

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 13

НОЯБРЬ, 1977

ВЫПУСК 4

О ВОЗМОЖНОЙ ЦИКЛИЧНОСТИ ВСПЫШЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ ВСПЫХИВАЮЩИХ ЗВЕЗД В ПЛЕЯДАХ

А. В. МИРЗОЯН, Г. Б. ОГАНЯН

Поступила 30 августа 1977

Показано, что согласно статистике вспышек только половина вероятных членов агрегата Плеяды, имеющих низкие светимости, обладала вспышечной активностью в период всех наблюдений. Для объяснения этого расхождения с представлением об эволюционном значении фазы вспыхивающей звезды, через которую проходят все карликовые звезды, предложены два допущения: о цикличности вспышечной активности и о большой дисперсии в продолжительности фазы вспышечной активности у звезд одинаковой светимости. Приведены некоторые свидетельства в пользу возможной цикличности вспышечной активности.

Большое число вспыхивающих звезд в звездном агрегате Плеяды в свете представления об эволюционной природе фазы вспышечной активности звезды дали основание В. А. Амбарцумяну [1] заключить, что в этой системе все звезды низких светимостей, начиная от визуальной величины 13.3, должны быть вспыхивающими (эта предельная величина условная и была обусловлена величиной известной тогда самой яркой в системе вспыхивающей звезды).

В дальнейшем, однако, выяснилось, что это заключение в значительной степени расходится с действительной картиной [2]. А именно, оказалось, что среди звезд низких светимостей, являющихся вероятными членами скопления Плеяды, по Герцшпрунгу и др. [3], в интервал фотографических звездных величин 14.50—16.05 попадают 78 звезд. Из них 31 звезда уже наблюдалась во вспышках (13 — по одному разу, 10 — по два раза, а остальные 8 — по три и больше раз).

Кроме того, используя простую формулу [1, 2]

$$n_0 = \frac{n_1^2}{2n_2}, \quad (1)$$

где n_0 , n_1 , и n_2 — числа вспыхивающих звезд, наблюдавшихся во вспышках,

соответственно, по 0, 1 и 2 раза, можно определить число неизвестных среди них вспыхивающих звезд: $n_0 = 8$.

Следовательно, можно утверждать, что в охваченный наблюдениями период вспыхивающей активностью обладали всего 39 звезд из вышеуказанных 78. На основе этих данных следует считать, что лишь половина вероятных членов агрегата Плеяды, имеющих светимости в указанном интервале, обладала в период наблюдений способностью показывать фотографически доступные вспышки.

Последние наблюдательные данные [4] подтверждают этот результат. Из 144 звезд — вероятных по [3] членов системы, имеющих светимости в интервале фотографических величин 12.8—16.8, к 1 мая 1976 г. за время всех наблюдений только 54 звезды показали вспышки и еще 13 звезд по формуле (1) являются неизвестными вспыхивающими. Иначе говоря, около половины вероятных членов системы к этому времени не показали или не способны были показать вспышки, доступные для фотографических наблюдений.

Изменение пределов взятого интервала светимостей практически не меняет указанной доли вспыхивающих звезд среди всех звезд скопления, обладающих светимостями в этом интервале. Например, если, как и раньше, взять интервал фотографических величин 14.50—16.05, то эта доля будет чуть больше половины вероятных членов системы: 41 из 78, причем 35 звезд уже наблюдались во вспышках, а 6 звезд являются потенциально вспыхивающими, по формуле (1).

Таким образом, наблюдения свидетельствуют о том, что только около половины звезд, вероятных по [3] членов скопления Плеяды низких светимостей, в период всех фотографических наблюдений обладали вспыхивающей активностью (показывали или могли бы показывать фотографически доступные вспышки).

Для объяснения этого результата, расходящегося с заключением о том, что все звезды низких светимостей Плеяд являются вспыхивающими, можно предложить два взаимно исключающих предположения:

1. Вспыхивающая активность звезд носит циклический характер типа активности Солнца: за периодами максимальной вспыхивающей активности следуют периоды сравнительного затишья.

2. Вспыхивающие звезды, имеющие одну и ту же массу (и, по-видимому, также светимость), прекращают свою вспыхивающую активность в разное время, причем для объяснения указанного расхождения дисперсия этих времен прекращения должна быть очень большой.

С целью решения этой альтернативы (выбора между указанными двумя предположениями) мы рассмотрели статистику всех зарегистрированных вспышек в области агрегата Плеяды, разделив известные данные на две независимые выборки по времени их получения. В первую выборку

были включены данные фотографических наблюдений области Плеяд, выполненных до 1970 г. (выборка I), а во вторую выборку — данные, полученные после этой даты (выборка II).

Эффективное время наблюдений (t) для обеих выборок приблизительно одинаково, хотя выборка I содержит данные, полученные за значительно более длительный период (1957—69 гг.), чем выборка II (1970—75 гг.).

Следует отметить, что это разделение осуществлено с учетом всех повторных ревизий фотографических наблюдений области Плеяд, в результате которых было обнаружено значительное число новых вспыхивающих звезд и повторных вспышек ранее известных вспыхивающих звезд.

Данные, представленные в табл. 1, характеризуют выборки I и II: n_k — число звезд, наблюдавшихся в k вспышках за соответствующий период времени, а n — число всех вспыхивающих звезд, обнаруженных в этот период. Естественным образом считалось, что выборка II полностью независима от выборки I, то есть относящиеся к ней данные получены в предположении отсутствия данных выборки I.

Таблица 1
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВСПЫХИВАЮЩИХ
ЗВЕЗД В АГРЕГАТЕ ПЛЕАДЫ ДО И
ПОСЛЕ 1970 Г.

k	n_k	
	I ($t=1374^h$)	II ($t=1238^h$)
1	151	240
2	64	42
3	21	26
4	16	10
5	6	11
≥ 6	12	5
n	270	334

Для обеих выборок мы определили числа известных вспыхивающих звезд и сопоставили их с числами вероятных членов агрегата Плеяды [3] (табл. 2). Числа известных вспыхивающих звезд для выборок I и II приблизительно одинаковы. Кроме того, оценки доли вспыхивающих звезд среди вероятных членов, полученные с использованием формулы (1), подтверждают вывод о том, что около половины вероятных членов агрегата Плеяды являются вспыхивающими.

Одинаковое число вспыхивающих звезд среди вероятных членов системы для выборок I и II находится в согласии с обоими высказанными выше предположениями.

Таблица 2
ЧИСЛО ИЗВЕСТНЫХ ВСПЫХИВАЮЩИХ ЗВЕЗД СРЕДИ ВЕРОЯТНЫХ ПО [3] ЧЛЕНОВ АГРЕГАТА ПЛЕАДЫ ДО И ПОСЛЕ 1970 Г.

$m_{\text{пр}}$	Все члены	Из них известные вспыхивающие	
		I	II
12.80—16.80	144	42	38
14.50—16.05	78	28	27

Действительно, при справедливости предположения о существующей большой дисперсии времен прекращения вспышечной активности у вспыхивающих звезд, имеющих одинаковую массу, мы должны считать, что состав совокупности вспыхивающих звезд, составляющих около половины всех звезд низких светимостей в системе Плеяды, остается почти неизменным во времени. А в случае цикличности вспышечной активности следует допустить, что хотя состав совокупности вспыхивающих звезд в системе, из-за циклического характера вспышечной активности, со временем меняется, однако число звезд в этом множестве остается приблизительно постоянным.

Следовательно, поскольку состав наших выборок должен быть разным или одинаковым при справедливости того или другого нашего предположения, то данные, относящиеся к нашим выборкам I и II, можно использовать для выбора между ними следующим образом.

Теоретически ожидаемое число вспыхивающих звезд, показавших по k вспышек в двух, равных по продолжительности, интервалах времени t , равно*

$$n_k = N e^{-2\nu t} \frac{(2\nu t)^{2k}}{k!k!}, \quad (2)$$

где N — общее число вспыхивающих звезд в системе принято одинаковым для обеих выборок, ν — средняя частота вспышек, а t — продолжительность всех фотографических наблюдений системы.

* Эта и последующая формула (3) дают, в действительности, математическое ожидание соответствующих чисел, в пуассоновском приближении, что вполне допустимо при представлении распределения вспышек во времени для каждой отдельной вспыхивающей звезды [2].

С другой стороны, число n_{2k} звезд, наблюдавшихся в $2k$ вспышках в период всех наблюдений, то есть в оба периода, определится выражением

$$n_{2k} = Ne^{-2t} \frac{(2t)^{2k}}{(2k)!}, \quad (3)$$

где принято, что полное число вспыхивающих звезд равно, по-прежнему, N , а продолжительность всех наблюдений составляет $2t$.

Из выражений (2) и (3) получим отношение

$$\frac{n_k}{n_{2k}} = \frac{(2k)!}{2^{2k} k! k!}. \quad (4)$$

Вычислив по формуле (4) отношение n_k/n_{2k} для различных k мы можем затем сравнить его с соответствующим отношением, определенным из наблюдений, охваченных нашими выборками I и II. В случае цикличности вспышечной активности наблюдаемые значения этого отношения должны быть систематически меньше, чем теоретические.

В табл. 3 приведены значения отношения n_k/n_{2k} , вычисленные по формуле (4) и определенные из наблюдений.

Таблица 3

ОТНОШЕНИЕ ЧИСЛА ВСПЫХИВАЮЩИХ ЗВЕЗД, ПОКАЗАВШИХ ПО k ВСПЫШЕК ДО И ПОСЛЕ 1970 Г., К ЧИСЛУ ЗВЕЗД, ПОКАЗАВШИХ $2k$ ВСПЫШЕК ЗА ВРЕМЯ ВСЕХ НАБЛЮДЕНИЙ

k	n_k/n_{2k}	
	Набл.	Выч.
1	0.41	0.50
2	0.29	0.38
3	0.17	0.31
4	0.20	0.27
5	0.17	0.25
6	0	0.23

Сравнение теоретических и наблюдаемых значений отношения n_k/n_{2k} показывает, что для всех k теоретически ожидаемое отношение больше наблюдаемого. Это означает, что распределение вспышек во времени не одинаково для выборок I и II, то есть наблюдения свидетельствуют в пользу нашего предположения о цикличности вспышечной активности.

В пользу цикличности вспышечной активности можно рассматривать и табл. 4, в которой представлены данные о вспышках, обнаруженных у

Таблица 4

ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫЕ ВСПЫШКИ У НЕКОТОРЫХ ВСПЫХИВАЮЩИХ
ЗВЕЗД ПЛЕЯДА ДО И ПОСЛЕ 1970 Г.

№	H II [3]	m_{pg}	I		II	
			n	Δm_U	n	Δm_U
8	357	14.9	8	1.0, 2.0, >0.5 , 0.9 _{pg} , 0.8, 0.6, 1.0, 1.2 _{pg}	1	2.2
15		17.9	5	3.0, 2.5 _{pg} , 3.5 _{pg} , 2.7, 3.6 _{pg}	1	3.0
40		18.0	6	>3.0 , 3.5 _{pg} , 4.0 1.0 _{pg} , 2.5, 1.0 _{pg}	1	>2.0
62		17.0	4	3.2, 1.7, 1.3, 2.1 _{pg}	0	
105		16.4	1	2.5 _{pg}	6	4.5 _{pg} , 0.9, 1.3, 1.0, 1.0, 3.8
108		14.8	4	1.3, 0.7, 1.5 _{pg} , 1.3	0	
143		17.5	1	2.3 _{pg}	5	3.6, 1.9 _{pg} , 3.8 2.5, 3.0
149	146	15.6	4	0.6, 0.5, 0.5, 3.0	0	
180		17.1	5	2.1 _{pg} , 3.1 _{pg} , 5.5, 2.3, 2.7	1	1.7
201		18.5	5	5.2 _{pg} , 3.0, 3.5, 3.2, 3.8	0	
244	1128	15.4	0		4	0.7 _{pg} , 0.5, 0.6 1.6
245		18.4	1	1.2 _{pg}	5	2.0 _{pg} , 1.6 _{pg} , 0.8 _{pg} , 1.8 _{pg} , 1.8
257		18.6	0		5	3.8, 1.9 _{pg} , 2.4 _{pg} 2.2 _{pg} , 2.1 _{pg}
326		18.4	0		7	3.0, 4.2, 2.9, 4.5, 2.4 _{pg} , 2.1 _{pg} , 5.7
335	1321	16.2	1	1.0	5	1.3, 2.2, 2.0, 1.0 _{pg} , 1.0 _{pg}
467		16.6	0		5	1.5, 2.7, 4.1 2.0, 3.0

16 наиболее интересных, с рассматриваемой точки зрения, вспыхивающих звезд области Плеяд (n — число зарегистрированных вспышек, а Δm_U — их ультрафиолетовые амплитуды). У четырех из них (№ 62, 108, 149 и 201) в первый период наблюдались по 4—5 вспышек, а во второй период — ни одной. Наоборот, у вспыхивающих звезд № 244, 257, 326 и 467, неизвестных в первый период, во втором периоде наблюдались, соответственно, 4, 5, 7 и 5 вспышек. У остальных звезд в один из периодов обнаружены всего по одной вспышке, а в другой период — от 5 до 8 вспышек.

Конечно, такие случаи могут ожидать и в случае неизменности вспышечной активности, то есть когда распределение вспышек во времени является равномерным. Однако систематическое превышение наблюдаемого числа таких случаев над ожидаемым числом может служить решающим свидетельством в пользу предположения о цикличности вспышечной активности. Например, математическое ожидание случая, когда мы наблюдаем восемь вспышек в один период и только одну единственную вспышку в другой период — случай (8.1) — равно $1/15$, но мы наблюдаем один такой случай; математическое ожидание случаев (7.0) и (5.0) равно, соответственно, 0.1 и 1, однако мы наблюдаем 1 и 3 таких случая и т. д.

Интересно отметить, что общее число зарегистрированных вспышек у этих звезд в эти периоды практически одинаково (соответственно, 45 и 46). При гипотезе независимости вероятности вспышек от времени (равномерное случайное распределение) такие случаи были бы очень маловероятны.

Таким образом, следует, по-видимому, считать, что среди вероятных по Герцшпрунгу и др. [3] членов Плеяд около половины не показывают или не способны показать вспышки не потому, что они прекратили вспышечную активность, а лишь потому, что наши наблюдения охватывают разные периоды их вспышечной активности.

Авторы выражают глубокую благодарность В. А. Амбарцумяну за ценное обсуждение настоящей работы.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

ON THE POSSIBLE CYCLIC RECURRENCE OF FLARE ACTIVITY OF FLARE STARS IN THE PLEIADES

L. V. MIRZOYAN, G. B. OHANIAN

It is shown that according to statistics of flares only half of the probable members of the Pleiades aggregate of luminosities possessed flare activity during all observations. For an explanation

of this discrepancy with the idea on evolutionary meaning of the phase of flare stars, across which all dwarf stars pass, two assumptions are suggested: on cyclic recurrence of flare activity and on the large dispersion in the duration of the flare activity phase in the life of the stars of the same luminosity. Some evidence in favour of the possible cyclic recurrence of flare activity is presented.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Амбарцумян, Звезды, туманности, галактики, АН Арм. ССР, Ереван, 1969, стр. 283.
2. В. А. Амбарцумян, Л. В. Мирзоян, Э. С. Парсаян, О. С. Чавушян, Л. К. Ерастова, Астрофизика, 6, 3, 1970.
3. E. Hertzsprung, C. Sanders, C. J. Kuoreman et al., Ann. Leiden Obs., 19, No. 1a 1947.
4. Л. В. Мирзоян, О. С. Чавушян, Л. К. Ерастова, Г. Б. Оганян, Н. Д. Меликян, Р. Ш. Нацв.лишвили, М. К. Цастков, Астрофизика, 13, 203, 1977.