



О ПРОЦЕНТЕ ВСПЫХИВАЮЩИХ ЗВЕЗД СРЕДИ
ПЕРЕМЕННЫХ ТИПА RW AUR В АССОЦИАЦИИ ОРИОНА.

В. А. АМБАРЦУМЯН

Поступила 4 января 1970.

На основе статистики вспышек некоторой выборки переменных звезд типа RW Возничего в ассоциации Ориона показано, что лишь около четверти переменных типа RW Возничего, амплитуды переменности которых превосходят одну звездную величину, испытывают вспышки, которые обнаруживаются при принятой методике фотографических наблюдений вспышек. Приведены аргументы в пользу того, что такие вспышки происходят лишь на более позднем этапе переменности.

1. Выявление всех вспыхивающих объектов в какой-либо заданной совокупности звезд является задачей, требующей огромных усилий наблюдателей и многих лет работы телескопов соответствующей мощности. Например, обнаружение всех вспыхивающих звезд в Плеядах требует получения на метровом телескопе Шмидта нескольких тысяч фотографических снимков с более чем двадцатью тысячами экспозиций. И хотя подобные наблюдения необходимы, все же целесообразно иметь возможность оценки численности вспыхивающих объектов в данной совокупности звезд на основе меньшего объема информации, т. е. наблюдения вспышек только у части вспыхивающих звезд, входящих в данную совокупность.

В двух предыдущих работах [1, 2] был разработан метод оценки полной численности вспыхивающих звезд в данном агрегате, на основе наблюдений, охватывающих вспышки, имевшие место лишь у части вспыхивающих звезд этого агрегата. Если все объекты некоторого агрегата находились под наблюдением в течение одного и того же суммарного интервала времени t , а n_1 и n_2 — суть числа объектов, у которых произошли соответственно одна и две вспышки, и если среднее время между двумя последовательными вспышками у всех вспыхиваю-

щих объектов одинаково, то число вспыхивающих объектов, у которых за это же время t не было ни одной вспышки, будет приближенно определяться равенством

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

Если же эти средние времена для различных вспыхивающих звезд различны, то формула (1) определяет лишь нижнюю границу значения n_0 . Однако при довольно общих предположениях можно тогда считать, что

$$\frac{n_1^2}{2n_2} \leq n_0 < \frac{n_1^2}{n_2}. \quad (2)$$

Таким образом мы имеем во всяком случае нижнюю и верхнюю границы для искомой величины.

2. Известно, что среди вспыхивающих звезд и ассоциации Ориона имеется некоторое число звезд типа RW Возничего. Однако мы до сих пор не знаем, все ли звезды RW Возничего обладают способностью вспыхивать или же вспышки происходят лишь на определенном этапе их эволюции. Ответ на этот трудный вопрос будет облегчен, если нам удастся оценить, какой процент звезд типа RW Возничего в ассоциации Ориона испытывает вспышки в данную эпоху. Для определенности мы взяли совокупность известных звезд RW Возничего в Орионе, ограниченную следующими условиями:

а) они находятся в области $4 \times 4^\circ$ с центром в Трапедии Ориона. Эта область особенно подробно изучалась для выявления звездных вспышек;

б) фотографические амплитуды RW переменных, взятые из каталога Кукаркина и Паренаго и его дополнений, должны быть больше одной звездной величины. Благодаря этому условию мы отобрали звезды, имеющие достаточно высокий уровень RW-активности.

Оказалось, что упомянутый каталог (второе издание) и его дополнения содержат 193 звезды, удовлетворяющие поставленным условиям. Сюда не входят звезды, принадлежность которых к типу RW поставлена в каталоге под знак вопроса.

Отобранные 193 звезды и составляют изучаемую нами совокупность, и все выводы, которые мы сделаем, строго говоря, относятся только к ней. В нее почти не входят, например, звезды слабее $m_{pg} = 18$, для которых RW-активность еще совершенно не изучена.

Три списка вспыхивающих звезд, составленные Аро [3] и Аро совместно с Чавира [4], содержат 254 вспыхивающих звезды в ассоциа-

ции Ориона. К ним мы прибавили из нового списка Розино 36 звезд, не входящих в [3, 4]. Таким образом оказалось, что к настоящему времени мы знаем 290 вспыхивающих звезд в этой области неба. Нам нужно было выяснить, какие звезды из нашего списка 193 звезд типа RW входят в состав 290 вспыхивающих звезд.

Оказалось, что у 16 звезд из 193-х наблюдались вспышки, причем у двенадцати из них наблюдалось по одной вспышке, у трех — по две и у одной — три вспышки. Иными словами

$$n_1 = 12, \quad n_2 = 3, \quad n_3 = 1. \quad (3)$$

Отсюда, согласно (1), имеем: $n_0 = 24$. Прибавив сюда число звезд с наблюдаемыми вспышками, получаем

$$N = 40$$

для полного числа вспыхивающих звезд нашей выборки. Иными словами, около 20% отобранных RW переменных являются вспыхивающими.

Если допустить, что в данном случае применим простой закон Пуассона, то для значения математического ожидания имеем

$$\bar{n}_k = N e^{-\nu t} \frac{(\nu t)^k}{k!}, \quad (4)$$

где ν — средняя частота вспышек.

Имеем

$$\nu t = 2 \frac{\bar{n}_2}{n_1} = 0.5,$$

что дает возможность по (4) вычислить

$$\bar{n}_3 = 0.5; \quad \bar{n}_4 = 0.06,$$

что находится в более чем хорошем согласии с наблюдениями, показывающими

$$\bar{n}_3 = 0.5 \quad \bar{n}_4 = 0.06.$$

Поэтому можно считать, что имеющиеся данные говорят в пользу представления о малой дисперсии частот вспышек у нашей выборки. Отсюда следует, что хотя полученное значение $N = 40$ и является нижней границей числа вспыхивающих звезд в выборке, истинное значение не должно сильно отличаться от него. Поэтому, округляя в сторону увеличения, мы можем считать установленным, что около четверти переменных проявляют вспышечную деятельность.

Конечно, при этом речь идет лишь о больших вспышках с амплитудой $\Delta m > 0.5$, которые и могут только обнаруживаться методом фотографирования в виде цепочек звездных изображений.

Вполне возможно, что если бы можно было с легкостью обнаруживать вспышки меньшей амплитуды, численность найденных вспыхивающих звезд была бы больше.

Розино обратил внимание на то, что амплитуды вспышек у переменных типа RW Возничего в Орионе в среднем меньше, чем у „нормальных вспыхивающих звезд“. Как показывает рассмотрение данных о 16 вспыхивающих звездах типа RW Возничего, вспышка с наибольшей амплитудой (2.7 фотогр.) наблюдалась у OR Ориона. Таким образом, замечание Розино подтверждается на более широком материале, так как вспышки с амплитудой в три величины и больше нередки среди вспыхивающих звезд, не входящих в число RW переменных.

3. На полученное из наблюдений значение процента вспыхивающих среди RW переменных может повлиять то обстоятельство, что некоторые переменные расположены в туманности и их можно наблюдать только с длиннофокусными камерами. Поскольку наблюдения вспышек ведутся с короткофокусными телескопами Шмидта, обнаружение их у таких переменных может быть затруднено. Для выяснения проистекающего отсюда эффекта мы рассмотрели распределение RW переменных по отношению к туманности и установили, что туманность может оказать влияние на фотографические наблюдения примерно 50 звезд. Однако только для меньшинства этих звезд влияние может быть настолько велико, чтобы сильно мешать обнаружению вспышек. Тем не менее, некоторую поправку за этот эффект в наши результаты следует внести. Лучше всего это можно было бы сделать, исключив из нашей выборки те звезды, которые теряются на фоне туманности, т. е. необходимо считать, что выборка содержит менее 193 звезд. Нам кажется, что уменьшение этого числа на 35 звезд будет более чем достаточно. Таким образом, из 158 звезд мы имеем примерно 40 вспыхивающих. Это значит, что около 25% всех рассмотренных переменных претерпевает вспышки необходимой амплитуды.

4. В своих исследованиях вспыхивающих звезд Аро пришел к выводу о том, что вспыхивающие звезды представляют собой одну из ранних фаз развития звезды, наряду с фазой неправильной переменности (RW Возничего или Т Тельца). Будем эти две фазы называть соответственно UV-фазой и RW-фазой. Как показал Аро, средний возраст звезд в UV-фазе гораздо старше среднего возраста

RW-фазы. При таком положении дел возможны четыре различных предположения:

1) Период UV-активности следует за периодом RW-активности, после окончания последней.

2) UV-фаза и RW-фаза начинаются у звезды совместно, после ее формирования, но RW-фаза кончается у каждой звезды раньше, а UV-активность продолжается.

3) UV-активность начинается лишь после развития RW-фазы, быть может незадолго до ее окончания.

4) Часть звезд проходит стадию RW, а другая часть прямо вступает в UV-фазу без прохождения RW-фазы. Такое предположение означало бы наличие существенно различных путей эволюции звезд одной и той же массы.

От этого четвертого предположения мы, по-видимому, имеем все основания отказаться с самого начала. Исследование статистики вспышек в Плеядах [2] показало, например, что все звезды, обладающие массой, меньше солнечной массы, проходят через UV-стадию. Это говорит в пользу одинаковых путей эволюции звезд данной массы в данном агрегате.

Предположение первое противоречит факту существования звезд, показывающих одновременно оба вида активности.

Что касается второго предположения, то оно может быть верным в том случае, если под UV-активностью мы будем понимать появление вспышек сколь угодно малой интенсивности и частоты.

Однако практически в агрегатах мы можем наблюдать лишь вспышки с $\Delta m > 0.5$ величины. Поэтому целесообразнее говорить лишь об этой крупномасштабной форме вспышечной активности. В таком случае третья гипотеза наиболее соответствует установленному в настоящей статье факту принадлежности около четверти RW звезд к числу вспыхивающих.

Иными словами, в том диапазоне абсолютных величин, который охватывается наблюдениями вспыхивающих звезд ($M > 5$), вспышечная активность рассматриваемого масштаба наступает, грубо говоря, лишь в последнюю четверть RW-активности.

Для понимания явлений, происходящих на начальных этапах звездной эволюции, представляет большой интерес взаимосвязь между RW-активностью и UV-активностью для звезд различной светимости в ассоциации Ориона.

Оказывается, как это видно из нижеследующей таблицы, процент вспыхивающих звезд среди переменных RW Возничего разных светимостей различен.

Поскольку вспышки наблюдались далеко еще не у всех вспыхивающих RW звезд, приведенные в этой таблице проценты следует увеличить от двух до двух с половиной раз. При этом поправочный коэффициент может быть различен для звезд различной яркости.

Таблица 1

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВСПЫХИВАЮЩИХ ЗВЕЗД СРЕДИ ПЕРЕМЕННЫХ
ТИПА RW ВОЗНИЧЕГО ПО ЗНАЧЕНИЯМ БЛЕСКА В МАКСИМУМЕ

| Значения блеска в максимуме перемен- ности | <13.0 | 13.0—13.7 | 13.8—14.5 | 14.6—15.3 | 15.4—16.1 | >16.1 |
|---|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|
| Число переменных | 28 | 22 | 43 | 62 | 35 | 3 |
| Число переменных, у которых наблю- дались вспышки | 0 | 3 | 7 | 4 | 2 | 0 |
| Процент переменных, у которых наблю- дались вспышки | 0 | 14 | 16 | 6 | 6 | 0 |

Тем не менее, бросается в глаза, что наиболее яркие переменные звезды ($m < 13.0$) совершенно не наблюдались во вспышках. Это можно истолковать в том смысле, что звезды высоких светимостей ($M < 5.5$) проходят всю стадию RW-переменности без заметных вспышек. Это не исключает того, что у них могут быть вспышки, имеющие те же значения абсолютной энергии, что и у более слабых звезд. Просто вспышки в этих случаях могут „теряться“ в большом общем излучении звезды.

С другой стороны, таблица содержит указание на уменьшение процента вспыхивающих при переходе от переменных звезд, имеющих в максимуме $m = 14$, к более слабым. Здесь могут быть предложены два объяснения: а) Вследствие более медленной эволюции звезд малой массы только небольшая их доля успела вступить в фазу UV. Такое объяснение предполагает, что продолжительность периода звездообразования в ассоциации Ориона не превосходит полной продолжительности RW-фазы у звезд низких светимостей ($M > 10$). б) Звезды RW Возничего низкой светимости в Орионе большей частью сильно смещены на диаграмме цвет—светимость вверх от нормального положения, т. е. у них светимости гораздо выше тех, которые соответствуют их массам. Вследствие этого вспышки с небольшими амплитудами не будут наблюдаться вообще, и для открытия вспышечной активности следует дожидаться редких очень больших вспышек.

Первое объяснение противоречит тому, что среди вспыхивающих звезд в Орионе имеются объекты от 17 до 19 фотографической величины, относительно RW-активности которых ничего неизвестно. Вероятно, у части из них такой активности, по крайней мере, в сильной форме, действительно нет. Таким образом, у этих звезд период RW-активности прошел, что свидетельствует о достаточно большой длительности прошедшей части периода формирования звезд в ассоциации Ориона.

Одновременно в пользу второго предположения свидетельствует следующее: если из 290 известных нам вспыхивающих звезд только 16 (т. е. шесть процентов) оказались в нашей выборке 193 звезд типа RW Возничего, то из приведенных в работе Аро и Чавира [4] двенадцати вспыхивающих звезд, которые определенно лежат ниже главной последовательности (звезды 39, 45, 51, 78, 80, 101, 144, 151, 157, 203, 245, 246), оказалось в нашей выборке уже четыре (Аро 39, 45, 157, 203), т. е. одна треть. Впрочем, прежде чем обсуждать более подробно уменьшение процента вспыхивающих среди RW звезд при переходе к объектам слабее 15-ой величины в максимуме, желательно иметь более достоверную статистику слабых RW звезд.

В заключение мы можем сделать вывод, что только часть переменных типа RW Возничего с большой амплитудой в Орионе показывает вспышечную активность.

К сожалению, мы не имеем данных о степени полноты наших списков RW звезд в Орионе, что мешает рассмотреть обратную задачу, т. е. решить, какая часть вспыхивающих звезд тех или иных светимостей показывает UV-активность.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

ON THE PERCENTAGE OF FLARE STARS AMONG THE RW AURIGAE TYPE VARIABLES IN ORION ASSOCIATION

V. A. AMBARTSUMIAN

A statistical study of certain sample of RW Aurigae variables belonging to the Orion association which have amplitudes of irregular variations $> 1^m$ has shown that only a quarter of them are flare stars, with flares observable by means of usual photographic method. There are indications that such flares occur only in the late phase of the irregular variability.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. В. А. Амбарцумян, Звезды, туманности, галактики (Труды Бюраканского симпозиума 1968 г.) АН Арм. ССР, Ереван, 1969, стр. 283.
2. В. А. Амбарцумян, Л. В. Мирзоян, Э. С. Парсмян, О. С. Чавушян, Е. К. Ерастова, *Астрофизика*, 6, 7, 1970.
3. G. Haro, *Stars and Stellar Systems*, Vol. 7, ed. V. M. Middlehurst and L. H. Aller, Univ. of Chicago Press, Chicago, 1968, p. 141.
4. G. Haro, E. Chavira, *Bol. Obs. Tonantzintla*, 5, No 32, 59, 1969.