

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 15

НОЯБРЬ, 1979

ВЫПУСК 4

УДК 523.802

СИНХРОННЫЕ UVV-НАБЛЮДЕНИЯ UV КИТА. II

Н. Н. КИЛЯЧКОВ, Н. Д. МЕЛΙΚЯН, А. В. МИРЗОЯН, В. С. ШЕВЧЕНКО

Получила 14 апреля 1979

Обсуждаются синхронные UVV-наблюдения вспышек UV Кита, представленные в первой части этой работы [1]. Отмечены разнообразие и сложность (рис. 1) кривые блеска вспышек, построенных с высоким временным разрешением. Это разнообразие проявляется в форме, временах возгорания и полной продолжительности вспышек. Однако эти последние величины друг с другом коррелируют (рис. 2). Сделано допущение, что в общем кривая блеска звездной вспышки является суммарным следствием нескольких взаимно обусловленных кратковременных актов проявления выделенной при вспышке энергии. Обнаружено некоторое «группирование» вспышек. Показано, как малое временное разрешение при фотографических наблюдениях вспышек приводит к сглаживанию формы кривой блеска, уменьшению амплитуды и средней частоты наблюдаемых вспышек (табл. 1). Рассмотрены траектории показателей цвета U—V и V—U отдельных синхронно наблюдаемых вспышек с их развитием на двухцветной диаграмме (U—V, V—U) (рис. 3), показывающие их разнообразие и сильное отклонение от траекторий, ожидаемых по двухкомпонентной модели Кункели.

В первой части настоящей работы [1] были подробно описаны синхронные фотоэлектрические наблюдения вспышек звезды UV Кита, выполненные в августе 1978 г., в высокогорной Майданакской экспедиции Астрономического института АН Узбекской ССР, в фотометрической системе UVV, с помощью трех телескопов одновременно. Разрешение этих наблюдений во времени было достаточно высоким — 2 с.

В работе были приведены кривые блеска 16 вспышек, зарегистрированных за эффективное время наблюдений в 28 часов, причем 7 из них были наблюдаемы во всех трех областях спектра.

Хотя объем этих наблюдений небольшой, однако они содержат некоторые результаты, которые могут оказаться важными для понимания физической природы вспышек. Поэтому мы сочли целесообразным во второй части работы предварительно обсудить эти результаты.

При рассмотрении этих результатов обращает на себя внимание прежде всего крайнее разнообразие как форм кривых блеска зарегистрированных вспышек, так и соответствующих собственных цветов «вспышечного» излучения. Среди кривых блеска нет двух похожих друг на друга, причем большинство из них является довольно сложным.

У многих вспышек можно сосчитать несколько локальных максимумов, которые придают кривой блеска вспышки зубчатый вид. Кроме этого, почти всегда на кривой блеска звезды видно большое количество слабых кратковременных «всплесков». Эти «всплески» присутствуют на кривой блеска не только в период вспышки, но и до, и после вспышки. Часто за несколько секунд до резкого подъема блеска у звезды наблюдается значительное повышение интенсивности излучения.

Практически очень трудно представить кривую блеска отдельной вспышки плавной кривой. На наблюдаемых кривых, почти во всех случаях, присутствуют многочисленные ступеньки, которые, по-видимому, разделяют отдельные акты испускания выделенной энергии, то есть указывают на наличие кратности таких актов.

Например, вспышки № 1 и 2, 10 и 11, 12 и 13, зарегистрированные 2-го, 7-го и 9-го августа, являются, по крайней мере, двойными, а вспышки № 3, 4 и 5 от 4-го августа — многократными.

В пользу представления о многократности явления вспышки свидетельствуют также наблюдения Кристалди и Родоно [2, 3]. В этом же духе можно рассматривать и результаты наблюдений двух вспышек EV Ящерицы, выполненных с высоким временным разрешением Кодаира, Ичимура и Нишимура [4], которые свидетельствуют о наличии на их кривых блеска нескольких вторичных всплесков — «пикообразных поярчаний».

Указанные факты, выявленные на основе синхронных наблюдений вспышек, выполненных с достаточно высоким разрешением по времени, дают основание допустить, что звездная вспышка, в самом общем случае, является суммарным следствием нескольких, взаимно обусловленных кратковременных актов проявления выделенной при вспышке энергии. Это, однако, не означает, что не могут существовать отдельные, изолированные вспышки.

Для зарегистрированных вспышек отношение амплитуд в разных областях спектра меняется в больших пределах. Например, для отношения $M/\Delta B$ соответствующие значения разбросаны в интервале $1.5 \div 4.0$, а отношения $\Delta B/\Delta V$ — $1.3 \div 9.5$. Возможно, что в действительности диапазон значений этих отношений несколько меньше, однако реальность этих различий не подлежит сомнению.

Даже после учета влияния интенсивных эмиссионных линий, появляющихся во время вспышек, на результаты UBV -измерений наблюдается

сильное отклонение распределения энергии в непрерывном спектре «вспышечного» излучения от планковского распределения.

В исследовании Р. Е. Гершберга и П. Ф. Чугайнова [5], использовавших богатый наблюдательный материал, оценены времена возгорания вспышек и отмечено, что вспышки по времени их возгорания сильно отличаются. Обсуждаемые наблюдения в этом отношении находятся в полном согласии с этим результатом: наименьшее время возгорания наблюдалось для вспышки № 2 — всего 4 с, в то время как для вспышки № 13 оно составляло 102 с. Еще большее различие наблюдается в полных продолжительностях этих вспышек. Для зарегистрированных вспышек они оценены от 16 до 3700 с.

Наибольшая продолжительность была зарегистрирована в случае вспышки № 13, которая является одной из мощнейших, когда-либо зарегистрированных у звезды UV Кита. Она продолжалась больше одного часа. Амплитуды этой вспышки в областях U, V и V равны 6^{m5} , $>4^{m3}$ и 3^{m2} соответственно [1]. При наблюдении этой вспышки в области V в момент максимума вспышки производилась коррекция звезды в диафрагме, поэтому здесь указан нижний предел амплитуды.

Как наглядный пример, указывающий на многократность проявлений явления вспышки, на рис. 1 представлена кривая блеска этой вспышки.

Сильно отличающиеся продолжительности времени возгорания вспышек соответствуют иногда почти одинаковой амплитуде.

Не имеется практически никакой корреляции между временем возгорания и амплитудой вспышки. Об этом свидетельствуют данные о вспышках № 3, 4 и № 8, 11, 14 [1]. Вследствие этого наблюдаются существенные различия в скоростях возгорания вспышек: например в U лучах от 0^{m06} до 0^{m6} и секунду.

Однако статистически существует прямая корреляция между временем возгорания и общей продолжительностью вспышки. Эта корреляция приведена на рис. 2, где использованы и результаты наблюдений UV Кита, выполненных Моффеттом [6]. В среднем общая продолжительность вспышки растет с увеличением времени ее возгорания.

Наблюдения вспышек UV Кита дают основания допустить, что острый и мощный пик вспышки иногда сидит на общем, поднятом по сравнению с нормальным, уровне излучения звезды. В ряде случаев как будто до вспышки у звезды наступает «возбужденное» состояние, которое характеризуется либо плавным подъемом блеска, либо наличием «всплесков». Это явление достаточно хорошо видно в случаях вспышек № 4, 8, 12, 13, 14 [1]. Особенно ярко оно выражено в случае вспышки № 14. Хотя эти «всплески» бывают порою довольно значительными, мы не включили их в число зарегистрированных отдельных вспышек.

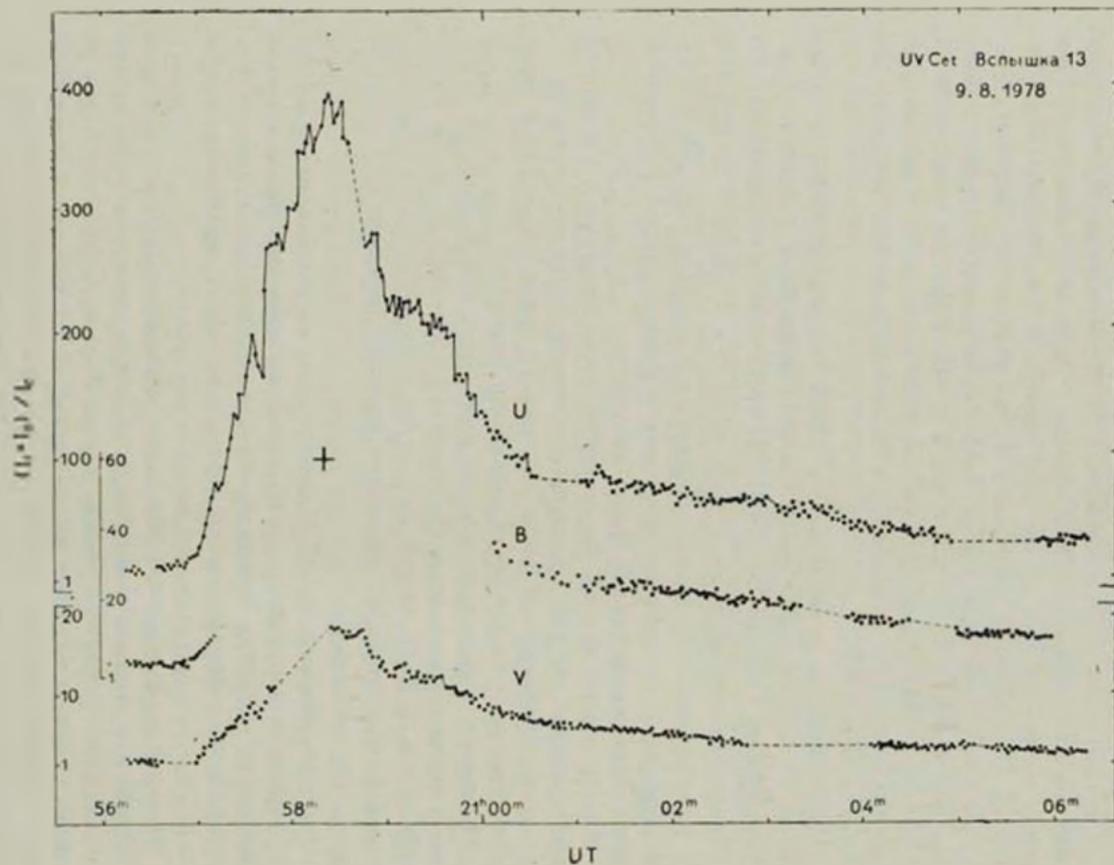


Рис. 1. Кривая блеска мощной вспышки № 13 звезды UV Кита. Крестиком обозначен нижний предел амплитуды блеска в полосе В в момент максимума вспышки.

Вообще следует отметить, что наблюдения указывают на некоторое «группирование» вспышек. Из всех зарегистрированных нами вспышек только четыре являются «простыми» (одиночными) вспышками. Остальные 12 вспышек встречались группами: они зарегистрированы всего за 8 часов, в частности пять вспышек, № 3, 4, 5, 6, 7 [1], были зарегистрированы за время чуть больше одного часа. Вспышки № 1 и 2 [1] непосредственно следуют друг за другом. Между ними наблюдается только одна

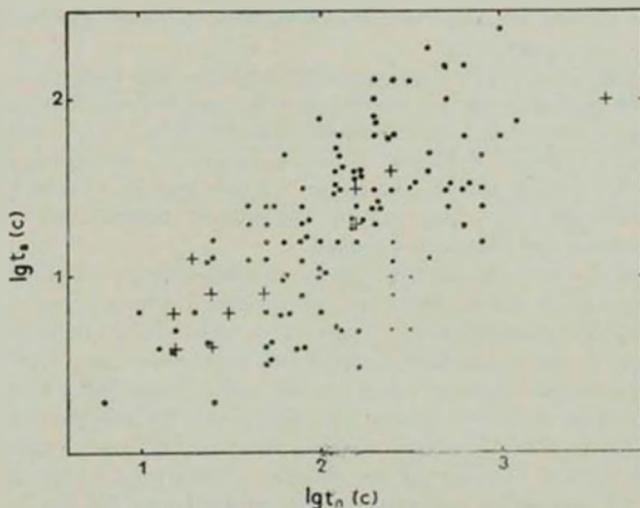


Рис. 2. Зависимость между полной продолжительностью вспышки и временем ее позгорания по синхронным наблюдениям. Точками обозначены данные наблюдения Морфетта [6].

точка (2 с), соответствующая блеску звезды в минимуме. А между вспышками № 12 и 13 [1] минимум блеска вовсе не был достигнут, так что эти вспышки можно интерпретировать вместе как одну более длительную вспышку с двумя максимумами. Кривая блеска вышеупомянутой вспышки № 13 накладывается на кривую блеска вспышки № 12, у которой в V-лучах до начала вспышки (до резкого подъема) замечается небольшой спад. Такое же положение наблюдается в случае вспышек № 10 и 11. «Группирование» вспышек ранее наблюдали и другие авторы. В частности, это хорошо видно на кривых блеска вспышек, зарегистрированных Кристалди и Родоно [2, 3].

При наших наблюдениях мы регистрировали в среднем одну вспышку за два часа патрулирования. Эта частота в несколько раз больше средней частоты вспышек звезды UV Кита, оцененной на основе богатого наблю-

дательного материала [5]. Имея в виду, однако, что эта последняя оценка относится в основном к визуальной области спектра и учитывая, что средняя частота вспышек растет к коротким длинам волн, можно понять это расхождение. Соответствующая средняя частота вспышек меньше средней частоты вспышек UV Кита, характеризующей, например, наблюдения Моффетта [6]. Это, возможно, связано с тем, что в статистику [6] входят и небольшие вспышки, в то время как нами рассматриваются лишь сравнительно большие вспышки (амплитуда в U-лучах $\Delta U \geq 1.5$). Учет небольших вспышек, типа «всплесков», имеющих на наших записях, может объяснить это различие.

Очевидно, что такие характеристики звездных вспышек, как форма кривой блеска, амплитуда и средняя частота, находятся в зависимости от разрешающей способности по времени применяемого для наблюдений приемника излучения. В общем, с уменьшением разрешения по времени сглаживается кривая блеска, падает амплитуда вспышки, а вследствие потери вспышек с малыми для данного приемника амплитудами убывает средняя частота наблюдаемых вспышек.

Эти потери особенно велики при фотографических наблюдениях вспышек и звездных агрегатах, когда для обнаружения вспышек у сравнительно слабых вспыхивающих звезд применяются длительные (до 10—15 мин) экспозиции. Кроме небольшого разрешения по времени для этих наблюдений существенное значение имеет и сдвиг начала экспозиции относительно начала самой вспышки. Дело в том, что результат интегрирования интенсивности излучения звезды за время экспозиции прямо определяется той частью кривой блеска вспышки, которая попадает в этот интервал времени. А это зависит от взаимного расположения моментов начала экспозиции и звездной вспышки.

Для иллюстрации в табл. 1 приводятся данные об ожидаемых амплитудах зарегистрированных нами во время синхронных фотоэлектрических наблюдений вспышек UV Кита, в случае их фотографических наблюдений в U и В-лучах, при допущении, что каждое изображение звезды в цепочке соответствует 10 и 5-минутной экспозиции, соответственно, а отрезки времени между наблюдениями составляют 30 с.

В последовательных столбцах табл. 1 приведены порядковый номер зарегистрированной вспышки и амплитуды ΔU и ΔB при предположении, что наблюдения начаты в момент t_0 за 4 и 2 минуты до начала соответствующих вспышек, если они превышают амплитуду, доступную для фотографических наблюдений (≥ 0.5). В противном случае вместо амплитуды поставлена черточка.

Приведенные данные показывают, что вместо 12 зарегистрированных в U-лучах вспышек при фотографических наблюдениях в тот же период

можно было обнаружить лишь 4, а вместо 12 вспышек в В-лучах — всего 3. Такое значительное уменьшение средней частоты обусловлено не только тем, что при длительных экспозициях многие вспышки должны иметь недоступную для обнаружения амплитуду, но и тем, что при этом близкие по времени вспышки, например 3, 4 и 5, 12 и 13, соответственно, сливаются в одну, с одним максимумом. При этом только в случае соседних вспышек 12 и 13 (последняя, как было указано выше, одна из мощнейших, когда-либо зарегистрированных у UV Кита) цепочка содержит более двух изображений с амплитудой больше 0^m5 .

Таблица 1

ВЫЧИСЛЕННЫЕ ДЛЯ СЛУЧАЯ ФОТОГРАФИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ
АМПЛИТУДЫ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИ ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ
ВСПЫШЕК UV КИТА

№ вспышки	ΔU		ΔB	
	$t_4 = -4$ мин	$t_2 = -2$ мин	$t_0 = -4$ мин	$t_2 = -2$ мин
1, 2	—	—	—	—
3, 4, 5	1.4; —; —	1.5; —; —	—	—
6, 7	—	—	—	—
8	—	—	•	•
9	•	•	—	—
10, 11	•	•	—	—
12, 13	5.1; 3.8; 2.5 2.0; 1.4; 0.8	5.4; 3.7; 2.4 1.9; 1.0; 0.5	0.5; *; 2.5 2.3; 1.7; 1.4	1.4; *; 2.2 1.8; 1.7; 1.5
14	•	•	0.8; 1.4; —	1.5; 0.8; —
15	1.2; —; —	1.2; —; —	0.5; 0.9; —	0.9; —
16	0.8; —; —	0.8; —; —	—	0.6; —; —

* — вспышка не наблюдалась.

Таким образом, как и следовало ожидать, при фотографических наблюдениях звездных вспышек большинство фотоэлектрически наблюдаемых вспышек остаются необнаруженными, вследствие чего наблюдаемая их средняя частота резко снижена, по сравнению с истинной. Обнаруженные же вспышки имеют сильно искаженные, по сравнению с действительностью, кривые блеска.

Представляет, наконец, определенный интерес рассмотрение хода изменения собственных цветов ($U-B$) и ($B-V$) «вспышечного» излучения на двухцветной диаграмме по мере развития вспышки. Этот ход может дать правильное представление о природе «вспышечного» излучения, так как вид этого дополнительного избыточного излучения определяет соответствующие ему возможные цвета, а следовательно и траектории изменений этих цветов. Например, если допустить, что «вспышечное» излу-

ние, как полагает Кункель [7], представляет собой излучение горячего водородного газа, на которое налагается излучение горячего пятна, возникшего на поверхности звезды во время вспышки, то можно предсказать траекторию перемещения этого излучения на двухцветной диаграмме ($U-B$, $B-V$) в период вспышки.

Цвета вспышек UV Кита, зарегистрированных нами во время синхронных наблюдений, в системе UVB, показывают, прежде всего, что в действительности эти траектории весьма разнообразны.

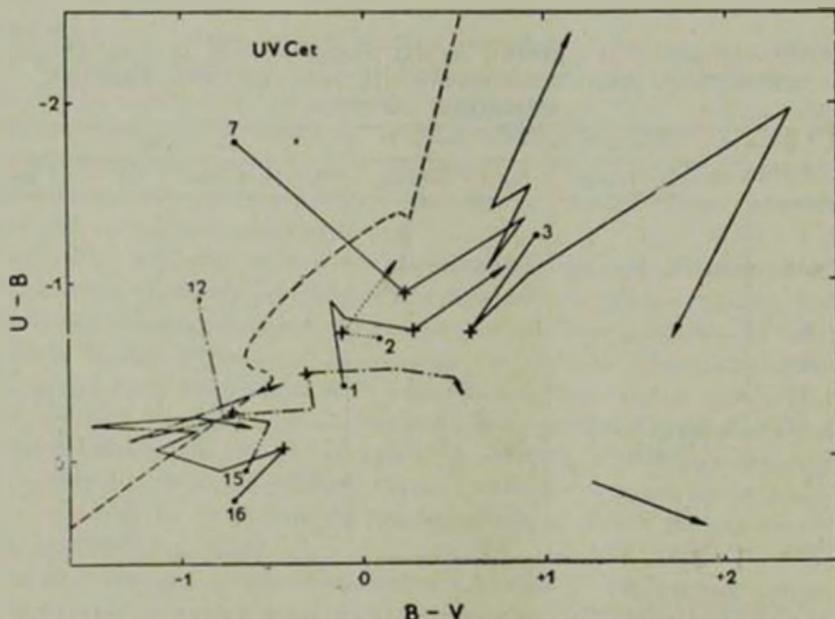


Рис. 3. Двухцветная диаграмма ($U-B$, $B-V$) для вспышек UV Кита по синхронным наблюдениям. Крестиками обозначены наблюдаемые цвета в моменты максимумов блеска вспышек, а числа соответствуют номерам вспышек [1]. Малые стрелки указывают направления перемещения собственных цветов «вспышечного» излучения с развитием зарегистрированных вспышек, а большая стрелка внизу справа — ожидаемого их перемещения после максимума вспышки по модели Кункеля [7]. Пунктирная кривая разграничивает область, соответствующую излучению водородной плазмы, при различных предположениях относительно ее оптических свойств [7], занимающую верхнюю левую часть диаграммы.

На рис. 3 на двухцветной диаграмме ($U-B$, $B-V$) представлены эти траектории, по синхронным наблюдениям 7 вспышек UV Кита, для тех частей кривых блеска, где интенсивность «вспышечного» излучения достаточно большая для всех трех областей спектра U , B и V , чтобы быть уверенным в реальности полученных собственных цветов.

Рис. 3 свидетельствует о большом разнообразии в собственных цветах «вспышечного» излучения для различных периодов вспышек, что приводит к сильным различиям в траекториях, соответствующих перемещению «вспышечного» излучения на двухцветной диаграмме как в период возгорания, так и после максимума — на нисходящей ветви кривой блеска.

Причем, если выделение энергии происходило бы только в начале вспышки, то есть в том идеальном случае, когда можно допустить, что все вспышки являются простыми и тождественными по физическим свойствам, то следовало бы ожидать перемещения «вспышечного» излучения всегда в одном направлении. На самом деле траектории собственных цветов «вспышечного» излучения указывают на перемещение этого излучения на двухцветной диаграмме в разные стороны, даже в «одинаковой» фазе вспышки.

Этот факт можно рассматривать как свидетельство против представления о тождественности и простоте всех вспышек. В действительности, по-видимому, в составе «вспышечного» излучения, в любой фазе наблюдаемой вспышки, имеется различная смесь основного «вспышечного» и рекомбинационного излучения. Иначе говоря, почти все рассмотренные вспышки являются кратными.

Вместе с тем, из рис. 3 отчетливо видно, что наблюдаемые траектории «вспышечного» излучения на диаграмме существенно отличаются от траекторий, ожидаемых при двухкомпонентной модели Кункеля [7], имеющих направление, указанное на рис. 3 стрелкой (в правом нижнем углу).

Обращает на себя внимание и то обстоятельство, что собственные цвета «вспышечного» излучения в моменты максимума вспышек, отмеченные на диаграмме крестиками, показывают наименьший разброс на диаграмме.

В заключение отметим две задачи, которые представляют важное, по-видимому, принципиальное значение для вскрытия природы звездных вспышек.

Первая из них связана с изучением микроструктуры вспышек. Для этой цели нам представляются многообещающими синхронные наблюдения звездных вспышек в нескольких областях спектра с аппаратурой, обладающей разрешением во времени порядка 0.5 с, при значительном повышении точности наблюдений.

Вторая задача связана с теоретическим рассмотрением возможности многократного проявления «элементарных вспышек» при едином или многократном акте выделения необходимой энергии во внешних слоях звезды.

Авторы выражают глубокую благодарность академику В. А. Амбарцумяну за ценное обсуждение статьи.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория
Астрономический институт
АН Узб. ССР

SYNCHRONOUS UVB-OBSERVATIONS OF THE UV CETI FLARES. II

N. N. KILJACHKOV, N. D. MELIKIAN, L. V. MIRZOYAN, V. S. SHEVCHENKO

The synchronous UVB-observations of the UV Ceti flares presented in the first part of the paper [1] are discussed. The variety and complexity of the light curves of flares constructed with a high time resolution (Fig. 1) are noted. This variety is manifested in forms, increasing times and total durations of flares. These last quantities are correlated (Fig. 2). An assumption is made that, in common, each light curve of stellar flares is a summary consequence of some mutually conditioned short-time acts of manifestation of the energy liberated during a flare. Some "grouping" of flares is found. It is shown how the low time-resolution of photographic observations of stellar flares can bring to smoothing out of the light curve and to the decrease of amplitudes and mean frequencies of observed flares (Table 1). The tracks of colour indices $U-B$ and $B-V$ on the two-colour diagram ($U-B$, $B-V$) for some synchronous observed flares with their development (Fig. 3) are discussed. They show great variety and strong deviations from the tracks expected according to the two-component model of flare radiation by Kunkel.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Н. Килячков, Н. Д. Меликян, Л. В. Мирзоян, В. С. Шевченко, *Астрофизика*, **15**, 423, 1979.
2. S. Cristaldi, M. Rodono, *Astron Astrophys. Suppl.*, ser. 2, 223, 1970.
3. S. Cristaldi, M. Rodono, *IBVS*, No. 526, 1971.
4. K. Kodaira, K. Ichimura, S. Nishimura, *P.A.S. Япон.*, **29**, 665, 1976.
5. Р. Е. Гершберз, П. Ф. Чизайнов, *Изв. Крымской обс.*, **40**, 7, 1969.
6. T. J. Maffett, *Ap. J. Supp. ser.*, **29**, 1, 1974.
7. W. E. Kunkel, *Ap. J.*, **161**, 503, 1970.