

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 14

МАЙ, 1978

ВЫПУСК 2

УДК 523.164

НАБЛЮДЕНИЯ РАДИОВСПЫШЕК ЗВЕЗД В ОБЛАСТИ ЗВЕЗДНОГО СКОПЛЕНИЯ ПЛЕЯДЫ НА ЧАСТОТЕ $327 M_{\mu}$

В. А. САНАМЯН, В. Р. ВЕНУГОПАЛ, О. С. ЧАВУШЯН

Поступила 8 июля 1977

Пересмотрена 14 февраля 1978

Приводятся результаты радионаблюдений вспышек звезд в области Плеяд, проведенных в 1973—1974 гг. на частоте $327 M_{\mu}$ с помощью Ути-радиотелескопа. Одновременные оптические наблюдения проводились в Бюраканской и Абастуманской обсерваториях. В пяти случаях оптические вспышки звезд находились в пределах диаграммы направленности антенны радиотелескопа. Все они в оптическом диапазоне имели довольно высокую светимость, однако на частоте $327 M_{\mu}$ ни в одном случае величина сигнала не превышала предел чувствительности радиотелескопа. Сравнение данных наших наблюдений с данными радионаблюдений звезды T53b Плеяд не показывает определенной корреляции между энергиями вспышек в радио и оптических диапазонах. Обсуждается также природа возникновения ряда интенсивных радиосигналов вспышечного характера, которые записывались при наблюдениях указанной выше области, однако в тех интервалах времени, когда параллельные оптические наблюдения не проводились.

Наличие мощных солнечных радиовспышек послужило основанием для поиска радиовспышек у других звезд, прежде всего у звезд, проявляющих активность в видимой части спектра. Первые успешные наблюдения делались для соседних с Солнцем звезд типа UV Кита на частотах 240 и $408 M_{\mu}$ [1—5].

Одновременные оптические и радионаблюдения звезд типа UV Кита недавно проводились на частотах 318 и $430 M_{\mu}$ [6]. За 58 часов наблюдений были зарегистрированы 62 оптические и 13 радиовспышек. Данные этих наблюдений показали, что связь между радио и оптическими вспышками этих звезд сложная. Не наблюдается какой-либо корреляции между радио и оптическими параметрами вспышки, такими, как мощность взрыва, время максимума вспышки, продолжительность вспышки и т. д.

Более перспективными представляются наблюдения молодых звездных агрегатов, в которых имеется много вспыхивающих звезд и вероятность

того, что в сравнительно коротком интервале времени могут вспыхнуть несколько звезд, большая.

Впервые вопросом радиовспышек звезд в звездных агрегатах заинтересовались австралийские радиоастрономы [7—8]. Они на частотах 136, 170 и 408 $M_{\text{Гц}}$ с помощью Паркского радиотелескопа наблюдали радиовспышки звезд в звездном агрегате Орион. В 1963 г. и 1968 г. они зарегистрировали 9 вероятных случаев радиовспышек звезд в этом агрегате.

В Бюраканской обсерватории, где интенсивно занимаются изучением вспыхивающих звезд в звездных агрегатах, в частности в Плеядах [9—13], тоже возник естественный интерес выяснить, проявляют ли звезды в агрегатах вспыхивающую активность также в радиодиапазоне, в частности на метровых длинах волн?

Первая попытка наблюдать радиовспышки звезд в Плеядах делалась на частотах 170 и 327 $M_{\text{Гц}}$ [14]. Хотя эффективное время этих наблюдений было всего 8 часов, тем не менее был зарегистрирован вероятный случай радиовспышки звезды Т53b на частоте 170 $M_{\text{Гц}}$.

Другая серия наблюдений радиовспышек звезд в Плеядах, о результатах которых будет идти речь в настоящей статье, проводилась на частоте 327 $M_{\text{Гц}}$ с помощью индийского радиотелескопа в Утакамунде (Ути-радиотелескоп) [15] в 1973 г. и 1974 г. Одновременные оптические наблюдения проводились в Бюраканской астрофизической обсерватории АН Армянской ССР и в Абастуманской астрофизической обсерватории АН Грузинской ССР.

Радионаблюдения. Для проведения исследования радиовспышек звезд в звездных агрегатах наиболее удобными являются радиотелескопы, обладающие высокой чувствительностью, возможностью продолжительного слежения и сравнительно широкой диаграммой антенны. С этой точки зрения выбранный нами Ути-радиотелескоп является одним из наиболее подходящих радиотелескопов в метровом диапазоне.

Он имеет рекордную эффективную площадь антенны ($\sim 8000 \text{ м}^2$), высокую чувствительность приема (~ 0.2 ед. потока в режиме слежения), сравнительно широкую диаграмму антенны (~ 1.3 кв. градуса для склонения Плеяды) и возможность длительного слежения за источником радиополучения (~ 9.5 часов в сутки).

Радионаблюдения области агрегата Плеяды проводились четырьмя сериями: с 26 сентября по 3 октября 1973 г., с 25 октября по 3 ноября 1973 г., с 14 октября по 20 октября 1974 г. и с 14 ноября по 19 ноября 1974 г.

Все наблюдения проводились методом слежения. Антенна направлялась на звезду Альцион ($\alpha_{1950} = 3^{\text{h}}41^{\text{m}}30^{\text{s}}$, $\delta_{1950} = 23^{\circ}47'45''$) и непрерывно следила за ней в течение 8—9 часов в сутки. Для оценки ве-

личины сигнала ожидаемой радиовспышки каждый день, в начале и в конце наблюдения, записывался сигнал эталонного радионисточника. В качестве эталонных источников использовались радионисточники ЗС 43, 138, 190, 241, 361 и 436, величины радиопотоков которых на частоте 327 Мгц измерены с высокой точностью.

Оптические наблюдения. Одновременные оптические наблюдения проводились на 40 и 21" телескопах системы Шмидта Бюраканской обсерватории и на 28" телескопе системы Максудова Абастуманской обсерватории. Поле зрения 40, 28 и 21" телескопов составляет соответственно 18, 22 и 25 кв. градуса. Все оптические наблюдения проводились методом, подробно описанным в [16].

Результаты наблюдений. Даты и интервалы радио и оптических наблюдений по всемирному времени приведены в табл. 1. Эффективное время радионаблюдений области Плеяд составляло 210 часов. Суммарное время наблюдений на всех трех оптических телескопах составляло 144 часа, из которых 64 часа перекрывались на двух или всех трех телескопах, а 80 часов — независимые.

За время совместных радио и оптических наблюдений были зарегистрированы около 30 оптических вспышек в Плеядах. Из них 5 вспышек звезд попали в область, охваченную диаграммой антенны радиотелескопа. Эта область, с учетом склонения Плеяд и первых боковых лепестков крайних лучей диаграммы антенны в плоскости скопления, ограничена пределами: $03^{\text{h}}37^{\text{m}} < \alpha < 03^{\text{h}}46^{\text{m}}$ и $23^{\circ}26' < \delta < 24^{\circ}09'$. Список этих звезд и характеристики их вспышек приведены в табл. 2. Для сравнения там же приведены характеристики вспышки звезды Т53b Плеяд. Во втором столбце табл. 2 приведены номера вспыхивающих звезд в Плеядах по единой системе нумерации [17], в седьмом — величины усредненной по времени экспозиции светимости вблизи максимума (L_{max}), которая определяется согласно работе [18]. Величины коэффициентов плотности излучения брались из [19].

Как показывают данные табл. 2, все обнаруженные нами оптические вспышки были достаточно мощными. Их светимость в максимуме составляла $3 \cdot 10^{30} \text{ эрг/сек}$. На один порядок больше светимость имела вспышка звезды Т53b Плеяд. У звезд Ориона наблюдались вспышки, светимости которых в максимуме блеска были на один-два порядка больше [7, 8], а у звезд типа UV Кита, наоборот, на один-два порядка меньше [3].

Ни в одном из пяти наблюдаемых нами случаев оптических вспышек, при самом тщательном осмотре записей, не было обнаружено заметного превышения радиосигнала над нормальными шумами радиометра. Кроме того, у звезды № 55, принадлежащей агрегату Гиады, расстояние которой

Таблица 1

ДАТЫ И ИНТЕРВАЛЫ РАДИО И ОПТИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ
ОБЛАСТИ ЗВЕЗДНОГО СКОПЛЕНИЯ ПЛЕАДЫ

Дата	Время наблюдений (UT)					
	Радио на 327 МГц в Утакамунде		Оптические			
			в Бюракане		в Абастумани	
	начало	конец	начало	конец	начало	конец
25/26.09.1973	18 ^h 20 ^m	01 ^h 00 ^m	20 ^h 16 ^m	01 ^h 40 ^m	—	—
26/27 " "	18 30	02 30	—	—	22 ^h 22 ^m	01 ^h 11 ^m
27/28 " "	18 00	00 40	20 30	01 40	20 56	01 16
28/29 " "	20 30	00 30	20 30	01 45	20 48	01 07
2/ 3.10 " "	20 30	04 30	—	—	20 57	00 51
30/31 " "	19 15	20 05	—	—	20 37	00 57
25/26 " "	15 30	02 30	—	—	—	—
26/27 " "	15 30	02 30	—	—	19 23	00 58
27/28 " "	16 30	01 30	18 31	01 26	19 23	23 45
28/29 " "	15 30	02 30	18 11	19 12	—	—
29/30 " "	15 30	02 15	—	—	—	—
30/31 " "	15 30	01 30	—	—	—	—
31 " "	15 30	20 30	—	—	—	—
1/ 2 " "	15 30	01 30	—	—	—	—
2/ 3 " "	16 30	01 30	—	—	—	—
3 " "	16 00	17 30	—	—	—	—
14/15.10.1974	16 15	01 30	22 00	01 46	18 22	01 04
15/16 " "	15 45	01 30	20 08	22 08	18 08	02 01
16/17 " "	19 30	01 00	19 19	02 00	18 00	01 56
17/18 " "	15 15	02 30	18 49	01 58	18 00	01 39
18/19 " "	16 40	01 30	19 00	02 08	18 00	00 12
19/20 " "	16 30	02 45	20 28	02 00	18 00	01 17
20/21 " "	17 00	02 45	19 39	02 12	18 00	01 17
13/14.11.1974	15 00	01 45	—	—	—	—
14/15 " "	14 30	01 45	—	—	—	—
15/16 " "	16 30	01 30	—	—	—	—
16/17 " "	17 15	01 00	22 05	23 06	—	—
18/19 " "	16 30	01 30	—	—	—	—
19/20.11 " "	17 45	00 45	—	—	—	—

(40 пс) в 3 раза меньше, чем расстояние до Плеяд и показавшей достаточно мощную оптическую вспышку, тоже не наблюдалась радиовспышка. Таким образом, при всех приведенных выше вспышках звезд величина радиопотока не превышала $3 \cdot 10^{10}$ вт/м²гц стерадиан на частоте 327 Мгц. Для вспышки же звезды Т53b эта величина составляла $4.5 \cdot 10^{12}$ вт/м²гц стерадиан на частоте 170 Мгц [14].

Таблица 2

Дата	№ звезды	Время максимума вспышки (UT)	Звездная величина в минимуме (m_{pg})	Амплитуда вспышки (Δm_{pg})	$10^{-20} \times L_{max}$ (эрг/сек)	Телескоп
27.10.1973	172	22 51	18.6	3.5	5.2	28"
	"	—	18.6	3.5	5.2	21
18.10.1974	335	21 26	18.1	2.1	1.4	40
	"	21 22	16.9	1.0	1.6	21
20.10.1974	104	22 07	19.5	4.5	4.3	40
	"	22 02	18.5	3.2	4.4	21
	120	23 27	19.9	6.1	1.3	40
	"	23 31	18.9	4.6	1.1	21
21.10.1974	55	00 04	16.9	2.6	2.5	40
	"	—	15.9	1.9	4.1	21
2.10.1972	Т53b	—	22	8.5	17.3	—
14	"	—	21	5.5	7.3	—

Сравнение этих данных с данными табл. 2 показывает, что в видимой области спектра светимости вблизи максимума вспышки звезд, принадлежащих к Плеядам, в том числе и у звезды Т53b, отличаются друг от друга не более, чем в 5—10 раз. Между тем, радиосветимость у звезды Т53b при вспышке на частоте 170 Мгц вблизи максимума оказалась более чем в 100 раз выше, чем у других звезд этого же агрегата на частоте 327 Мгц. Как было отмечено, ни в одном из пяти случаев вспышек на частоте 327 Мгц не был зарегистрирован заметный радиосигнал, и это в том случае, когда чувствительность Ути-радиотелескопа на частоте 327 Мгц была в 50 раз больше по сравнению с чувствительностью радиотелескопа в обсерватории Вермилион Ривер на частоте 170 Мгц. У звезд Ориона такое расхождение не наблюдается. Здесь и радио, и оптические светимости не так заметно отличаются у разных звезд агрегата [7, 8].

Если попытаться объяснить такое расхождение отношений радио и оптической светимостей у разных вспыхивающих звезд Плеяд различием спектров радиовспышек, то придется допустить, что спектральные кривые столь крутые, что в интервале частот 170—327 Мгц, спектральный индекс больше 10.

Поскольку это маловероятно, то приходится принимать, что выводы [6] справедливы и для вспыхивающих звезд агрегатов, т. е. что не существует определенной корреляции между энергиями и другими параметрами радио и оптических вспышек звезд.

О случаях приема сигналов вспышечного характера из области Плеяд. В этом разделе анализируются те случаи приема сигналов внеземного происхождения, которые наблюдались на 327 Мгц из области Плеяд в периоды, когда по разным причинам одновременные оптические наблюдения не проводились. Таких случаев было пять. Их записи приведены на рис. 1.

Внеземное происхождение этих сигналов, по нашему мнению, не вызывает сомнения, так как распределение их знаков на выходе соответствующих каналов радиометра соответствует прохождению через антенну радиотелескопа природного космического радиисточника. Аппаратурные неустойчивости, внешние радиопомехи или сигналы от космических искусственных аппаратов, как отмечалось в [20], не могут вызывать таких отклонений на выходе радиометра. Отрицательный знак сигнала события № 5 на 12-м луче и отсутствие его на других лучах свидетельствуют о том, что положение источника по склонению было смещено относительно 12-го лепестка диаграммы антенны на угол, равный углу между двумя соседними лепестками.

Поскольку эти сигналы внеземные и идут от направления агрегата Плеяды, то вполне логично их отнести к радиовспышкам звезд этого агрегата. Продолжительность, величина и характер зарегистрированных сигналов не противоречат такому предположению. Однако это еще не является достаточным аргументом, чтобы указанные события окончательно отнести к звездным вспышкам. Для этого требуется иметь данные параллельных оптических наблюдений или данные радионаблюдений, проведенных на двух и более разнесенных (в пространстве или по частоте) радиотелескопах.

Тот факт, что указанные события имели место именно тогда, когда не проводились оптические наблюдения, можно считать случайностью, поскольку время радионаблюдений намного превышало время оптических наблюдений.

При анализе данных этих случаев нужно учесть и следующее, весьма важное обстоятельство. С помощью использованных нами оптических телескопов вспышки можно обнаружить только тогда, когда их амплитуда превышает $0.5-0.6^m$. Следовательно, если вспыхнет какая-либо сравнительно яркая звезда (например, 10—11-й величины) с такой, или в десять раз большей абсолютной энергией вспышки, что и слабые звезды с амплитудой $\sim 0.6^m$, то ее нельзя будет обнаружить вследствие малости амплитуды вспышки.

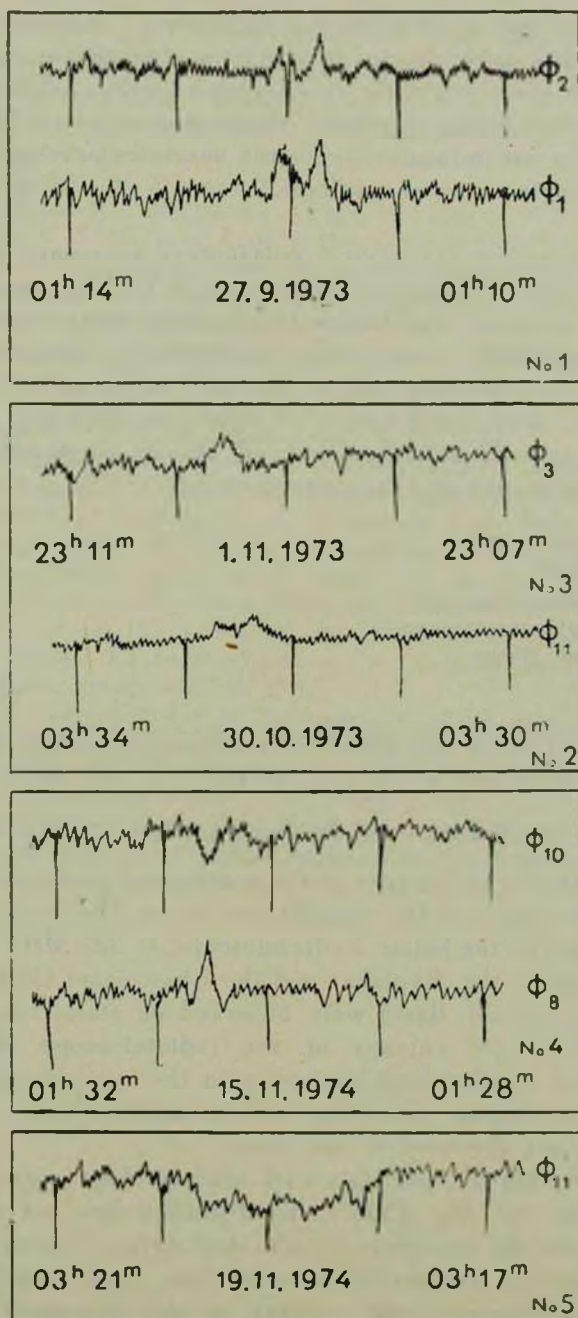


Рис. 1. Запись пяти интересных случаев приема сигнала внеземного происхождения на частоте 327 МГц.

Между тем, при таких вспышках выделяется огромное количество энергии в видимой части спектра и, вероятно, в диапазоне радиоволн. Хорошим аналогом для этого является наличие мощных радиовспышек Солнца, при почти незаметном изменении его видимого блеска. Не исключена возможность, что наблюдавшиеся события являются результатом вспышек таких ярких звезд в большом масштабе.

Авторы выражают глубокую благодарность академику В. А. Амбарцумяну, профессору Г. Сварупу и профессору Л. В. Мирзояну за обсуждение и ценные указания, сотрудникам Бюраканской обсерватории Г. Б. Оганян и Л. К. Ерастовой и сотруднику Абастуманской обсерватории Р. Ш. Нацвлишвили за любезное предоставление результатов их оптических наблюдений, а также сотрудникам Радиоастрономического центра Тата Института фундаментальных исследований Индии за помощь при проведении радионаблюдений на Ути-радиотелескопе.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

Радиоастрономический центр
Тата Института фундаментальных
исследований, Индия

OBSERVATIONS OF RADIO FLARES OF STARS IN THE REGION OF THE PLEIADES AT 327 MHz

V. A. SANAMIAN, V. R. VENUGOPAL, H. S. CHAVUSHIAN

The results of simultaneous radio and optical observations of flares of stars in the region of the Pleiades are given. The radio observations were carried out on the Indian Radiotelescope at 327 MHz and the optical observations at the Byurakan and the Abastumani Observatories. In five cases the optical flares were observed on stars, being within the beam pattern of the antenna of the radiotelescope. All mentioned flares have had a rather high luminosity in the optical range. However at 327 MHz a signal exceeding the sensitivity limit of the radio telescope was not observed in any case.

The comparison of our data with that of other radio observations obtained earlier for the T53b in the Pleiades does not show any correlation between the energies of radio and optical flares.

The nature of a number of intensive flare type radio signals originating in the above-mentioned regions is also discussed in the paper. The recorded signals correspond, however, to the time intervals when simultaneous optical observations were not carried out.

ЛИТЕРАТУРА

1. B. Lovell, Observatory, 81, 191, 1964.
2. B. Lovell, L. H. Solomon, Observatory, 86, 16, 1966.
3. B. Lovell, P. F. Chugatnov, Nature, 203, 1213, 1964.
4. F. L. Whipple, L. H. Solomon, Nature, 193, 228, 1963.
5. C. S. Higgins, L. H. Solomon, F. M. Bateson, Austr. J. Phys., 21, 725, 1968.
6. S.R. Spangler, T. I. Moffet, Ap. J., 203, 497, 1976.
7. O. B. Stee, C. S. Hoggins, Austr. J. Phys., 24, 247, 1971.
8. O. B. Stee, C. S. Higgins, C. R. Roslund, G. Linga, Nature, 244, 1087, 1969.
9. В. А. Амбарцумян, Л. В. Мирзоян, Э. С. Парсаян, О. С. Чавушян, Л. К. Ерастова, *Астрофизика*, 6, 7, 1970.
10. В. А. Амбарцумян, Л. В. Мирзоян, Э. С. Парсаян, О. С. Чавушян, Л. К. Ерастова, *Астрофизика*, 7, 319, 1971.
11. В. А. Амбарцумян, Л. В. Мирзоян, Э. С. Парсаян, О. С. Чавушян, Л. К. Ерастова, Э. С. Казарян, Г. Б. Оганян, *Астрофизика*, 8, 485, 1972.
12. В. А. Амбарцумян, Л. В. Мирзоян, Э. С. Парсаян, О. С. Чавушян, Л. К. Ерастова, Э. С. Казарян, Г. Б. Оганян, И. И. Янкович, *Астрофизика*, 9, 461, 1973.
13. Л. В. Мирзоян, О. С. Чавушян, Л. К. Ерастова, Г. Б. Оганян, Н. Д. Меликян, Р. Ш. Нацвлишвили, М. К. Цветков, *Астрофизика*, 13, 205, 1977.
14. H. M. Tovmassian, G. Haro, J. C. Weber, G. W. Swensen, K. S. Young, K. M. Yoss, D. Deming, F. R. Green, *Astrofizika*, 10, 337, 1974.
15. G. Swarup, N. V. G. Surma, N. M. Yosht, V. K. Kaphai, D. S. Bagri, S. H. Damle, S. Ananthkrishnan, V. Balusubramanian, S. S. Bhave, R. P. Sinha, Nature, 230, 185, 1971.
16. G. Haro, E. Chavira, *Vistas in Astronomy*, 8, ed. A. Beer and K. A. Strand, Pergamon Press, London, 1964, p. 89.
17. G. Haro, *Stars and Stellar Systems*, 7, ed. B. M. Middlehurst and L. H. Aller, University of Chicago Press, Chicago, 1968, p. 141.
18. В. И. Краснобабцев, Р. Е. Гершберг, *Изв. Крымской обс.*, 53, 154, 1975.
19. Р. Е. Гершберг, П. Ф. Чугайнов, *Изв. Крымской обс.*, 40, 7, 1969.
20. В. А. Самаян, *Сообщ. Бюраканской обс. (в печати)*.