

УДК: 524.338.6

СТАТИСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВСПЫХИВАЮЩИХ ЗВЕЗД. IV. ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ЧИСЛО ВСПЫХИВАЮЩИХ ЗВЕЗД В АССОЦИАЦИИ ОРИОНА, СКОПЛЕНИИ ПЛЕЯДЫ И ОКРЕСТНОСТЯХ СОЛНЦА

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

Поступила 12 июня 1989

Рассматривается вопрос о частоте встречаемости вспышечной активности среди красных карликовых звезд. На основе наблюдательных данных, относящихся к вспыхивающим звездам ассоциации Ориона, скопления Плеяды и окрестностей Солнца, показано, что относительное число вспыхивающих звезд среди всех звезд—красных карликов возрастает к звездам более низких светимостей. Вспыхивающие звезды в системе встречаются начиная от определенной светимости, причем эта предельная светимость убывает со старением системы, в которую вспыхивающие звезды входят. Приводятся возможные объяснения наблюдаемому явлению.

1. *Введение.* В предыдущих статьях данной серии [1—3] были обсуждены современные наблюдательные данные о вспыхивающих звездах, которые свидетельствуют об общности вспыхивающих звезд в скоплениях и ассоциациях и звезд типа UV Кита окрестностей Солнца, составляющих единый класс звезд, обладающих вспышечной активностью. Было показано, что, в отличие от вспыхивающих звезд в скоплениях и ассоциациях, звезды типа UV Кита в настоящее время не входят в системы и почти равномерно распределены в объеме вокруг плоскости симметрии Галактики: они принадлежат общему галактическому звездному полю.

Ранее было показано (см., например, [4]), что стадия вспышечной активности является эволюционной: звезды, обладающие вспышечной активностью, находятся в одной из наиболее ранних стадий звездной эволюции. Поэтому изучение вспыхивающих звезд, входящих в состав систем разного возраста, представляет значительный интерес для выявления эволюционных изменений вспышечной активности.

В данной статье рассматривается вопрос о частоте встречаемости вспышечной активности среди красных карликовых звезд разного возраст-

та, на основе наблюдательных данных, относящихся к двум наиболее изученным в этом отношении системам: скоплению Плеяды и ассоциации Орiona и к общему галактическому звездному полю (совокупности звезд типа UV Кита окрестностей Солнца) [2, 3].

2. *Вспыхивающие звезды в Плеядах.* Статистическое исследование вспыхивающих звезд в скоплении Плеяды, выполненное Амбарцумяном [5], показало, что все или почти все звезды этой системы, обладающие достаточно низкими светимостями (слабее 13.3 визуальной звездной величины), должны быть вспыхивающими.

Этот вывод позже был проверен на примере выборки звезд из списка членов скопления Плеяды Герцшпрунга и др. [6], слабее этой величины, но достаточно ярких, чтобы быть доступными при фотографических наблюдениях звездных вспышек. Оказалось [7], что лишь около половины из этих звезд являются известными (имели во время наблюдений вспышки) или потенциальными (способными иметь вспышки) вспыхивающими звездами.

Этот факт на основе последних, более богатых, наблюдательных данных, относящихся к центральной части области Плеяды, охватываемой каталогом Герцшпрунга и др. [6], иллюстрируется данными табл. 1.

Таблица 1

ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ЧИСЛО ВСПЫХИВАЮЩИХ ЗВЕЗД СРЕДИ ЗВЕЗД-ЧЛЕНОВ СКОПЛЕНИЯ ПЛЕЯДЫ (КРИТЕРИЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ—СОБСТВЕННОЕ ДВИЖЕНИЕ)

m_{pg}	N_H	N_F	N_F/N_H
13.0—14.0	31	13	0.42
14.0—15.0	42	26	0.62
15.0—16.0	47	24	0.51
>16.0	23	8	0.35
Всего	143	71	~0.50

В последовательных столбцах табл. 1 приводятся: интервал фотографических звездных величин — m_{pg} , число звезд-членов скопления — N_H , по [6], оценка общего числа вспыхивающих звезд — N_F , основанная на данных картотеки вспыхивающих звезд (Плеяд Г. Б. Оганян [8] и относительное число вспыхивающих звезд среди звезд-членов скопления — N_F/N_H .

Причем, N_F включает числа как уже известных, так и неизвестных (потенциальных) вспышкающих звезд*.

Табл. 1 подтверждает вывод о том, что почти половина звезд—членов скопления из списка Герцшпрунга и др. [6], в период наблюдений области скопления Плеяды по поиску вспышкающих звезд, не обладали вспышечной активностью — были лишены способности производить вспышки доступные фотографическим наблюдениям (с амплитудой больше 0^m.5).

3. *Вспыхивающие звезды в Орионе.* В случае ассоциации Ориона не имеется полного списка карликовых звезд-членов системы, основанного на собственных движениях этих звезд.

Однако Паренаго [9] выделил около 600 звезд, вероятных членов ассоциации Ориона, исходя из их расположения на диаграмме Герцшпрунга—Рессела и тенденции концентрироваться вокруг центра системы (туманности Ориона). Он показал, что Орионовые переменные звезды, в основном звезды типа Т Тельца, показывают резкую концентрацию к середине туманности: при переходе от расстояния 4° от туманности к ее середине видимая плотность этих звезд возрастает в сотни раз.

В связи с этим при составлении табл. 2, аналогичной табл. 1, был использован каталог звезд-членов ассоциации Ориона Паренаго [9], и каталог вспышкающих звезд Ориона Нацвлишвили [10]. В табл. 2 — N_P общее число звезд-членов ассоциации, по [9], а остальные обозначения — прежние.

Таблица 2

ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ЧИСЛО ВСПЫХИВАЮЩИХ ЗВЕЗД СРЕДИ ЗВЕЗД-ЧЛЕНОВ АССОЦИАЦИИ ОРИОНА (КРИТЕРИЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ — СОБСТВЕННЫЕ ДВИЖЕНИЯ И ДРУГИЕ ПАРАМЕТРЫ [9])

m_{pg}	N_P	N_F	N_F/N_P
13.0—14.0	73	2	0.03
14.0—15.0	115	10	0.09
15.0—16.0	143	26	0.18
>16.0	104	79	0.76
Всего	435	117	~0.27

Основное различие табл. 2, относящейся к звездам ассоциации Ориона и содержащей более богатый статистический материал, от табл. 1, со-

* Число неизвестных вспышкающих звезд вычислено по формуле $n_0 = n_1^2 / 2n_2$ [5], с помощью известных чисел однажды — n_1 и дважды — n_2 вспыхнувших звезд и соответствует нижнему пределу этой величины.

ставленной для звезд скопления Плеяды, заключается в том, что она показывает четкое возрастание относительного числа вспыхивающих звезд, при переходе к звездам более низких светимостей.

4. *Сравнение вспыхивающих звезд в Плеядах и Орионе.* Итак, сравнение табл. 1 и 2 показывает, что в Плеядах относительное число вспыхивающих звезд среди всех звезд системы фактически не зависит от их светимости, в то время как в Орионе это число регулярно растет при переходе к звездам более низких светимостей.

Для выяснения возможной причины этого серьезного различия между табл. 1 и 2 рассмотрим критерии составления списков членов-звезд соответствующих систем, которые для них различны.

В случае скопления Плеяды нами был использован список звезд-членов этой системы из каталога Герцшпрунга и др. [6]*, который был составлен с учетом близости собственного движения звезды к собственному движению Альционы.

Между тем, при составлении каталога Паренаго [9] автор наряду с собственным движением звезд использовал также положения звезд на диаграмме Герцшпрунга—Рессела и их видимое распределение на небе.

Однако распределение вспыхивающих звезд в Плеядах показывает, что почти все они, независимо от собственного движения, имеют тенденцию концентрации к центру системы [11]. Например, согласно [12] вспыхивающие звезды Плеяд, независимо от вероятностей их принадлежности к скоплению, вычисленных по собственным движениям Джонсом [13], концентрируются вокруг центра скопления, то есть принадлежат к нему.

Это дает нам основание допустить, что список Герцшпрунга и др. [6] звезд-членов скопления Плеяды, по-видимому, не содержит все звезды исследованной области, входящие в состав скопления (в интервале рассмотренных яркостей).

Более того, распределение вспыхивающих звезд в области скопления Плеяды позволяет заключить, что вспышечная активность звезды является не менее надежным критерием ее принадлежности к системе, чем собственное движение. Исходя из этого заключения, в качестве критерия принадлежности звезды к скоплению Плеяды, помимо собственного движения, мы использовали наличие у нее вспышечной активности, то есть физический параметр.

* Каталог Герцшпрунга и др. [6] охватывает лишь небольшую центральную часть скопления Плеяды, и поэтому статистика, приведенная в табл. 1, относится к той части, где расположено небольшое число (около 15%) известных в настоящее время в этой области вспыхивающих звезд.

Если принять, что вдобавок к звездам-членам скопления, выделенным Герцшпрунгом и др. [6] по собственным движениям, все вспышкающие звезды в указанной области являются членами скопления Плеяды, то вместо табл. 1 мы будем иметь табл. 3.

Таблица 3

ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ЧИСЛО ВСПЫХИВАЮЩИХ ЗВЕЗД СРЕДИ ЗВЕЗД-ЧЛЕНОВ СКОПЛЕНИЯ ПЛЕАДЫ (КРИТЕРИИ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ — СОБСТВЕННОЕ ДВИЖЕНИЕ И ВСПЫШЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ)

m_{pg}	N	N_F	N_F/N
13.0—14.0	34	14	0.41
14.0—15.0	55	37	0.67
15.0—16.0	64	40	0.63
>16.0	73	58	0.79
Всего	226	149	0.66

Табл. 3, как и табл. 2, составленная для ассоциации Ориона, показывает, что и в случае скопления Плеяды доля вспышкающих звезд среди звезд-членов скопления растет к низким светимостям. Причем, на основе данных табл. 2 и 3 можно допустить, что все предельно слабые звезды в рассматриваемых системах должны быть вспышкающими.

Это дает нам основание заключить, что отличие между табл. 1 и 2 обусловлено использованием различных критериев принадлежности звезд к системе. Это отличие устраняется, если в обоих случаях наряду с критерием собственного движения используются и другие критерии — в случае звезд скопления Плеяды их вспышечная активность.

5. *Вспыхивающие звезды в окрестностях Солнца.* Первые вспышкающие звезды были обнаружены в окрестностях Солнца. Это красные карликовые звезды типа UV Кита, которые из-за низкой светимости могут наблюдаться только в ближайших окрестностях Солнца. Их общее число в настоящее время приближается к 100 [14]. В спектрах большинства из них наблюдаются эмиссионные линии водорода и ионизированного кальция.

Результаты наблюдений звезд типа UV Кита показывают, что относительное число этих звезд среди всех карликовых звезд окрестностей Солнца зависит от светимости звезд. Иначе говоря, и в этом случае мы встречаемся с закономерностью, рассмотренной выше для вспышкающих звезд в Плеядах и Орионе.

Об этом свидетельствуют данные, приведенные в табл. 4. Она основана на каталоге Глизе [15] ближайших звезд и его дополнении [16] и каталоге звезд типа UV Кита окрестностей Солнца (см. [14]).

Таблица 4

ЧИСЛО ЗВЕЗД ТИПА UV КИТА СРЕДИ БЛИЖАЙШИХ ЗВЕЗД*

M_{pg}	N_G	N_{UV}	N_{UV}/N_G
7.5—8.5	50	1	0.02
8.5—9.5	100	3	0.03
9.5—10.5	131	7	0.05
10.5—11.5	67	10	0.15
>11.5	113	47	0.42
Всего	461	68	0.15

В табл. 4 N_G — число звезд-карликов спектральных классов К—М по [15, 16]. Она показывает, что относительное число вспыхивающих звезд (звезд типа UV Кита) среди карликовых звезд спектральных классов К—М окрестностей Солнца, будучи практически равным нулю для звезд сравнительно высоких светимостей ($M_{pg} < 8.^m0$), постепенно возрастает при переходе к звездам более низких светимостей.

Таким образом, звезда типа UV Кита окрестностей Солнца в отношении вспышечной активности ведут себя подобно вспыхивающим звездам в Орионе и Плеядах. Табл. 4 напоминает соответствующие табл. 2 и 3.

Следует добавить, что в общем случае некоторое влияние на наблюдаемую возрастающую зависимость относительного числа вспыхивающих звезд среди всех звезд при убывании светимости может оказывать наблюдательная селекция. Она обусловлена тем, что вероятность обнаружения вспыхивающих звезд низких светимостей больше, чем более ярких вспыхивающих звезд. Однако, как показывают расчеты, это влияние не может качественно изменить вид наблюдаемой зависимости.

6. Эволюция относительного числа вспыхивающих звезд среди всех карликовых К—М звезд данной светимости с их возрастом. Вышеприведенные данные, относящиеся к группам звезд, имеющих существенно отличающиеся друг от друга возрасты, указывают на общую тенденцию: относительное число вспыхивающих звезд среди всех звезд данной светимости возрастает к звездам более низких светимостей.

* Табл. 4 начинается с тех светимостей, которые встречаются среди звезд типа UV Кита.

Вместе с этим, как ранее было отмечено Аро и Чавира [17], наиболее ранний спектральный класс вспыхивающей звезды в группе тем более поздний, то есть соответствующая наиболее высокая светимость тем ниже, чем старше группа.

Эти два обстоятельства могут быть использованы для исследования эволюции вспышечной активности со светимостью и возрастом звезды.

Действительно, имеются серьезные основания допустить [1, 2], что вспыхивающие звезды в ассоциациях и скоплениях, а также в общем галактическом звездном поле (звезды типа UV Кита окрестностей Солнца) проходят один и тот же путь эволюции. Это позволяет использовать для исследования указанного вопроса данные табл. 2, 3 и 4, основанные на наблюдениях.

С этой целью данные о вспыхивающих звездах в Орионе и Плеядах (табл. 2 и 3), вместе с данными о звездах типа UV Кита в окрестностях Солнца (табл. 4), были нами сведены в одну табл. 5, причем использова-

Таблица 5

ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ЧИСЛО ВСПЫХИВАЮЩИХ ЗВЕЗД СРЕДИ КРАСНЫХ КАРЛИКОВЫХ ЗВЕЗД В ОРИОНЕ, ПЛЕЯДАХ И ЗВЕЗДНОМ ПОЛЕ*

M_{PE}	N	N_F	N_F/N
4.5— 5.5	73 — —	2 — —	0.03 — —
5.5— 6.5	115 — —	10 — —	0.09 — —
6.5— 7.5	143 — —	26 — —	0.18 — —
7.5— 8.5	104 34 50	79 14 1	0.76 0.41 0.02
8.5— 9.5	* 55 100	* 37 3	* 0.67 0.03
9.5—10.5	* 64 131	* 40 7	* 0.63 0.05
10.5—11.5	* 73 67	* 58 10	* 0.79 0.15
11.5	* * 113	* * 47	* * 0.42
Всего	435 226 461	117 149 68	0.27 0.66 0.15

ны абсолютные звездные величины при вычислении которых принималось, что модули расстояний систем Ориона и Плеяд равны 8.5 и 5.5, соответственно [18, 19]. Этим объясняется отличие данных табл. 2 и 3 от данных табл. 5. При этом не учтено межзвездное поглощение света, значительное в случае звезд Ориона. Однако это обстоятельство не может оказать заметного влияния на полученные ниже результаты, носящие качественный характер.

* Звездочками отмечено отсутствие данных для звезд-членов систем.

В табл. 5 для каждого интервала абсолютных фотографических величин— M_{pg} (первый столбец) дается число— N всех звезд в Орионе, Плеядах и в окрестностях Солнца по Паренано [9], Герцшпрунгу и др. [6] (включая вспыхивающие) и Глизе [15, 16], соответственно (второй-четвертый столбцы), в том числе вспыхивающих— N_F (пятый-седьмой столбцы) и относительное число вспыхивающих звезд— N_F/N (восьмой-десятый столбцы).

Рассмотрение трех последних столбцов табл. 5 показывает, что относительное число вспыхивающих звезд— N_F/N во всех трех совокупностях возрастает при переходе к звездам более низких светимостей. Иными словами, вспыхивающая активность является убывающей функцией от светимости соответствующих звезд: чем выше светимость, тем меньше относительное число вспыхивающих звезд среди всех звезд этой светимости.

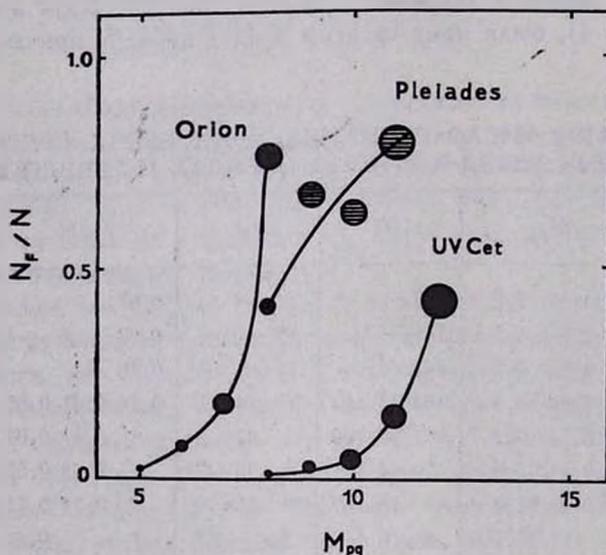


Рис. 1. Зависимость относительного числа вспыхивающих звезд от светимости для областей Ориона, Плеяды и вспыхивающих звезд в окрестностях Солнца. Площади кругов пропорциональны количеству вспыхивающих звезд данной светимости.

Однако, вместе с этим общим свойством, рассматриваемые нами группы вспыхивающих звезд показывают одно существенное различие. Эти группы охватывают разные интервалы светимостей. Это различие обусловлено различием возраста групп (вспыхивающих звезд). Данные последних трех столбцов табл. 5 свидетельствуют о существовании зависимости относительного числа вспыхивающих звезд данной светимости от возраста этих звезд (системы, в которую они входят). Эта зависимость графически представлена на рис. 1. Различное расположение кривых, представляющих

группы в Орионе, Плеядах и в окрестностях Солнца, на графике обусловлено различием их возраста.

Зависимость относительного числа вспыхивающих звезд данной светимости от их возраста отражает характер изменения вспышечной активности с возрастом звезды, то есть в ходе эволюции. Вследствие того, что темпы эволюции зависят от светимости (массы) звезды, звезды сравнительно более высоких светимостей раньше кончают свою вспышечную активность, чем звезды более низких светимостей. Поэтому, чем моложе система, тем более высокой светимости вспыхивающие звезды в ней встречаются.

Данные табл. 5 подтверждают это представление. Например, во всех трех группах встречаются вспыхивающие звезды, абсолютная фотографическая величина которых находится в интервале 7.5—8.5. Однако их относительное число убывает среди всех звезд указанной светимости с возрастом: от 0.76 (в Орионе) до 0.02 (в окрестностях Солнца). Это различие обусловлено тем, что звезды, обладающие светимостями в указанном интервале, еще не успели выйти из стадии вспышечной активности в очень молодой группе Ориона, около половины из них уже вышли из этой стадии — в сравнительно молодой группе Плеяд и, наконец, практически все звезды таких светимостей уже прекратили вспышечную активность — в старой группе вокруг Солнца.

Для звезд более высоких светимостей положение иное. Среди них вспыхивающие встречаются, как и следовало ожидать, только в группе Ориона. В группах Плеяд и окрестностей Солнца вспыхивающих звезд столь высоких светимостей не обнаружено. По-видимому, их просто нет, что в рамках изложенного представления вполне понятно.

Что касается существования вспыхивающих звезд с $M_{pg} > 8.5$ в группе Ориона и с $M_{pg} > 11.5$ в группе Плеяд, то можно допустить, что они имеются, но их обнаружение довольно трудно, из-за наблюдательных ограничений. Только при очень больших вспышках удастся их регистрировать фотографическим методом. Поэтому можно считать, что распределения $(N_F/N, M_{pg})$, представленные на рис. 1 для всех рассмотренных групп, по-видимому, имеют продолжения в сторону звезд малых светимостей. Однако их построение, на основе наблюдений, в настоящее время не представляется возможным.

7. *Возможные объяснения поведения вспышечной активности у красных карликовых звезд.* Как следует из табл. 2 и 3, в двух наиболее изученных системах, содержащих большое число вспыхивающих звезд, Плеядах и Орионе вспыхивающая активность является характерной особенностью лишь для самых слабых звезд. Для звезд же сравнительно более высоких светимостей вспышечная активность встречается лишь у части звезд, при-

чем их доля среди всех звезд регулярно растет к звездам более низких светимостей.

В случае звезд поля (табл. 4) даже наиболее низких светимостей, доступных для наблюдений ($M_{pg} > 11.5$), относительное число вспыхивающих звезд среди карликовых звезд составляет около их половины.

Этот наблюдательный факт, в свете представления о том, что стадия вспыхивающей звезды является эволюционной стадией, через которую проходят все карликовые звезды [4, 20], можно объяснить при следующих предположениях:

1. Процесс выхода карликовой звезды из стадии вспышечной активности происходит спонтанно для звезд одинаковой светимости (массы). Очевидно, что со временем часть звезд данной светимости, начиная со звезд наиболее высоких светимостей, прекращая вспышечную активность, выйдет из этой стадии. Поэтому среди звезд сравнительно высоких светимостей будут как вспыхивающие, так и не вспыхивающие. Естественно считать, что чем выше соответствующая светимость, тем больше число звезд, уже вышедших из стадии вспышечной активности. В этом случае будет наблюдаться картина, представленная в табл. 5 и на рис. 1.

2. Вспышечная активность обладает цикличностью [21], вследствие чего за периодами высокой вспышечной активности звезды следуют периоды ее относительного затишья. При этом следует считать, что цикличность вспышечной активности постепенно затухает с убыванием светимости звезды: она наиболее сильно проявляется у наиболее ярких вспыхивающих звезд и постепенно исчезает при переходе к наиболее слабым звездам. Такое поведение цикличности вспышечной активности представляется менее правдоподобным, хотя сама цикличность не может вызывать возражений: наблюдательные данные о вспышках звезд в системах свидетельствуют в ее пользу [21].

В действительности, по-видимому, на наблюдательную картину влияют оба отмеченных явления: спонтанное прекращение вспышечной активности и ее цикличность, причем влияние первого фактора преобладает.

Следует добавить, что возрастание относительного числа эмиссионных звезд среди всех звезд окрестностей Солнца к звездам более низких светимостей было обнаружено Аракеляном [22]. Это общее со вспыхивающими звездами свойство эмиссионных звезд можно рассматривать в пользу тождественности вспыхивающих и эмиссионных красных карликовых звезд [21].

8. **Заключение.** Основные выводы, полученные в статьях данной серии, по статистическому исследованию вспыхивающих звезд, следующие.

1. Вспыхивающие звезды в скоплениях и ассоциациях и звезды типа UV Кита окрестностей Солнца по своей физической природе не отлича-

ются. Наблюдаемые различия между ними обусловлены тем, что звезды типа UV Кита — сравнительно старые образования, которые сохранили еще свою вспышечную активность благодаря очень низким светимостям (массам).

2. Звезды типа UV Кита выходят из систем, большей частью уже распавшихся, составляют общее галактическое звездное поле и обладают большим разнообразием физических и кинематических характеристик.

3. Пространственное распределение звезд типа UV Кита в доступной для наблюдений этих звезд части Галактики близко к равномерному.

4. Относительное число вспыхивающих среди всех красных карликовых звезд возрастает к звездам более низких светимостей, причем вспыхивающие звезды встречаются начиная от определенной светимости, убывающей со старением системы, в которую они входят.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

STATISTICAL STUDY OF FLARE STARS. IV. RELATIVE NUMBER OF FLARE STARS IN THE ORION ASSOCIATION, PLEIADES CLUSTER AND IN THE SOLAR VICINITY

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

The problem of the flare activity frequency among red dwarf stars is considered. Using the observational data on the flare stars in the Orion association, Pleiades cluster and the Solar vicinity it has been shown that the relative number of flare stars among all red dwarf stars increases towards the lower luminosity stars. The flare stars are found in a system beginning with a definite luminosity. This limiting luminosity decreases with the aging of the system which includes flare stars. Possible explanations of the observed phenomenon are given.

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, В. В. Амбарян, А. Т. Гарибджанян, А. Л. Мирзоян, *Астрофизика*, 29, 531, 1988.
4. V. A. Ambartsumian, L. V. Mirzoyan, *IAU Coll.*, № 15, Veröff. Bamberg, 9, № 100, 98, 1971.

5. В. А. Амбарцумян, Тр. Бюраканского симпозиума, Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1969, стр. 283.
6. E. Hertzsprung et al, Ann. Leiden Observ., 19, № 1A, 1947.
7. В. А. Амбарцумян и др., Астрофизика, 6, 3, 1970.
8. Г. Б. Оганян, Кэртотека вспыхивающих звезд Плеяд, Бюракан. астрофиз. обсерв. (рукопись).
9. П. П. Паренаго, Тр. Гос. астрон. ин-та им. П. К. Штернберга, 25, 1954.
10. Р. Ш. Нацвлишвили, Каталог вспыхивающих звезд Орiona, Абастуманская астрофиз. обсерв. (рукопись), 1986.
11. L. V. Mirzoyan, Proc. III European Astronom. Meeting, ed. E. K. Kharadzе, Tbilisi, 1975, p. 121.
12. А. Л. Мирзоян, Астрофизика, 19, 588, 1983.
13. B. F. Jones, Astron. J., 86, 290, 1981.
14. Р. Е. Гершберг, Вспыхивающие звезды малых масс, Наука, М., 1978.
15. W. Gliese, Veröff. Astron. Rechen Inst. Heidelberg, № 22, 1969.
16. W. Gliese, H. Jahrests, Astron. and Astrophys. Suppl. Ser., 33, 423, 1979.
17. G. Haro, E. Chavira, Vistasin Astronomy, 8, 89, 1966.
18. J. R. Stauffer, Astron. J., 97, 1507, 1982.
19. M. Cohen, L. V. Kuht, Astrophys. J. Suppl. Ser., 41, 743, 1979.
20. L. V. Mirzoyan, Vistasin Astronomy. 27, 77, 1984.
21. Л. В. Мирзоян, Г. Б. Оганян, Астрофизика, 13, 561, 1977.
22. М. А. Аракелян, Сообщ. Бюракан. обсерв., 41, 56, 1969.