

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ НАБЛЮДЕНИЙ ОТКРЫТИЯ ЗВЕЗДНЫХ ВСПЫШЕК

А.Л.МИРЗОЯН, В.В.АМБАРЯН

Поступила 10 марта 1995

Принята к печати 25 марта 1995

Показано, что хронологию открытий вспыхивающих звезд в звездном скоплении Плеяды и ассоциации Ориона можно удовлетворительно описывать с помощью различных функций (гамма распределения, биномальное распределение, экспоненциально убывающая функция и дельта функция) распределений средних частот звездных вспышек. Однако, оказалось, что это обусловлено неопределенностью выведенной из наблюдений функции распределения средней частоты звездных вспышек. Наиболее вероятной является функция, полученная Амбарцумяном, имеющая физическую обоснованность.

Задача восстановления функции распределения средних частот - ν звездных вспышек в звездных скоплениях и ассоциациях по хронологии наблюдаемых вспышек, впервые была рассмотрена Амбарцумяном [1]. Им было показано, что эту функцию - $f(\nu)$ для вспыхивающих звезд данной системы можно получить путем обращения Лапласа формулы

$$\frac{n_1(t)}{n_1(0)} = \frac{1}{\bar{\nu}} \int_0^{\infty} e^{-\nu t} \nu f(\nu) d\nu, \quad (1)$$

с учетом условия нормировки

$$\int_0^{\infty} f(\nu) d\nu = 1. \quad (2)$$

Причем, отношение $n_1(t)/n_1(0)$, представляющее собой относительную долю "первых" вспышек (открываемых вспыхивающих звезд) среди всех вспышек, происходящих за единицу времени, как функция времени, определяется из наблюдений.

Имея в виду, что операция, обратная обращению Лапласа, приводит к очень большим относительным ошибкам в определении искомой функции распределения частот $f(v)$, Амбарцумян [1] предложил вычислить величины $n_1(t)$ с помощью наблюдательных данных о вспыхивающих звездах, имевших вспышки в период наблюдений вторично. Это позволило существенно улучшить точность определения функции $f(v)$.

В итоге оказалось, что функция распределения средних частот звездных вспышек $f(v)$, для подсистемы вспыхивающих звезд скопления Плеяды, имеет следующий вид [1]:

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

где C и S -постоянные.

Метод Амбарцумяна [1] определения функции распределения средней частоты вспышек $f(v)$, на основе статистических данных о совокупности наблюденных вспышек, был обобщен Арутюняном [2], что позволило использовать хронологии вспышек высоких порядков.

Иной путь определения функции распределения $f(v)$ был предложен в работах Мнацаканяна и одного из авторов [3, 4]. В них задача восстановления функции распределения средних частот на основе фотографических наблюдений вспыхивающих звезд была решена с помощью следующей формулы:

$$n_r(t) = \sum_{k=r}^{\infty} n_k(1) C_k^r t^r (1-t)^{k-r}, \quad r = 0, 1, \dots, \quad (4)$$

где t - текущее "условное" время наблюдений, измеряемое количеством обнаруживаемых в звездной системе вспышек, $n_k(t)$ - количество звезд, показавших за время t ровно k вспышек, C_k^r - число сочетаний из k элементов по r и $n_k(1)$ - количество вспыхивающих звезд в звездной системе, показавших на настоящее время ($t=1$) ровно k вспышек.

В принципе, функция распределения средних частот звездных вспышек $f(v)$ должна позволить прогнозировать вспышечную активность вспыхивающих звезд в данной звездной системе как на прошлые, так и на будущие времена эволюции этой системы.

Однако в работе [4] было показано, что прогнозирование вспышечной активности на времена, превышающие двойную продолжительность наблюдений данной звездной системы ($2T$), оказывается невозможным.

Этот результат дает основание утверждать, что задача восстановления функции средних частот звездных вспышек, на основе наблюдений, неразрешима без дополнительных предположений относительно вида этой функции.

Более того, анализ этой обратной задачи показывает, что ее математическая некорректность чрезвычайно высока, и поэтому на данном этапе наблюдений (когда для отдельно взятой звезды не зарегистрировано достаточно большое количество вспышек) определение функции распределения частот звездных вспышек представляется крайне затруднительным.

В настоящей заметке показывается возможность представления наблюдательных данных о звездных вспышках в двух, наиболее хорошо изученных, подсистемах вспыхивающих звезд: в скоплении Плеяды и ассоциации Ориона, существенно разными функциями распределения частот.

В работах [1, 4] было показано, что наблюдения звездных вспышек в подсистемах вспыхивающих звезд удовлетворительно описываются формулами как (3), так и (4), определенными на основе наблюдений.

Однако этими двумя распределениями не исчерпывается возможность представления наблюдений.

Таблица 1

ЧИСЛО ВСПЫХИВАЮЩИХ ЗВЕЗД В СКОПЛЕНИИ ПЛЕЯД, ПРИ ДАННОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ЧАСТОТ

$f(v)$ \ t	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
$f(v) = Ce^{-\sqrt{v}} v^{-1/2}$	105	184	237	304	355	398	439	476	516	544
$n(t) = n(1) - \sum_{k=1}^{\infty} n_k(1)(1-t)^k$	88	166	237	299	355	403	446	484	516	544
$f(v) = Ae^{-av}$	94	174	242	302	355	401	443	480	514	544
$f(v) = N_0 \delta(v - v_0)$	89	167	237	299	353	402	445	483	517	544
Наблюдаемое число	108	188	242	297	357	413	449	489	516	544

Оказывается, наблюдаемая последовательность открытий вспыхивающих звезд в этих подсистемах удовлетворительно представляется также следующими двумя распределениями:

экспоненциально убывающим, $f(v) = Ae^{-\alpha v}$,

дельта-функцией, $f(v) = N_0 \delta(v - v_0)$,

где A , α , N_0 и v_0 являются постоянными величинами.

Подтверждением этого вывода являются табл. 1 и 2, где представлены все фотографические наблюдения звездных вспышек, соответственно, в скоплении Плеяды и ассоциации Ориона. Общая продолжительность фотографических наблюдений звездных вспышек первой системы составляет около 3100 часов [5], а второй системы - около 1600 часов [6]. Эти периоды были разделены на десять частей.

Представленные в табл. 1 и 2 числа соответствуют ожидаемым числам известных вспыхивающих звезд в этих периодах для данной функции распределения. В последнем столбце этих таблиц даются числа известных в этот период вспыхивающих звезд.

Сравнение представленных в табл. 1 и 2 чисел свидетельствует, что все четыре рассмотренные нами функции распределения частот могут в пределах естественных флуктуаций удовлетворительно представлять наблюдения.

Таблица 2

ЧИСЛО ВСПЫХИВАЮЩИХ ЗВЕЗД В АССОЦИАЦИИ ОРИОНА,
ПРИ ДАННОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ЧАСТОТ

$f(v)$ \ t	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
$f(v) = Ce^{-\alpha v}$	61	119	173	224	274	321	366	409	451	490
$n(t) = n(1) - \sum_{k=1}^t n_k(1)(1-t)^k$	63	122	177	228	278	325	369	412	452	490
$f(v) = Ae^{-\alpha v}$	62	121	177	229	278	325	370	412	453	490
$f(v) = N_0 \delta(v - v_0)$	62	120	176	229	278	326	370	413	453	490
Наблюдаемое число	58	115	169	219	264	313	362	409	452	490

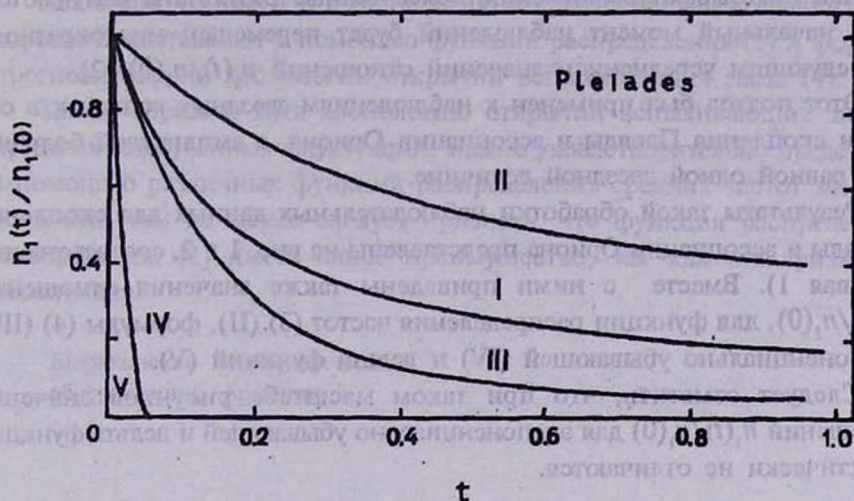


Рис. 1. Зависимость отношения $n_1(t)/n_1(0)$ от условного времени наблюдения t для наблюдательных данных и различных функций распределения средних частот звездных вспышек в области скопления Плеяды: I - наблюдательные данные, II - функция распределения, предложенная Амбарцумяном [1] (формула (3)), III - бимодальное распределение, предложенное в работе Мнацаканяна и одного из авторов [3, 4] (формула (4)), IV - экспоненциально убывающая функция и V - дельта функция. Кривые IV и V при таком масштабе рисунка практически не отличаются.

Однако удовлетворительное представление хронологии открытий вспыхивающих звезд, вообще говоря, не означает адекватное соответствие данной функции к "истинной" функции распределения средних частот звездных вспышек.

Очевидно, что функция распределения средних частот звездных вспышек одинаково "хорошо" должна представлять как хронологию открытий вспыхивающих звезд, так и хронологию открытия звездных вспышек в данной подсистеме вспыхивающих звезд. Поэтому, для вышеприведенных функций распределения средних частот звездных вспышек следует сравнить также с хронологией открытий звездных вспышек (например, отношение $n_1(t)/n_1(0)$).

Однако отношение $n_1(t)/n_1(0)$ имеет большой разброс и только сглаживание данных с помощью хронологий повторных вспышек позволяет получить более точные результаты [1, 2].

Как показывают вычисления, более точные результаты получаются, если начальный момент наблюдений будет перемещен многократно с последующим усреднением значений отношений $n_1(t)/n_1(0)$ [2].

Этот подход был применен к наблюдениям звездных вспышек в области скопления Плеяды и ассоциации Ориона, с амплитудой большей или равной одной звездной величине.

Результаты такой обработки наблюдательных данных для скопления Плеяды и ассоциации Ориона представлены на рис. 1 и 2, соответственно (кривая 1). Вместе с ними приведены также значения отношений $n_1(t)/n_1(0)$, для функции распределения частот (3) (II), формулы (4) (III), экспоненциально убывающей (IV) и дельта функций (V).

Следует отметить, что при таком масштабе рисунков значения отношений $n_1(t)/n_1(0)$ для экспоненциально убывающей и дельта функций практически не отличаются.

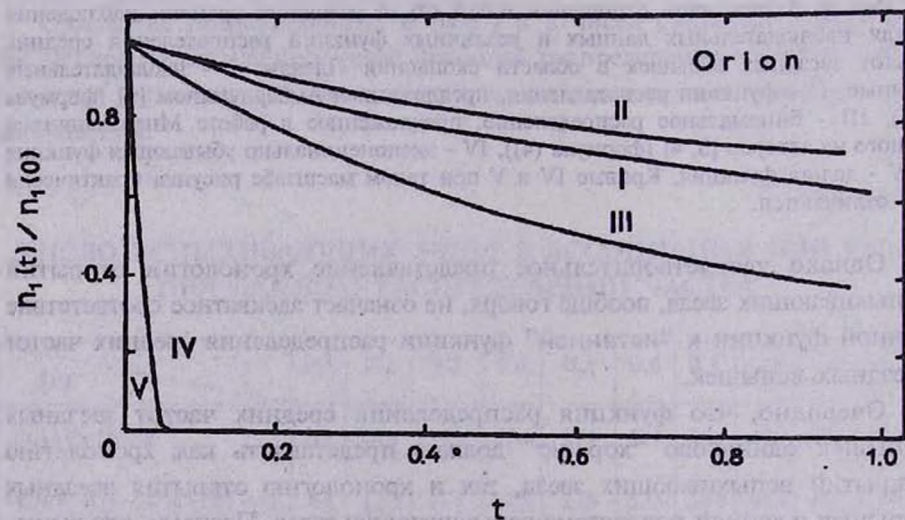


Рис. 2. Зависимость отношения $n_1(t)/n_1(0)$ от условного времени наблюдения t для наблюдательных данных и различных функций распределения средних частот звездных вспышек в области ассоциации Ориона: I - наблюдательные данные, II - функция распределения, предложенная в работе Нацвлишвили [6] (формула (3)), III - биномальное распределение, предложенное в работе Мнацканяна и одного из авторов [3, 4] (формула (4)), IV - экспоненциально убывающая функция и V - дельта функция. Кривые IV и V практически не отличаются.

Как видно из рис. 1 и 2 хронологию открытия вспышек сравнительно хорошо представляют с помощью функции распределения (3) и формулы прогнозирования хронологии открытий вспыхивающих звезд (4).

Таким образом, хотя хронологию открытий вспыхивающих звезд, в пределах естественных флуктуаций, можно удовлетворительно представить с помощью различных функций распределения средних частот звездных вспышек, тем не менее следует признать, что функция распределения Амбарцумяна [1] имеет явное преимущество, так как она физически обоснована.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория, Армения

ON THE POSSIBILITY OF PRESENTATION OF THE OBSERVATIONS OF DISCOVERIES OF THE STELLAR FLARES

A.L.MIRZOYAN, V.V.HAMBARIAN

It is shown that the chronology of discoveries of flare stars in star cluster Pleiades and association Orion can be satisfactorily described by using different functions (gamma function, binomial distribution, exponentially decreasing and delta functions) of distribution of the mean frequencies of stellar flares. However, it turned out that it is conditioned by the uncertainty of the distribution function of mean frequencies of the stellar flares. The most probable is the function obtained by Ambartsumian having a physical validity.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.А.Амбарцумян, *Астрофизика*, 14, 367, 1978.
2. Г.А.Арутюнян, *Астрофизика*, 21, 163, 1984.
3. М.А.Мнацаканян, А.Л.Мирзоян, *Астрофизика*, 29, 32, 1988.
4. М.А.Мнацаканян, А.Л.Мирзоян, in *Flare Stars in Star Clusters, Associations and the Solar Vicinity*, eds. L.V.Mirzoyan, B.P.Pettersen,

M.K.Tsvetkov, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht-London-Boston, 1990, p.113.

5. *Г.Б.Оганян*, Картотека вспыхивающих звезд в области скопления Плеяды, Бюраканская астрофизическая обсерватория (не опубликовано).
6. *Р.Ш.Нацалишвили*, *Астрофизика*, 34, 107,-1991.