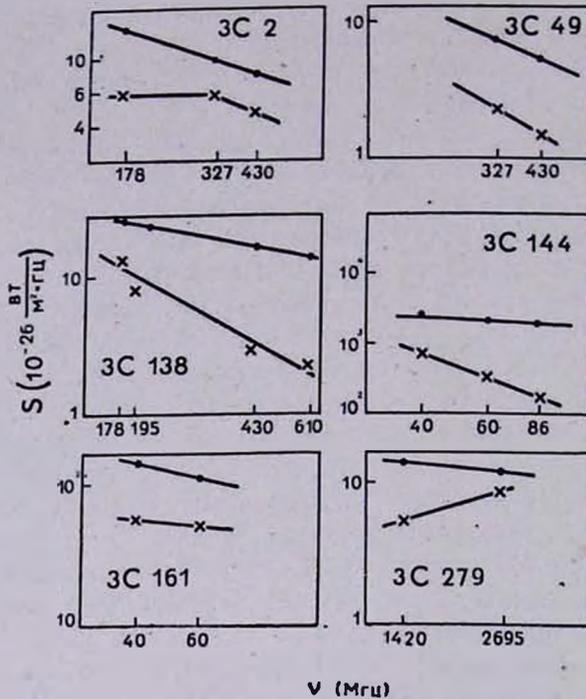


Рис. 3. Спектры исследуемых радиосточников (•) и их мерцающих компонент (x).

Имеющиеся три значения F радиосточника 3C 2 невозможно представить одной прямой линией, проходящей через начало координат. Поэтому надо полагать, что радиосточник 3C 2 скорее всего имеет два мерцающих компонента с разными спектральными индексами.

Зависимость $F(\lambda)$ радиосточника 3C 144 (Крабовидная туманность), как видно из рис. 1, растет быстрее, чем $F(\lambda) \sim \lambda$. Это значит, что спектральный индекс компактного источника 3C 144 можно определить из равенства:

$$1 + \alpha_m - \alpha = n, \quad (4)$$

где n — показатель степенной зависимости $F(\lambda) \sim \lambda^n$, полученной из экспериментальных данных. Имеющиеся значения $F(\lambda)$ радиосточника 3C 144 удовлетворяют квадратичной зависимости $F(\lambda) \sim \lambda^2$. Следовательно, при $n=2$, $\alpha_{3C 144} = 0,2$

$$\alpha_m = \alpha + (n-1) = 1,2.$$

Спектральные индексы радиосточника 3C 279 и его мерцающего компонента в дециметровом диапазоне волн имеют разные знаки—

спектральный индекс ЗС 279—положительный ($S \sim \nu^{-\alpha}$), а спектральный индекс его мерцающего компонента — отрицательный. Сопоставляя

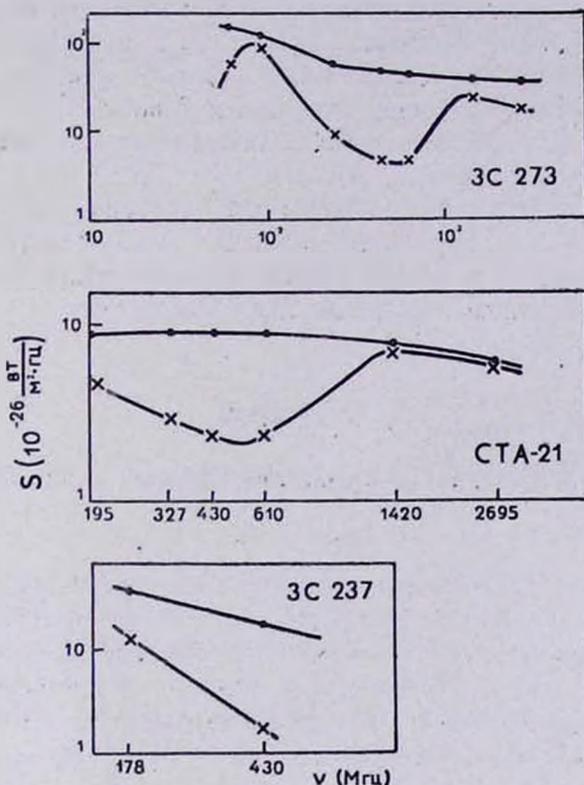


Рис. 4. Спектры радиосточников (•) и их мерцающих компонент (x).

указанные спектры и принимая во внимание наличие мерцаний ЗС 279 на низких частотах, можно прийти к заключению, что в ЗС 279 имеется второй компактный компонент, который доминирует на частотах ниже 500 Мгц.

Зависимости $F(\lambda)$ радиосточников ЗС 273 и СТА 21 имеют сложный характер (рис. 2). Имеющиеся значения F каждого радиосточника группируются вокруг двух линий, проходящих через начало координат. На длинах волн короче 25 см крутизна линии 1) почти совпадает с крутизной калибровочного источника PKS 1148—00, а на длинах волн длинее 30 см крутизна линии 2) намного меньше крутизны $F_0(\lambda)$ калибровочного источника. Как видно из приведенных спектров мерцающих компонент, спектр мерцающих компонент квазара ЗС 273 можно разложить на три простых спектра, каждый из которых доминирует в определенной части спектра, а спектр мерцающих компонент СТА 21—

на два простых спектра, один из которых доминирует на частотах выше 500 Мгц, а второй—на сравнительно высоких частотах.

Методом межпланетных мерцаний подтверждаются наличие двух компактных компонент в радиосточнике СТА 21 и сложная структура (наличие трех или более компактных компонент) квазара 3С 273. Из вышесказанного следует также, что радиосточники 3С 273 и СТА 21 нельзя использовать как первичные калибровочные источники (особенно на длинах волн длиннее 25 см).

Таким образом, методом межпланетных мерцаний удается исследовать внутреннюю структуру радиосточников, если минимальное угловое расстояние последних от центра Солнца дает возможность наблюдать межпланетные мерцания в широком диапазоне частот.

15 ноября 1974 г.

Վ. Գ. ՓԱՆԱԶՅԱՆ

ՄԻ ՔԱՆԻ ՌԱԴԻՈԱՂՔՅՈՒՐՆԵՐԻ ԱՌԿԱՅՇՈՂ ԲԱՂԱԴՐԻՉՆԵՐԻ ՍՊԵԿՏՐՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Դիտարկված է երկբաղադրիչ ռադիոաղբյուրի միջմոլորակային առկայծոմաների գործակցի կախումը ընդունված ալիքի երկարութունից: Ստացված արդյունքներն օգտագործված են ռադիոաղբյուրների ներքին կառուցվածքն ուսումնասիրելու համար: Հետազոտվող և կետային ռադիոաղբյուրների առկայծոմաների գործակիցներով որոշված են հետազոտվող բազմաբաղադրիչ ռադիոաղբյուրների առկայծող բաղադրիչների սպեկտրները:

V. G. PANAJIAN

THE SPECTRA OF THE SCINTILLATING COMPONENTS OF SOME RADIO SOURCES

Summary

IP scintillation indices $F(\lambda)$ of double radio sources consisted of small ($\theta_1 \leq 0''.05$) and extended ($\theta_2 > 2''$) components are considered. The obtained results are used for investigation of the structure of scintillating radio sources. On the basis of the observational data the spectra of scintillating components of double and multiple radio sources are determined.

ЛИТЕРАТУРА

1. L. I. Little and A. Hewish, M. N., 138, 393, 1968.
2. L. I. Little and A. Hewish, M. N. 134, 221. 1966.
3. M. H. Cohen, E. J. Gundermann and D. F. Harris, Ap. J., 150, 767, 1967.

4. *M. H. Cohen, E. Gundermann*, *Ap. J.*, 155, 645, 1969.
5. *D. E. Harts, G. A. Zetslig and R. V. Lovelace*, *Astron. and Ap.*, 27, 105, 1974.
6. *G. Boirgols and C. Cheynet*, *Astron. and Ap.*, 21, 25, 1972.
7. *Pramesh Rao, S. M. Bhendari and S. Ananthakrishnan*, *Aust. J. Ph.*, 27, 105, 1974.
8. *Т. Д. Антонова, В. Г. Панаджян, В. С. Пынзрь*, *Аст. ж.*, 48, 19, 1971.
9. *В. Г. Панаджян*, *Сообщ. Бюрак. обс.*, 41, 3, 1970.
10. *В. Г. Панаджян*, *Сообщ. Бюрак. обс.*, 49, 46, 1976.
11. *K. I. Kellermann, et al.*, *Ap. J.*, 169, 1, 1971.
12. *K. I. Kellermann, Poullny-Toth*, *Ap. J.*, 157, 1, 1969.
13. *F. W. Horton, R. G. Conway, E. J. Daintree*, *M. N.*, 143, 245, 1969.
14. *The Astrophysical Journal, Supplement Series*, 10, 1965.