

ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ МЕРЦАЮЩЕЙ
КОМПОНЕНТЫ ИСТОЧНИКА ЗС 273 НА ЧАСТОТАХ 86 И 60 МГц

Т. Д. АНТОНОВА, В. В. ВИТКЕВИЧ, В. Г. ПАНАДЖЯН

Поступила 17 июня 1968

Исправлена 18 апреля 1969

Приведены экспериментальные данные мерцаний квазара ЗС 273 на неоднородностях межпланетной плазмы. Путем сравнения характеристик мерцаний источников ЗС 273 и ЗС 48 определены интенсивности радиоизлучения мерцающей компоненты на волнах $\lambda_1 = 3.5$ м и $\lambda_2 = 5$ м. Получен спектральный индекс мерцающей компоненты $\alpha_m = -0.95$. Мерцания относятся к ядру компоненты А источника ЗС 273.

1. Настоящая работа посвящена изучению характеристик мерцаний источника ЗС 273 и получению данных о параметрах мерцающей детали. В случае, если характеристики мерцаний на межпланетной плазме известны (мера мерцаний, квазипериод мерцаний) для точечного источника, то исследование мерцаний неточечных и многокомпонентных источников может дать информацию об угловых размерах и интенсивностях их мерцающих компонент. Этот вопрос независимо исследовался в работах [1—3]. В качестве первого и очевидного этапа проводились исследования с целью выявления мерцающих источников или их деталей. Такие исследования привели ряд авторов к обнаружению многих мерцающих, а значит имеющих угловые размеры $1''$, источников в широком диапазоне длин волн.

В настоящей статье мы анализируем спектр мерцаний и приводим некоторые данные об источнике ЗС 273 на волнах $\lambda_1 = 3.5$ м и $\lambda_2 = 5$ м.

2. Наблюдения за мерцаниями указанного источника проводились с июня по декабрь 1967 г. на линии В-3 ДКР-1000 на длинах волн 3.5 и 5 м (приемник на длине волны 5 м был предоставлен радиоастроно-

мическим отделом Бюраканской астрофизической обсерватории). По полученным записям определялись мера мерцаний $f = \overline{|\Delta J_{\max}|} / I$ и средний квазипериод мерцаний T . На рис. 1 приведены полученные значения меры мерцаний f в зависимости от угловых расстояний источника от Солнца φ , причем стрелками вниз указаны дни, для которых мерцания не были обнаружены с точностью, соответствующей данной ординате. Как видно из рис. 1а, на волне $\lambda = 3.5$ м для углов меньше 15° мерцания не наблюдаются. Для больших значений φ в большинстве случаев мерцания четко наблюдаются, однако для ряда дней их обнаружить не удалось. Из рис. 1б видно, что на волне 5 м мерцания четко наблюдаются на расстояниях $\varphi > 20^\circ$.

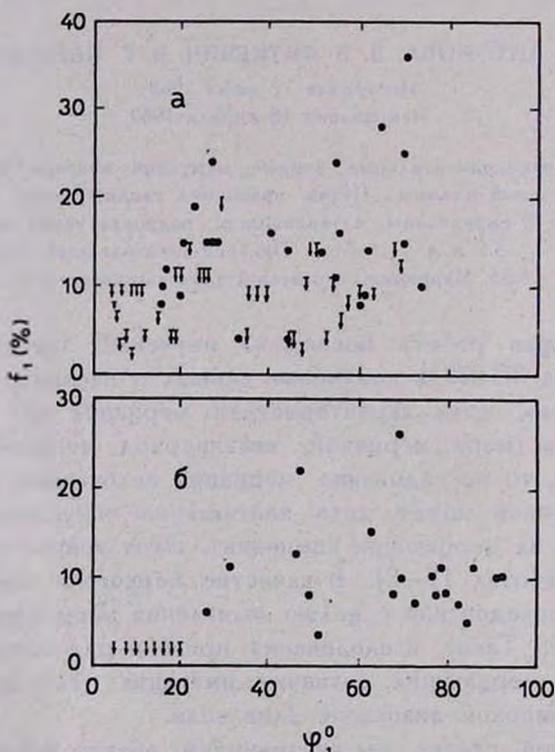


Рис. 1. Значения меры мерцаний f для источника ЗС 273, 1967; а) $\lambda = 3.5$ м, б) $\lambda = 5$ м. Стрелками обозначен верхний предел значений f для случаев, когда мерцания не были обнаружены, φ — угловые расстояния от источника до Солнца в градусах.

На рис. 2 приведены средние значения меры мерцаний \bar{f} на двух длинах волн для источника ЗС 273. Для сравнения на этом же рисунке приведены средние значения меры мерцаний источника ЗС 48 на длине

волны 3.5 м. Анализ этих величин на двух волнах показывает, что мера мерцаний источника ЗС 273 на волне $\lambda = 5$ м меньше, чем на $\lambda = 3.5$ м. Кроме этого, для источника ЗС 273 четко виден загиб кривой $f(\varphi)$ в сторону уменьшения при уменьшении φ на обеих длинах волн. Это говорит о том, что эффективный угловой размер источника ЗС 273 на волне $\lambda = 3.5$ м больше, чем угловой размер источника ЗС 48.

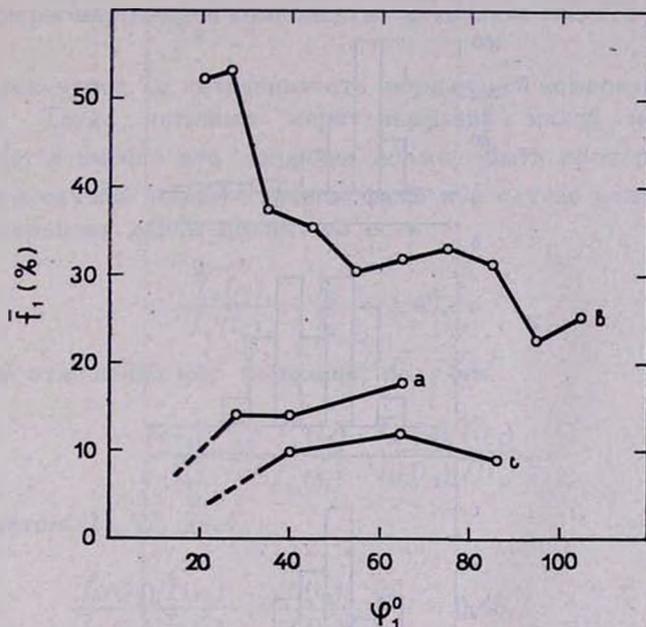


Рис. 2. Зависимость среднего значения меры мерцаний \bar{f} от углового расстояния φ (усреднение за интервалы в 10°): а) источник ЗС 273, $\lambda=3.5$ м, б) источник ЗС 273, $\lambda=5$ м, в) источник ЗС 48, $\lambda=3.5$ м.

3. Обратимся теперь к гистограммам квазипериодов мерцаний. На рис. 3 приведены гистограммы квазипериодов мерцаний источника ЗС 273 для описываемого цикла наблюдений. Для сравнения на этом же рисунке приведена гистограмма квазипериодов мерцаний источника ЗС 48 на волне $\lambda = 3.5$ м.

Из сравнения гистограмм двух источников (а и б) на волне $\lambda = 3.5$ м видно, что средний квазипериод мерцаний источника ЗС 273 заметно больше, чем источника ЗС 48. Это также указывает на то, что угловые размеры источника ЗС 273 на волне $\lambda = 3.5$ и 5 м больше, чем размеры источника ЗС 48, что находится в согласии с приведенным в разделе 2 заключением. Гистограммы б, и в, показывают, что

средние квазипериоды мерцаний источника ЗС 273 практически одинаковы на двух волнах.

4. Теперь проанализируем полученные значения меры мерцаний. Как известно, при малом набеге фазы $\overline{\Delta s^2} < 1$ мера мерцаний точеч-

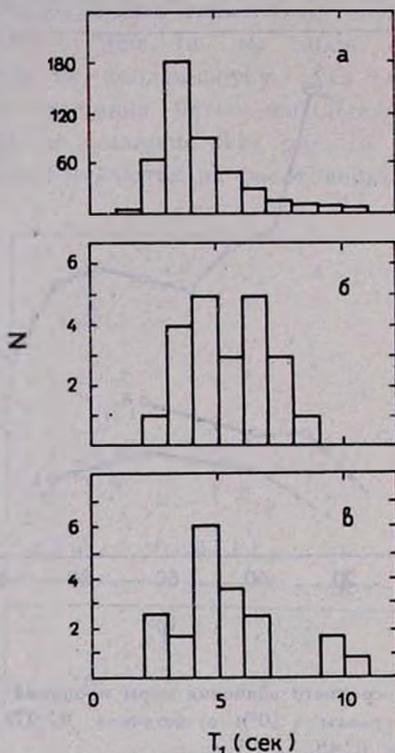


Рис. 3. Гистограммы квазипериодов мерцаний. а) ЗС 48, $\lambda = 3.5$ м, б) ЗС 273, $\lambda = 3.5$ м, в) ЗС 273, $\lambda = 5$ м.

ного источника $f^0(\lambda) \sim \lambda$. Для источника ЗС 273 отношение средних мер мерцаний на длинах волн 5 и 3.5 м на расстоянии $\varphi = 65^\circ$ равно (см. рис. 2)

$$\frac{\bar{f}(\lambda_2)}{\bar{f}(\lambda_1)} = \frac{12\%}{17.5\%} = 0.7 < 1.43 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}. \quad (1)$$

Этот результат можно объяснить либо тем, что на волне $\lambda = 5$ м угловые размеры источника заметно больше, чем на волне $\lambda = 3.5$ м, либо, в случае, если источник состоит из двух компонент (ядро $< 1''$ и гало $\gg 1''$), малая, а значит мерцающая компонента источника

ЗС 273 на волне $\lambda = 3.5$ м составляет большую долю по потоку от всего источника, чем на волне $\lambda = 5$ м*.

Сравнение гистограмм рис. 36 и 3в показывает, что между средними значениями квазипериодов мерцаний источника ЗС 273 на двух волнах (5.2 и 5.5 сек на 5 и 3.5 м соответственно) нет заметной разницы. Это позволяет считать, что на длинах волн 3.5 и 5 м угловые размеры мерцающей компоненты источника ЗС 273 примерно одинаковы.

Обозначим через \bar{I}_M интенсивность мерцающей компоненты источника ЗС 273. Тогда истинная мера мерцаний малой компоненты $f_a = |\Delta I_{\max}| / \bar{I}_M$, и именно эта величина должна быть пропорциональна длине волны в случае малого набега фазы и в случае независимости угловых размеров от длины волны, то есть

$$\frac{f_a(\lambda_2)}{f_a(\lambda_1)} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = 1.43. \quad (2)$$

Преобразовав отношение мер мерцаний, получим

$$\frac{f(\lambda_2)}{f(\lambda_1)} = \frac{f_a(\lambda_2)}{f_a(\lambda_1)} \cdot \frac{\bar{I}_M(\lambda_2) / \bar{I}(\lambda_2)}{\bar{I}_M(\lambda_1) / \bar{I}(\lambda_1)}, \quad (3)$$

которое с учетом (1), (2) дает

$$\frac{\bar{I}_M(\lambda_2) / \bar{I}(\lambda_2)}{\bar{I}_M(\lambda_1) / \bar{I}(\lambda_1)} = \frac{f(\lambda_2)}{f(\lambda_1)} \cdot \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = 0.48. \quad (4)$$

Таким образом, на волне $\lambda = 5$ м мерцающая компонента составляет по потоку почти в 2 раза меньшую часть всего источника, чем на волне $\lambda = 3.5$ м.

Оценку относительной интенсивности мерцающей компоненты источника ЗС 273 на волне $\lambda = 3.5$ м можно получить из сравнения мерцаний источников ЗС 273 и ЗС 48.

* Следует отметить что в случае двух или больше чисел мерцающих компонент, расположенных на угловом расстоянии большем, чем угловой размер неоднородностей, флуктуации их интенсивностей являются независимыми случайными процессами, и наблюдаемая мера мерцаний будет определяться формулой

$$f = \frac{\sqrt{\Delta I_1^2 + \Delta I_2^2 + \dots + \Delta I_n^2}}{\bar{I}}, \text{ где } \Delta I_1, \Delta I_2, \dots, \Delta I_n - \text{ флуктуации интенсивности каждой}$$

мерцающей компоненты, пропорциональные интенсивностям этих компонент, \bar{I} — общая интенсивность источника, равная сумме интенсивностей всех компонент, включая немерцающие. Дальнейшие расчеты сделаны в предположении одной малой компоненты.

На расстояниях $\varphi > 60^\circ$ среднеквадратичный набег фазы мал на волнах $\lambda \leq 5$ м [8]. Тогда можно использовать соотношения, связывающие значения меры мерцаний и величины квазипериодов мерцаний с угловыми размерами источника в предположении гауссовского распределения яркости по нему [1]:

$$\frac{f}{f^0} = \left[1 + 2 \left(\frac{L\theta}{a} \right)^2 \right]^{-1/2} \equiv \beta^{-1}$$

$$\frac{T}{T^0} = \left[1 + 2 \left(\frac{L\theta}{a} \right)^2 \right]^{1/2} \equiv \beta,$$

где f^0 и T^0 — мера мерцаний и средний квазипериод мерцаний точечного источника, f и T — то же для протяженного источника с гауссовским распределением яркости и радиусом по уровню e^{-1} , равным θ , L — расстояние до слоя неоднородностей, a — характерный размер неоднородностей межпланетной среды.

Приняв за точечный источник ЗС 48**, получим на волне $\lambda = 3.5$ м (T^0 из [7])

$$\beta = \frac{T}{T^0} = \frac{5.5 \text{ сек}}{4.0 \text{ сек}} = 1.37.$$

Тогда мера мерцаний источника ЗС 273 с учетом замазывания дифракционной картины равна $\beta f = 1.37 f$. Если (см. рис. 2) на угловом расстоянии от Солнца

$$\bar{f}^0(\lambda_1) = 0.3, \quad \bar{f}(\lambda_1) = 0.175,$$

то для относительной интенсивности на длине волны 3.5 м получаем

$$\frac{\bar{I}_M(\lambda_1)}{\bar{I}(\lambda_1)} = 0.77. \quad (5)$$

Учитывая (4) и (5), на длине волны 5 м получим

$$\frac{\bar{I}_M(\lambda_2)}{\bar{I}(\lambda_2)} = 0.37. \quad (6)$$

Используя значение потока источника ЗС 273 на длине волны 3.5 м, равное $I(\lambda_1) = 160 \cdot 10^{-26} \text{ вт/м}^2 \cdot \text{цл}$ [9] и принимая спектральный индекс $\alpha = 0.7$ ($I \sim \nu^{-\alpha}$) в диапазоне длин волн $1.7 \div 7.9$ м [9—11] по-

** Очевидно, что в случае, если ЗС 48 имеет конечные угловые размеры, численные результаты расчета почти не изменятся, если распределение радиояркости по нему имеет также гауссовскую форму.

лучим для мерцающей компоненты спектральный индекс $\alpha_M = -0.95$ и значения потоков на волнах $\lambda_1 = 3.5$ м и $\lambda_2 = 5$ м $105 \cdot 10^{-26}$ вт/м²·ц и $75 \cdot 10^{-26}$ вт/м²·ц соответственно.

Как показывают затменные наблюдения [12, 13], наблюдаемые мерцания можно отнести к ядру компоненты А источника ЗС 273.

Один из авторов (В. Г. П.) благодарит В. В. Виткевича за предоставление возможности проведения наблюдений на ДКР-1000 на длине волны 5 м.

Физический институт
им. П. Н. Лебедева АН СССР
Ереванский Государственный
университет

ESTIMATION OF INTENSITIES OF FLUCTUATING COMPONENT OF RADIO SOURCE ЗС 273 AT FREQUENCIES 86 AND 60 mhz

T. D. ANTONOVA, V. V. VITKEVITCH, V. G. PANAJIAN

The paper presents the data on scintillations of quasar ЗС 273 on irregularities of interplanetary plasma. The intensities of the fluctuating component are determined by comparing the scintillating characteristics of ЗС 273 and ЗС 48 at wave-lengths 3.5 and 5 m. The spectral index of the scintillating component is -0.95 .

The scintillations are ascribed to the core of component А of ЗС 273.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. L. T. Little, A. Hewish, M. N., 134, 221, 1966.
2. M. N. Cohen, Science, 153, № 3737, 1966.
3. В. В. Виткевич, Труды ФИАН, 38, 80, 1967.
4. A. Hewish, S. E. Oke, Nature, 207, № 4992, 1965.
5. M. N. Cohen et al., Ap. J., 150, 767, 1967.
6. Т. Д. Антонова, В. В. Виткевич, Т. В. Шабанова, Астрон. цирк., 447, 4, 1967.
7. Т. Д. Антонова, В. В. Виткевич, Астрон. ж., 45, 991, 1968.
8. Т. Д. Антонова, Астрон. цирк., 486, 1968.
9. В. С. Артюх и др., Потоки и спектральные индексы источников ЗС и ЗСР каталогов на частоте 86 мц, препринт № 82, ФИАН, М., 1967.
10. В. С. Артюх, В. В. Виткевич, Р. Д. Дагкесаманский, Астрон. ж., 44, 984, 1967.
11. А. М. Асланян и др., Астрофизика, 4, 1, 129, 1968.
12. J. A. Bailey, N. J. B. A. Branson, Nature, 201, № 4921, 1964.
13. C. Hazard, S. Gulkis, A. D. Bray, Nature, 212, № 5061, 1966.