

УДК: 524.338.6

СТАТИСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВСПЫХИВАЮЩИХ
ЗВЕЗД. III. ВСПЫХИВАЮЩИЕ ЗВЕЗДЫ В ОБЩЕМ
ГАЛАКТИЧЕСКОМ ЗВЕЗДНОМ ПОЛЕ

Л. В. МИРЗОЯН, В. В. АМБАРЯН, А. Т. ГАРИБДЖАНЫН, А. Л. МИРЗОЯН

Поступила 27 мая 1988

Обсуждаются некоторые вопросы, связанные с существованием большого числа вспыхивающих звезд в общем звездном поле Галактики. Показано, что лишь незначительная их часть может быть обнаружена фотографическими наблюдениями, причем доля вспыхивающих звезд поля среди таких звезд, открытых в областях звездных скоплениях и ассоциаций, не превышает 10%. Отношение чисел вспыхивающих звезд заднего и переднего фонов для какой-либо системы зависит от ее расстояния, достигая нуля при расстоянии около 500 пк. Пространственная плотность вспыхивающих звезд в Плеядах по крайней мере на два порядка величины больше, чем в общем галактическом поле. Нижний предел числа вспыхивающих звезд в Галактике оценен — $4.2 \cdot 10^9$, а числа не вспыхивающих красных карликовых звезд — $2.1 \cdot 10^{10}$. Имеются основания считать, что все они сформировались в звездных скоплениях и ассоциациях.

1. *Введение.* В первой статье данной серии [1] были рассмотрены наблюдательные данные о звездах типа UV Кита окрестностей Солнца и вспыхивающих звездах в скоплениях и ассоциациях, которые свидетельствуют о том, что все они составляют единый класс вспыхивающих звезд.

Во второй статье той же серии [2] было показано, что результаты фотографических наблюдений вспыхивающих звезд в различных участках неба не противоречат представлению о равномерном распределении вспыхивающих (типа UV Кита) звезд в Галактике. Это дало основание заключить, что звезды типа UV Кита окрестностей Солнца принадлежат общему галактическому звездному полю. Логично допустить также, что эти звезды, будучи очень старыми образованиями, являются выходцами из систем, большей частью уже распавшихся, а сохранившаяся у них вспышечная активность объясняется их весьма низкими светимостями (небольшими массами), обуславливающими крайне медленные темпы эволюции.

Факт существования большого числа вспыхивающих звезд в галактическом поле рождает ряд вопросов: о доли вспыхивающих звезд общего фона среди вспыхивающих звезд, обнаруживаемых при фотографических на-

блюдениях разных областей неба; о пространственной плотности вспыхивающих звезд в общем галактическом поле и системах; о полном числе вспыхивающих красных карликовых звезд в Галактике; о возможности возникновения этих звезд в системах и т. д.

В данной статье рассматриваются некоторые из этих вопросов.

2. *Фон вспыхивающих звезд поля при фотографических наблюдениях.* Существованием вспыхивающих звезд в галактическом поле обусловлено наличие общего фона этих звезд при фотографических наблюдениях различных участков неба. Этот фон проявляется в чистом виде при наблюдениях тех областей неба, где нет звездных скоплений и ассоциаций. В остальных случаях среди обнаруженных вспыхивающих звезд, которыми богаты эти системы [3], присутствуют и вспыхивающие звезды галактического поля проектирующиеся на них.

Вследствие большого обилия вспыхивающих звезд в общем галактическом поле, фон, образуемый этими звездами, во всех направлениях будет содержать десятки тысяч звезд. Однако, из-за весьма низких светимостей, вспыхивающие звезды фона могут быть обнаружены только на сравнительно небольших расстояниях. Это обстоятельство сильно ограничивает число вспыхивающих звезд галактического поля, доступных для обнаружения.

Вспыхивающая звезда абсолютной звездной величины M , при вспышке с амплитудой Δm может наблюдаться до расстояния

$$R(M, \Delta m) = 10^{0.2(m_l - M + 5 + \Delta m)}, \quad (1)$$

где m_l — предельная звездная величина, достижимая телескопом.

Очевидно, что отношение расстояний R_1 и R_2 , до которых данная звезда может быть обнаружена при вспышках с амплитудами Δm_1 и Δm_2 , соответственно, равно

$$\frac{R_1}{R_2} = 10^{0.2(\Delta m_1 - \Delta m_2)}, \quad (2)$$

а отношение чисел вспыхивающих звезд поля n_1 и n_2 , расположенных до соответствующих расстояний в данном телесном угле, равно кубу этой величины:

$$\frac{n_1}{n_2} = 10^{0.6(\Delta m_1 - \Delta m_2)}. \quad (3)$$

Из выражений (2) и (3) вытекает, например, что с увеличением амплитуды вспышки на 1.5 расстояние, до которого вспыхивающая звезда

данной светимости может быть обнаружена, возрастает в два, а число соответствующих вспыхивающих звезд — в восемь раз.

Приведенные в дальнейшем изложении результаты вычислений относятся к 1-м телескопу системы Шмидта Бюраканской астрофизической обсерватории. Поле телескопа равно $4^\circ \times 4^\circ$, а предельная звездная величина, при 5—10-минутных экспозициях, равна $\sim 17^m.5$.

Использована фотометрическая полоса B , в которой выполнено большинство фотографических наблюдений звездных вспышек в Бюракане.

Требуемая для вычислений пространственная плотность вспыхивающих звезд поля (звезд типа UV Кита) была определена по их функции светимости, полученной нами [2] на основе данных каталога Глизе [4] и его дополнения [5]. Причем, при ее выводе (вариант III в [2]), границы сфер, внутри которых полноту наблюдательного материала можно считать обеспеченной, были взяты согласно работе Вилена и др. [6]. Определенная таким образом функция светимости дает максимальное значение числа вспыхивающих звезд данной светимости.

Таблица 1

ЧИСЛА ВСПЫХИВАЮЩИХ ЗВЕЗД— $N(r)$ ГАЛАКТИЧЕСКОГО ПОЛЯ, РАСПОЛОЖЕННЫХ БЛИЖЕ 125 И 500 ПК, И РАССТОЯНИЯ $R(M, \Delta m)$, ДО КОТОРЫХ ОНИ МОГУТ БЫТЬ ОБНАРУЖЕНЫ, ПРИ ВСПЫШКАХ С АМПЛИТУДОЙ Δm

M_B	$N(r)$		$R(M_B, \Delta m)$	
	125 ПК	500 ПК	$\Delta m = 0.5$	$\Delta m = 1.0$
9.5—10.5	1	64	398	501
10.5—11.5	3	192	251	316
11.5—12.5	9	576	158	200
12.5—13.5	14	896	100	126
13.5—14.5	17	1088	63	79
14.5—15.5	19	1216	40	50
Всего	63	4032	—	—

В табл. 1 приводятся вычисленные с ее помощью полные числа вспыхивающих звезд общего галактического поля — $N(r)$, находящихся до расстояний 125 и 500 парсек, проектирующихся на поле 1-м телескопа, и предельные расстояния $R(M, \Delta m)$, до которых могут быть обнаружены вспыхивающие звезды разных светимостей, при двух значениях амплитуды вспышки — Δm ($0^m.5$ и $1^m.0$). Числа получены в объемах конусов с основанием, равным площади поля использованного телескопа, и высотой, равной расстоянию r , M_B — абсолютная величина, в фотометрической полосе B .

Данные табл. 1 показывают, что полное число вспыхивающих звезд ярче абсолютной звездной величины $M_V = 15.5$, проектирующихся на поле 1-м телескопа системы Шмидта, расположенных не дальше 500 пк, достигает более четырех тысяч. Это число, по-видимому, возрастает при переходе к звездам более низких светимостей.

Однако, из-за ограниченных условий видимости, из них могут быть обнаружены лишь немногие. Данные табл. 2 подтверждают этот вывод.

Таблица 2
ЧИСЛА ВСПЫХИВАЮЩИХ ЗВЕЗД N ГАЛАКТИЧЕСКОГО ПОЛЯ, ДОСТУПНЫХ ДЛЯ ФОТОГРАФИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ, ПРИ ВСПЫШКАХ С АМПЛИТУДОЙ Δm , В ПОЛОСЕ B

M_V	N	
	$\Delta m = 0.5$	$\Delta m = 1.0$
9.5—10.5	33	66
10.5—11.5	24	48
11.5—12.5	18	36
12.5—13.5	7	14
13.5—14.5	2	4
14.5—15.5	0.6	1.2
Всего	~85	~169

Согласно данным табл. 2, из многих тысяч вспыхивающих звезд галактического поля, проектирующихся на поле 1-м телескопа, фотографическим методом, в полосе B , могут быть обнаружены только 85 звезд, при вспышках с амплитудой $0^m.5$ и 169 звезд — при вспышках с амплитудой $1^m.0$.

Число вспыхивающих звезд, которые могут быть обнаружены, естественно, возрастает с увеличением амплитуды вспышек, однако, как показывает анализ фотоэлектрических наблюдений вспышек звезд типа UV Кита окрестностей Солнца, фотографические вспышки больших амплитуд у этих звезд практически не наблюдаются [2].

3. *Вспыхивающие звезды переднего и заднего фонов при наблюдениях звездных ассоциаций и скоплений.* Судя по данным табл. 2, вспыхивающие звезды галактического звездного поля, доступные для фотографических наблюдений, составляют лишь небольшую долю вспыхивающих звезд, обнаруживаемых в сравнительно хорошо изученных, с рассматриваемой точки зрения, системах.

Например, современные оценки полного числа вспыхивающих звезд в скоплении Плеяды свидетельствуют, что в этой системе имеется, по крайней мере, 1000 вспыхивающих звезд [7]. С другой стороны, согласно табл. 2, на расстоянии скопления Плеяды могут быть обнаружены всего около 170 вспыхивающих звезд галактического поля (со светимостями до $15^m.5$, во вспышках с амплитудой $1^m.0$). Следовательно, вспыхивающие звезды галактического поля, проектирующиеся на скопление, могут составлять не более 20%, открываемых в области этой системы вспыхивающих звезд. Однако в настоящее время эта доля среди известных вспыхивающих звезд скопления Плеяды должна быть значительно меньше, так как фотографическая вспышечная активность звезд поля по крайней мере в 4—5 раз меньше, чем у вспыхивающих звезд соответствующих светимостей скопления Плеяды [2]. Это дает основание считать, что в настоящее время из известных вспыхивающих звезд в Плеядах не более 10% являются звездами общего галактического поля. Еще меньше должна быть доля вспыхивающих звезд поля в области ассоциации Ориона, которая более, чем в два раза богаче вспыхивающими звездами, чем скопление Плеяды [8].

По расстоянию звездной системы, используя данные табл. 1 и 2, можно оценить числа вспыхивающих звезд общего галактического поля, образующих передний и задний фоны.

Таблица 3
ЧИСЛА ВСПЫХИВАЮЩИХ ЗВЕЗД ПЕРЕДНЕГО И ЗАДНЕГО
ФОНОВ ДЛЯ ОБЛАСТЕЙ СКОПЛЕНИЯ ПЛЕАДЫ И АССОЦИАЦИИ
ОРИОНА, ДОСТУПНЫХ ОБНАРУЖЕНИЮ ПРИ
ФОТОГРАФИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЯХ, ПРИ ВСПЫШКАХ С
АМПЛИТУДОЙ $0^m.5$ И $1^m.0$

M_B	Плеяды				Орион			
	Передний		Задний		Передний		Задний	
	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5	1.0
9.5—10.5	1	1	32	65	33	55	0	11
10.5—11.5	3	3	21	45	24	48	0	0
11.5—12.5	9	9	9	27	18	36	0	0
12.5—13.5	7	14	0	0	7	14	0	0
13.5—14.5	2	4	0	0	2	4	0	0
14.5—15.5	0.6	1.2	0	0	0.6	1.2	0	0
Всего	23	32	62	137	85	158	0	11

В табл. 3 представлены соответствующие числа, определенные для двух областей: скопления Плеяды и ассоциации Ориона.

Из данных табл. 3 следует, что для скопления Плеяды, расположенного на расстоянии 125 лк, числа вспыхивающих звезд переднего фона 23 и 32, при вспышках с амплитудой $0.^m5$ и $1.^m0$; в то время как для ассоциации Ориона, находящейся на расстоянии 470 лк, эти числа равны 85 и 158. Для чисел вспыхивающих звезд заднего фона имеем, соответственно, 62 и 137 — в Плеядах и 0 и 11 — в Орионе.

Естественно, что среди вспыхивающих звезд галактического поля, проектирующихся на единицу площади системы с ростом расстояния системы убывает отношение долей звезд, составляющих для нее задний и передний фоны. На расстояниях системы больше 500 лк это отношение равно нулю, там вспыхивающих звезд заднего фона, доступных обнаружению, уже нет.

На основании вышеизложенного следует считать, что даже в областях ассоциации Ориона и скопления Плеяды, для которых выполнены наиболее обширные фотографические наблюдения звездных вспышек (более 1400 и 3000 часов, соответственно) [7], большинство вспыхивающих звезд фона еще не обнаружено.

Следует добавить, что наличие межзвездной поглощающей материи может заметно уменьшить приведенные выше оценки чисел вспыхивающих звезд фона.

4. Пространственная плотность вспыхивающих звезд в системах и в общем галактическом звездном поле. Вспыхивающие звезды низких светимостей могут быть обнаружены только на небольших расстояниях. Вследствие этого в достаточно удаленных системах вспыхивающие звезды сравнительно низких светимостей, составляющие их значительную часть, остаются необнаруженными.

Например, в областях ассоциации Ориона и скопления Плеяды в настоящее время обнаружено примерно по 500 вспыхивающих звезд, а оценки полного числа звезд показывают, что в этих системах, соответственно, имеются по крайней мере 1000 и 2000 вспыхивающих звезд [7, 8].

С другой стороны, пространственная плотность фотографически наблюдаемых вспыхивающих звезд, из-за потери звезд низких светимостей, в ассоциации Ориона оказывается более чем на порядок меньше. Но ассоциация Ориона находится почти в четыре раза дальше, чем скопление Плеяды, следовательно, объем, охватываемый телескопом в ассоциации Ориона, около 50 раз больше, чем в скоплении Плеяды. Поэтому следует думать, что это различие обусловлено, главным образом, различием в расстояниях этих систем. Очевидно, что в этом различии существенную препятствующую роль играет также значительное межзвездное поглощение в ассоциации Ориона.

Конечно, и в ближайших системах не все вспыхивающие звезды, в подавляющем большинстве наиболее низких светимостей, могут быть обнаружены. Здесь следует иметь в виду то обстоятельство, что все сделанные нами оценки полного числа вспыхивающих звезд фона относятся только к звездам, способным показывать достаточно мощные (с фотографической амплитудой больше $0^m.5$) и продолжительные вспышки, которые могут быть обнаружены.

С этой точки зрения представляет определенный интерес сравнение пространственной плотности вспыхивающих звезд галактического поля с их плотностью в скоплении Плеяды, имея в виду, что из-за его близости информация о вспыхивающих звездах, входящих в эту систему, должна быть сравнительно полной.

Плотность вспыхивающих звезд в общем галактическом звездном поле можно оценить на основе существующих данных о звездах типа UV Кита окрестностей Солнца. В настоящее время известно около 100 звезд этого типа в сфере с радиусом 20 пк [9]. Следовательно, пространственная плотность известных звезд типа UV Кита внутри этой сферы будет равной ~ 0.03 пк $^{-3}$. Очевидно, что это нижний предел плотности, так как нельзя считать, что все звезды типа UV Кита в этой сфере уже обнаружены.

С другой стороны, радиус скопления Плеяды (подсистемы вспыхивающих звезд в нем) равен ~ 5 пк [10], а полное число вспыхивающих звезд в нем оценивается величиной порядка 1000 [7]. Следовательно, для средней пространственной плотности вспыхивающих звезд в Плеядах имеем величину порядка ~ 2 пк $^{-3}$. Из этих грубых оценок следует, что отношение плотностей вспыхивающих звезд в скоплении Плеяды и в общем галактическом звездном поле равно около 600. Можно было думать, что это отношение переоценено вследствие того, что в окрестностях Солнца пока не открыты все вспыхивающие звезды. Однако и в случае скопления Плеяды нельзя быть уверенным, что в оценку полного числа вспыхивающих звезд вошли все существующие в нем звезды, обладающие вспышечной активностью. Она дает лишь нижний предел полного числа вспыхивающих звезд (см., например, [3]).

Поэтому нам кажется, что пространственная плотность вспыхивающих звезд в скоплении Плеяды, по крайней мере, на два-три порядка величины больше, чем в галактическом поле. По-видимому, не сильно отличается это отношение и для других систем, содержащих вспыхивающие звезды.

Следует добавить, что в скоплениях и ассоциациях встречаются вспыхивающие звезды, в среднем, более высоких светимостей (более массивные) [2].

5. *Полные числа вспыхивающих и не вспыхивающих красных карликовых звезд в Галактике.* Известно, что красные карликовые звезды составляют основное звездное население общего звездного поля Галактики. Можно полагать, что в период своего возникновения эти звезды входили в состав физических систем: скоплений и ассоциаций. Соответствующие системы со временем распались, а составляющие их звезды, в том числе, красные карликовые звезды, вошли в состав галактического поля.

Исходя из данных, относящихся к звездам окрестностей Солнца, образующих характерное население галактического поля, с почти равномерным их распределением внутри плоской подсистемы, можно оценить числа вспыхивающих и не вспыхивающих звезд в галактическом звездном поле.

Принимая, что радиус Галактики равен 15 000 пк, а толщина слоя, где встречаются звезды плоской подсистемы, — 200 пк, для полного числа соответствующих звезд имеем

$$\pi (15\,000)^2 200 D \simeq 1.4 \cdot 10^{11} D,$$

где D — пространственная плотность этих звезд.

Пространственная плотность вспыхивающих звезд в галактическом поле по порядку величины равна не менее ~ 0.03 зв^{пк}⁻³, а не вспыхивающих звезд — ~ 0.15 зв^{пк}⁻³ [2]. Следовательно, их полные числа в Галактике равны по крайней мере $4.2 \cdot 10^9$ и $2.1 \cdot 10^{10}$ звезд*, соответственно. Следовательно, суммарное число всех красных карликовых вспыхивающих и не вспыхивающих в звездном поле Галактики будет $2.5 \cdot 10^{10}$. Это составляет около четверти всех звезд Галактики.

Эту величину можно несколько увеличить, если учесть, что согласно Оорту [11], средняя удаленность от плоскости симметрии Галактики для молодого населения плоской составляющей равна 120 пк.

Имея в виду, что массы красных карликовых звезд в подавляющем большинстве случаев составляют десятые доли массы Солнца, для суммарной массы всех этих звезд в общем галактическом поле имеем значение не менее $10^9 M_{\odot}$. Это не противоречит оценке Оорта [11].

6. *О возможности возникновения звезд галактического поля в скоплениях и ассоциациях.* Наблюдательные данные, относящиеся к вспыхивающим звездам в окрестностях Солнца, как было показано в работах [1, 2], подтверждают представление о том, что они являются выходцами из уже распавшихся систем. Иначе говоря, можно считать, что вспыхивающие звезды галактического поля сформировались в системах. Очевидно, что этот вывод следует отнести и к не вспыхивающим звездам, наблюдаемым в звездном поле.

* Здесь не учтено число красных карликовых звезд, входящих в скопления и ассоциации. Однако учет этого числа не может заметно изменить полученные оценки.

Возникает естественный вопрос: могли бы все звезды галактического поля — вспыхивающие и не вспыхивающие — образоваться в системах? В связи с этим отметим, что приближенные расчеты чисел звезд, которые могли бы формироваться в звездных ассоциациях за время жизни Галактики, были выполнены Амбарцумяном [12] еще в 1950 г. Они показали, что вполне вероятно допустить, что все звездное население плоских и промежуточных подсистем образовалось в ассоциациях.

Этот результат дает нам основание считать, что все звезды галактического поля образовались в системах и после их распада оказались более или менее равномерно распределенными в сравнительно тонком слое вокруг галактической плоскости. Это население постепенно обогащается за счет звезд, покидавших материнские системы.

7. *Заключение.* Рассмотрение некоторых вопросов, связанных с существованием большого числа вспыхивающих звезд низких светимостей в общем звездном поле Галактики, приводит к следующим выводам.

1. Несмотря на многочисленность вспыхивающих звезд галактического поля, только их незначительная часть может быть обнаружена. Среди вспыхивающих звезд, обнаруженных при фотографических наблюдениях, в областях звездных скоплений и ассоциаций, доля звезд общего галактического поля (вспыхивающих звезд фона) не превышает 10%.

2. Отношение чисел вспыхивающих звезд заднего и переднего фонов, доступных для фотографических наблюдений, убывает с ростом расстояния рассматриваемых систем и достигает значения нуля уже на расстоянии около 500 пк. Поэтому в областях систем, расположенных дальше этого расстояния могут быть обнаружены только вспыхивающие звезды переднего фона.

3. Пространственная плотность вспыхивающих звезд в скоплении Плеяды превышает эту плотность в общем галактическом поле, по крайней мере, на два порядка величины.

4. Нижний предел числа вспыхивающих звезд в Галактике оценен $4.2 \cdot 10^9$, а не вспыхивающих красных карликов — $2.1 \cdot 10^{10}$. Имеются основания допустить, что все они образовались в системах: в звездных скоплениях и ассоциациях.

Бюраканокая астрофизическая
обсерватория

STATISTICAL STUDY OF FLARE STARS III. FLARE STARS IN THE GENERAL GALACTIC STAR FIELD

L. V. MIRZOYAN, V. V. HAMBARIAN, A. T. GARIBJANIAN, A. L. MIRZOYAN

Some questions connected with the existence of a large number of flare stars in the general star field of the Galaxy are discussed. It has been shown that only a negligible part of these stars can be discovered by photographic observations, the part of the field flare stars, among flare stars found in the regions of star clusters and associations being less than 10%. The ratio of the numbers of background and foreground field stars for any system depends on its distance and reaches zero on 500 pc. Space density of the Pleiades flare stars is at least by two order of magnitude larger than in the general galactic field. The lower limit of the number for flare stars in the Galaxy is estimated as $4.2 \cdot 10^9$, and non-flaring red dwarfs as $2.1 \cdot 10^{10}$. There is every reason to conclude that all of them were originated in star clusters and associations.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. В. Мирзоян, В. В. Амбарян, *Астрофизика*, 28, 375, 1988.
2. Л. В. Мирзоян, В. В. Амбарян, А. Т. Гарибджанян, А. Л. Мирзоян, *Астрофизика*, 29, 44, 1988.
3. Л. В. Мирзоян, *Нестационарность и эволюция звезд*, Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1981.
4. W. Gliese, *Veröff. Astron. Rechen Inst. Heidelberg*, No. 22, 1969.
5. W. Gliese, H. Jahreiss, *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.*, 38, 423, 1979.
6. R. Wielen, H. Jahreiss, R. Krüger, *The Nearby Stars and Stellar Luminosity Function*, IAU Coll. No. 76, eds. A. D. Philip, A. R. Uggren, Davis Press, New York, 1983, p. 163.
7. L. V. Mirzoyan, *Eruptive Phenomena in Stars*, ed. L. Szabados, Budapest, 1986, p. 409.
8. R. Sh. Natsvlishvilli, *Eruptive Phenomena in Stars*, ed. L. Szabados, Budapest, 1986, p. 427.
9. Р. Е. Гершберг, *Вспыхивающие звезды малых масс*, Наука, М., 1978.
10. А. Л. Мирзоян, *Астрофизика*, 19, 588, 1983.
11. J. H. Oort, *Proc. Vatican Conference on Stellar Population*, 1957, pp. 419, 533.
12. В. А. Амбарцумян, *Изв. АН СССР, сер. физ.*, 14, № 1, 15, 1950.