

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 16

НОЯБРЬ, 1980

ВЫПУСК 4

УДК 523.802

ФУНКЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТОТ ЗВЕЗДНЫХ ВСПЫШЕК В АССОЦИАЦИИ ОРИОНА

Э. С. ПАРСАМЯН

Поступила 13 ноября 1979

Принята к печати 14 июля 1980

На основе нового метода В. А. Амбарцумяна [1], используя хронологию открытия «первых» вспышек и хронологию подтверждений, то есть распределения по времени «вторых» вспышек, определены функция распределения частот вспыхивающих звезд в ассоциации Ориона и количество звезд, обладающих различными частотами вспышек. Показано, что вспыхивающие звезды с высокой частотой вспышек $\nu^{-1} < 1000^h$ в скоплении Плеяды в основном являются звездами низкой светимости с $M_U > 13^m$. Два независимых метода определения количества вспыхивающих звезд в агрегатах подтверждают, что вспыхивающих звезд в ассоциации Ориона примерно в 1.5 раза больше, чем в скоплении Плеяды.

Уже первые наблюдения вспыхивающих звезд в звездных агрегатах показали, что частота вспышек у различных звезд различна. Поэтому для характеристики агрегата было бы важно знать не только общее число вспыхивающих звезд в нем, но и распределение их по частотам. Знание этих параметров для агрегатов различного возраста позволит лучше представить направление эволюции вспышечной активности в агрегатах и у карликовых звезд солнечной окрестности.

Определение частоты вспышек отдельных звезд в агрегате непосредственно из наблюдений потребовало бы многие годы слежения за агрегатами. В. А. Амбарцумян разработал метод решения данной проблемы, используя хронологию открытий «первых» вспышек и хронологию подтверждения, т. е. распределения по времени «вторых» вспышек. В частности, таким образом им была определена в первом грубом приближении функция распределения частоты вспышек для скопления Плеяды [1].

В настоящее время наиболее изученной после скопления Плеяды является ассоциация Ориона. Суммарное наблюдательное время равно 1082 часам, число известных вспышек — 447 [2—6]. На основе формул, полученных В. А. Амбарцумяном [1], попытаемся определить в том же приближении функцию распределения частот вспыхивающих звезд в ассоциации Ориона и количество звезд, обладающих различными частотами вспышек.

1. *Определение величин $n_1(t)/n_1(0)$ для ассоциации Ориона.* В работе [1] дана формула, связывающая функцию распределения частот вспышек $f(v)$ в агрегате с долей первых вспышек $n_1(t)$ среди всех вспышек — $n_1(0)$, происходящих в единицу времени:

$$\frac{n_1(t)}{n_1(0)} = \frac{1}{v} \int_0^{\infty} e^{-vt} f(v) dv. \quad (1)$$

Здесь t — наблюдательное время, прошедшее с начала регистрации вспышек. Из данных наблюдений вспышек в ассоциации Ориона, расположенных в хронологическом порядке, составляется отношение $n_1(t)/n_1(0)$ — процент «первых» вспышек среди всех вспышек за единицу времени. Далее строится зависимость $n_1(t)/n_1(0)$ от z , где $z = n_1(0)t$ приблизительно представляет номер последней в промежутке $(0, t)$ наблюдаемой вспышки. На рис. 1 крестиками нанесены значения $n_1(t)/n_1(0)$ из наблюдений «первых» вспышек, а сплошная линия является интерполяцией, основанной на тех же значениях, если принять, как это следует из наблюдений, что доля «первых» вспышек среди всех вспышек должна убывать со временем. Функция $n_1(t)/n_1(0)$, знание которой необходимо для нахождения из (1) распределения частот $f(v)$, может быть найдена как прямо из хронологии «первых» вспышек, так и из формулы:

$$n_1(t) = n_1(0) - \int_0^t \frac{n_2(u)}{u} du, \quad (2)$$

где значение функции $n_1(t)$ выражено через статистику моментов «вторых» вспышек $n_2(t)$, которые независимы от «первых» вспышек [1].

На рис. 1 точками нанесены значения $n_1(t)/n_1(0)$, определенные из формулы (2) путем численного интегрирования. Вычисленные таким образом посредством «вторых» вспышек значения $n_1(t)/n_1(0)$ хорошо согласуются с интерполяционной кривой, вычисленной по наблюдениям «первых» вспышек.

2. Для скопления Плеяды В. А. Амбарцумян [1] нашел, что $n_1(t)/n_1(0)$ можно представить в виде интерполяционной формулы:

$$\frac{n_1(t)}{n_1(0)} = \frac{1}{(1 + \alpha t)^{2/3}}, \quad (3)$$

откуда решения уравнения (1) можно представить в виде:

$$f(v) = C e^{-vs} v^{-4/3}, \quad (4)$$

где параметр s имеет размерность времени и равен 385 часам.

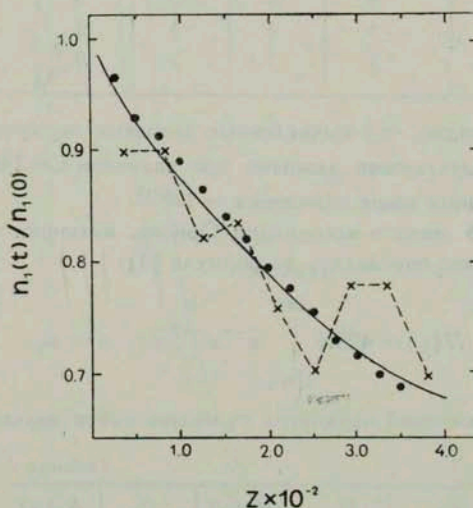


Рис. 1. Зависимость $n_1(t)/n_1(0)$ от z . Крестиками обозначены значения $n_1(t)/n_1(0)$, полученные из наблюдений. Плавная кривая представляет собой интерполяцию, основанную на наблюдательных данных. Точками обозначены значения, вычисленные по формуле (2) на основе подсчетов «вторых» вспышек.

Из полученной нами кривой (рис. 1) видно, что $n_1(t)/n_1(0)$ для ассоциации Ориона также можно представить в виде (3), где, однако, $\alpha = 0.00072$, в отличие от Плеяд, где $\alpha = 0.00260$.

Для ассоциации Ориона получаем параметр $s = 1/\alpha$, входящий в функцию распределения частот, равным 1389 часам. Для проверки правильности полученной функции распределения частот для ассоциации Ориона, согласно [1], можно сосчитать значения отношений математических ожиданий числа звезд, вспыхивающих за все время наблюдений k раз, m_k , и сравнить их со значениями n_k , полученными из наблюдений.

В табл. 1 приведены значения n_k из наблюдений, а также вычисленные значения m_k при различных принятых значениях параметра s (1082^h, 1389^h, 1623^h, 2000^h).

Таблица 1

ЗНАЧЕНИЯ m_k					
k	n_k (набл.)	1082 ^h	1389 ^h	1623 ^h	2000 ^h
1	285	(285)	(285)	(285)	(285)
2	56	47	42	40	33
3	9	13	10	9	6
4	2	4	3	2	1
5	1	1.6	1	0.7	0.4

Из табл. 1 видно, что вычисленные значения m_k лучше всего согласуются с наблюдательными данными при значении $s \approx 1400^h$. Это подтверждает выведенное выше значение $s = 1389^h$.

Полное число звезд в ассоциации Ориона, имеющих частоту больше некоторого ν_0 , можно определить по формуле [1]:

$$N(\nu_0) = 425.6 \int_{1389\nu_0}^{\infty} e^{-x} x^{-4/3} dx, \quad x = s\nu_0. \quad (5)$$

Для различных значений параметра $s\nu_0$ можно найти значение $N(\nu_0)$.

Таблица 2

$s\nu_0$	P_p	$N_p(\nu_0)$	P_0	$N_0(\nu_0)$
6.0			231	0.06
5.0	77	0.04	278	0.25
4.0	96	0.18	347	0.84
3.0	128	0.7	463	3.50
2.0	192	3.1	694	13.9
1.0	385	17	1389	82
0.30	1280	94	4630	468
0.10	3850	245	13890	1177
0.05	7700	385	27780	1844
0.02	19250	634	69450	2938

В табл. 2 для сравнения приводятся вычисленные таким образом полные числа звезд $N(\nu_0)$, имеющих частоту, больше некоторого ν_0 для Плеяд

[1] — $N_p(\nu_0)$ и Ориона — $\bar{N}_0(\nu_0)$, Π — средний интервал между вспышками.

Из табл. 2 видно, что звезд со средним интервалом между вспышками $< 400^h$ в ассоциации Ориона практически нет, тогда как в скоплении Плеяды их количество порядка 20 [1], т. е. скопление Плеяды богаче ассоциации Ориона часто вспыхивающими звездами. Однако, начиная с $\nu_0^{-1} > 1800^h$, число вспыхивающих звезд больше в ассоциации Ориона, чем в скоплении Плеяды.

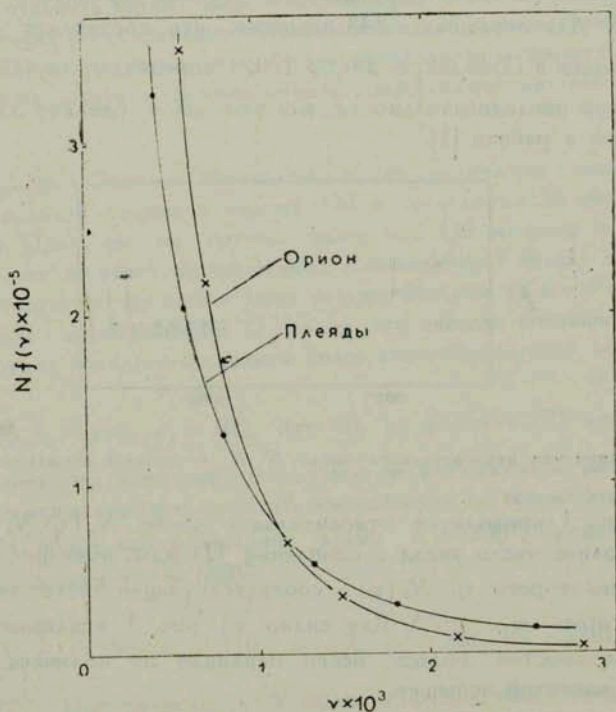


Рис. 2. Зависимости $Nf(\nu)$ — полного количества вспыхивающих звезд с частотой между ν и $\nu + d\nu$ от ν , вычисленные по формуле (6).

Для большей наглядности на рис. 2 приведены зависимости $Nf(\nu)$ — полного количества вспыхивающих звезд с частотой между ν и $\nu + d\nu$ от ν , которые можно вычислить по формуле:

$$Nf(\nu) = N C e^{-x} x^{-4/3} s^{4/3} \quad (6)$$

3. Возраст скопления Плеяды ($5 \cdot 10^7$ лет) почти на два порядка больше возраста ассоциации Ориона ($< 10^6$), поэтому естественно ожидать «возрастных» изменений некоторых параметров, характеризующих вспышечную активность звезд.

Для этого постараемся рассмотреть следующий вопрос: имеют ли часто вспыхивающие звезды с $\nu_0^{-1} \leq 1800^h$ светимость, отличную от светимости остальных вспыхивающих?

Для ответа исключим из списка вспышек, зарегистрированных в скоплении Плеяды [2, 7—12], те вспышки, которые произошли у звезд с $m_U > 19^m.5$. Для оставшихся 543 вспышек, что составляет около 2/3 числа вспышек в Плеядах, с $\Delta m_U \geq 1^m.0$, определим $n_1(t)/n_1(0)$, s , $N'_p(\nu_0)$ в той последовательности, как это было сделано для скопления Плеяды в работе [1].

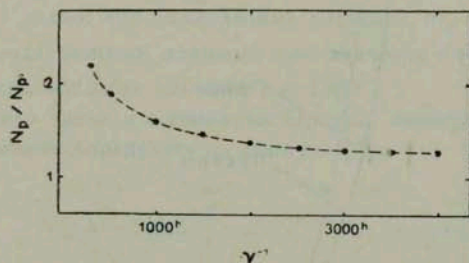


Рис. 3. Изменение относительного числа N_p/N'_p с частотой вспыхивания ν^{-1} .

На рис. 3 приводится относительное число $N_p(\nu_0)/N'_p(\nu_0)$, где $N_p(\nu_0)$ — полное число звезд в скоплении Плеяды, имеющих частоту, большую некоторого ν_0 , $N'_p(\nu_0)$ — соответствующее число звезд Плеяд, у которых $m_U < 19^m.5$. Как видно из рис. 3 исключение звезд низких светимостей больше всего повлияло на количество звезд с высокой частотой вспышек.

Это свидетельствует о том, что вспыхивающие с высокой частотой вспышек в скоплении Плеяды в основном являются звездами низкой светимости с $M_U \geq 13^m$, вспышки которых на расстоянии Ориона наблюдались бы редко.

Другой причиной отсутствия звезд с высокой частотой вспышек в ассоциации Ориона является, по-видимому, реальное отсутствие в ней вспыхивающих звезд спектральных типов M3—M4.

4. *Общее количество вспыхивающих звезд в ассоциации Ориона и в скоплении Плеяды.* Для вычисления нижней границы общего количества

вспыхивающих звезд обычно используется формула В. А. Амбарцумяна [13]:

$$n_0 = \frac{n_1^2}{2n_2}, \quad (7)$$

где n_0 , n_1 , n_2 — числа вспыхивающих звезд, вспышки которых еще не наблюдались, наблюдались один раз и два раза, соответственно.

Если отделить группу чаще вспыхивающих звезд, то оставшая часть вспыхивающих звезд становится более однородной в смысле частоты вспыхивания. Очевидно, что в этом случае использование формулы (7) дает более точные значения. В этом смысле представляют интерес следующие расчеты.

Ассоциация Ориона. Вычислим общее количество вспыхивающих звезд, используя данные о первых 130 и последних 130 обнаруженных вспышках. При этом из группы последних 130 вспышек исключаются вспышки уже до этого обнаруженных вспыхивающих звезд. Таким образом, во вторую группу вошли лишь звезды, которые до этого не были известны как вспыхивающие. Очевидно, что звезды, попавшие в первую группу, будут обладать в среднем более высокой частотой вспышек.

1. $\sum_{k=1}^{\infty} n_k = 130$, $n_1 = 102$, $n_2 = 10$, по формуле (7) число вспыхивающих звезд, n_0 , вспышки которых еще не наблюдались, равно 520, общее число вспыхивающих звезд N , вычисленное на основе этой выборки, равно 634, общее наблюдательное время $T \sim 350^h$, средний интервал между вспышками $\nu^{-1} \sim 1800^h$.

2. $\sum_{k=1}^{\infty} n_k = 130$, $n_1 = 116$, $n_2 = 7$, $n_0 = 961$, $N = 1331$, $T \sim 350^h$, $\nu^{-1} \sim 3000^h$. При вычислении N были включены также звезды, обнаруженные до начала вспышек второй группы. Число таких звезд равнялось 247. С учетом того, что расстояние ассоциации Ориона относительно велико, можно считать, что общее количество вспыхивающих звезд в ассоциации Ориона порядка 1500.

Скопление Плеяды. В случае скопления Плеяды разделение было проведено несколько иначе: для первых и последних 74 и 240 вспышек.

1. $\sum_{k=1}^{\infty} n_k = 74$, $n_1 = 59$, $n_2 = 6$, $n_0 = 290$, $N = 356$, $T \sim 189^h$, $\nu^{-1} \sim 945^h$.

2. $\sum_{k=1}^{\infty} n_k = 74$, $n_1 = 66$, $n_2 = 4$, $n_0 = 545$, $N = 924$, $T \sim 900^h$, $\nu^{-1} \sim 7500^h$.

Число вспыхивающих звезд, обнаруженных до начала вспышек второй группы и включенных в общее количество N , равно 310.

Из приведенных расчетов видно, что в первую группу попали часто вспыхивающие звезды, во вторую — реже вспыхивающие звезды.

Теперь несколько увеличим количество вспышек в двух группах.

1. $\sum_{k=1}^{\infty} n_k = 240$, $n_1 = 117$, $n_2 = 34$, $n_0 = 201$, $N = 367$, $T \sim 700^h$, $\nu^{-1} \sim 1200^h$.

2. $\sum_{k=1}^{\infty} n_k = 240$, $n_1 = 157$, $n_2 = 20$, $n_0 = 616$, $N = 1000$, $T \sim 1700^h$, $\nu^{-1} \sim 7000^h$.

Число ранее обнаруженных вспыхивающих звезд равно 196. Здесь также в первую группу попали часто вспыхивающие звезды. Оценка общего количества вспыхивающих звезд по второй группе наиболее близка к реальной.

Из приведенных расчетов видно, что общее количество вспыхивающих звезд, способных производить вспышки, с $\Delta m_U > 1^m$, в Плеядах порядка 1000.

Таким образом, два независимых метода подтверждают, что вспыхивающих звезд в ассоциации Ориона примерно в 1.5 раза больше, чем в скоплении Плеяды.

Считаю своим приятным долгом поблагодарить В. А. Амбарцумяна за ценные советы при выполнении настоящей работы.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

THE FREQUENCY—FUNCTION OF STELLAR FLARES IN ORION ASSOCIATION

E. S. PARSAMIAN

Using the chronology of discoveries of new flares and the chronology of confirmation i. e. the time distribution of second flares (Ambartsumian's method [1]), the frequency—function of flares on stars in the Orion association is obtained. A number of stars having different frequencies is also found. It is shown that flare stars with high

flare frequency ($\nu^{-1} < 1000^h$) belonging to the Pleiades cluster are mainly of low luminosity $M > 13^m$. The quantities of flare stars in aggregates determined by two independent methods show that the number of flare stars in Orion association is about 1.5 times greater than in the Pleiades cluster.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Амбарцумян, *Астрофизика*, 14, 3, 367, 1978.
2. G. Haro, *Bol. Inst. Tonantzintla*, 1, 3, 1971.
3. G. Haro, E. Chavira, *Bol. Obs. Tonantzintla*, 5, No. 32, 59, 1969.
4. L. Rostno, L. Pigatto, *Contr. Obs. Asiago*, No. 231, 1969.
5. C. Roslund, *Uppsala Astron. Obs. Meddelande*, No. 169, 381, 1969.
6. R. I. Kiladze, *IBVS*, No. 670, 1972.
7. G. Haro, E. Chavira, *Bol. Obs. Tonantzintla*, 5, No. 31, 23, 1969.
8. В. А. Амбарцумян, Л. В. Мирзоян, Э. С. Парсаян, О. С. Чавушян, Л. К. Ерастова, *Астрофизика*, 6, 7, 1970.
9. В. А. Амбарцумян, Л. В. Мирзоян, Э. С. Парсаян, О. С. Чавушян, Л. К. Ерастова, *Астрофизика*, 7, 320, 1971.
10. 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.
11. 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.
12. Л. В. Мирзоян, О. С. Чавушян, Л. К. Ерастова, Г. Б. Оганян, Н. Д. Меликян, Р. Ш. Нацвlishvili, М. К. Цветков, *Астрофизика*, 13, 205, 1977.
13. В. А. Амбарцумян, *Звезды, туманности, галактики*, Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1969, стр. 283.