

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 17

МАЙ, 1981

ВЫПУСК 2

УДК 524.33+524.352

МЕДЛЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ БЛЕСКА VY DRA

А. С. МЕЛКОНЯН, К. ОЛА, А. В. ОСКАНЯН мл., В. С. ОСКАНЯН

Поступила 9 июля 1980

Принята к печати 9 августа 1980

Приведены результаты анализа медленных изменений блеска звезды VY Dra. Периодический характер колебания блеска (период 3.8 дня, амплитуда $0^m.02$) — подтвержден. В одном случае было замечено затухание колебания блеска, которое продлилось несколько дней. После этого интервала колебание блеска возобновилось, но с другой фазой. Это явление напоминает изменение блеска звезд типа δ Scn. Не удалось точно определить форму кривой блеска. Некоторое колебание блеска, напоминающее по форме и амплитуде колебание блеска звезды VY Dra, было замечено и у звезд сравнения HD 172268 и HD 172468.

1. *Введение.* Медленные изменения блеска звезды VY Dra с периодом около 3.8 дня впервые были обнаружены П. Ф. Чугайновым в 1966 г. [1] и вскоре подтверждены наблюдениями других авторов [2, 3]. В целях более подробного исследования медленных изменений блеска VY Dra в Бюраканской обсерватории и в обсерватории им. Конколи с 1971 г. по 1975 г. были организованы кооперативные наблюдения этой звезды. Наблюдения велись в течение 260 ночей следующим образом: через каждые полчаса VY Dra сравнивалась с двумя звездами сравнения, а интервал между двумя последовательными сравнениями (примерно 25 минут) использовался для наблюдения вспышечной активности звезды VY Dra. В качестве звезд сравнения были использованы звезды HD 172268, HD 172468 и HD 171911.

2. *Наблюдательные данные.* Используя данные для тех ночей, в которые осуществились 6 и больше наблюдений, были построены автокорреляционные функции с основным интервалом 0.5 часа, как для отдельных наблюдательных сезонов, так и для всех наблюдений вместе. Вид полученных

автокорреляционных функций, а также результаты проведенного анализа Фурье указывают на отсутствие каких-либо короткопериодических (порядка нескольких часов) изменений блеска BY Dga.

Для исследования природы изменения блеска звезды BY Dga из всех полученных в течение ночи данных было вычислено среднее значение блеска для этой ночи и это значение приведено к середине интервала наблюдений данной ночи.

На рис. 1 приведены полученные таким образом кривые изменения блеска звезды BY Dga в В-цвете для 1971, 1973, 1974 и 1975 гг. Кривые представляют разницу блеска звезд: а) BY Dga — HD 172268, в дальнейшем обозначается (BY—I), б) BY Dga — HD 172468, в дальнейшем обозначается (BY—II), в) BY Dga и среднего значения блеска звезд HD 172268 и HD 172468, в дальнейшем обозначается (BY—(I+II)/2).

Кроме того, на рис. 1 приведена кривая (I—II), дающая разницу блеска звезд сравнения HD 172268 и HD 172468. Как видно, кривые (BY—I), (BY—II) и (BY—(I+II)/2) отличаются друг от друга незначительно. Этот факт, вместе с результатами проведенного анализа Фурье см. ниже), убедил нас, что можно, не внося существенных ошибок, обработать наблюдения 1973 г., для которых существуют только данные типа (BY—I), вместе с данными типа (BY—(I+II)/2), имеющимися для всех остальных наблюдательных сезонов.

Отметим, что HD 171911 служила звездой сравнения только в 1973 г. В дальнейшем было обнаружено, что она является переменной с амплитудой около 0^m2 и периодом порядка 26 дней. Средний блеск звезды BY Dga был практически постоянным в течение всего интервала наблюдений (1971—1975 гг.).

3. Анализ наблюдательных данных. Рис. 1 показывает, что для более продолжительных интервалов наблюдений кривая блеска BY Dga, несмотря на некоторые нерегулярности, имеет явно периодический характер с периодом около 4-х дней и средней амплитудой около 0^m04 . Если эту величину сравнить со значениями средних квадратических ошибок средних значений ($\sigma = \pm 0.005 \div \pm 0.007$), полученных для ночей, когда осуществлялось 6 и более сравнений, то видно, что отклонения блеска от среднего значения порядка $\pm 3\sigma$. Поэтому было желательно найти дополнительные свидетельства (кроме явно заметной в некоторых интервалах периодичности кривой), подтверждающие реальность изменения блеска. С этой целью были подсчитаны значения 99% доверительных интервалов для ночей, когда было осуществлено четыре и больше наблюдений, и нанесены вертикальными чертами в некоторых экстремальных точках кривой блеска (рис. 1).

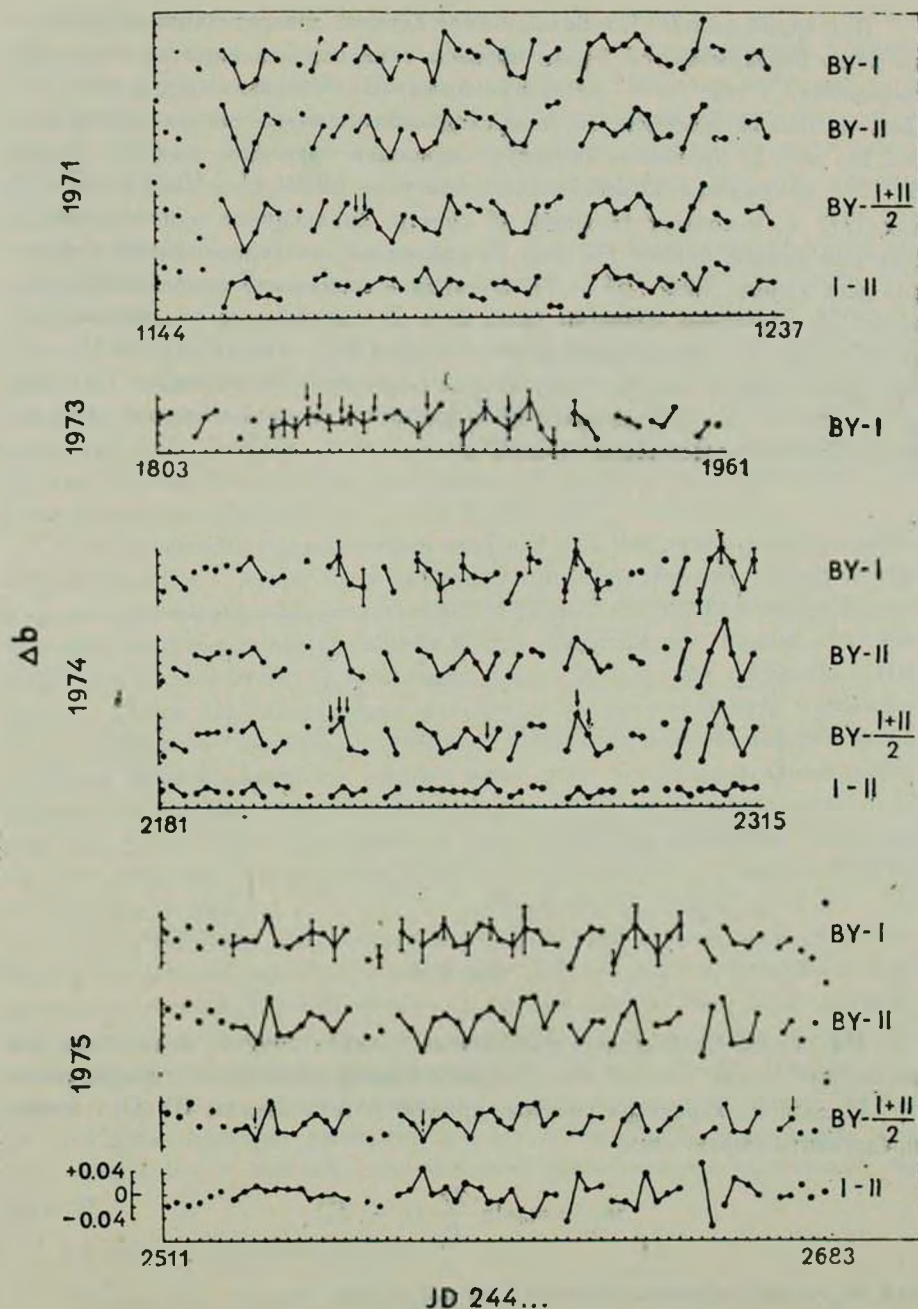


Рис. 1.

Как видно из рис. 1, в большинстве случаев доверительные интервалы частично перекрываются, таким образом с их определением не усилилась уверенность в том, что изменения блеска ВУ Дга являются реальными. Поэтому был осуществлен автокорреляционный анализ той же кривой блеска. На рис. 2а приведена автокорреляционная функция кривой блеска ВУ Дга, полученная из всех наблюдений типа $(BY + (I + II)/2)$ и $(BY - I)$ для 1973 г., и соответствующий ей спектр, являющийся одновременно и спектром кривой блеска. На рис. 2б приведена автокорреляционная функция всех данных типа $(BY - I)$. Очевидное совпадение приведенных двух автокорреляционных функций (рис. 2а и 2б) достаточно убедительно говорит о том, что, комбинируя данные типов $(BY + (I - II)/2)$ и $(BY - I)$ (см. выше), мы не вносим существенных изменений в результаты. Как видно из рис. 2, спектр указывает на существование только одного периода, продолжительностью около 4 дней*.

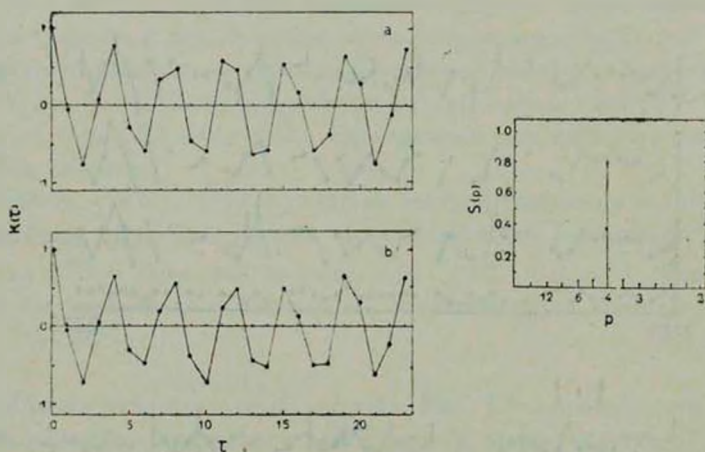


Рис. 2.

На основе полученных результатов следует считать реальными как изменение блеска звезды, так и периодический характер этого изменения.

Исходя из характера спектра, кривую блеска звезды ВУ Дга можно представить выражением

$$m_i = m_0 \sin \frac{2\pi}{P_0} (t_i - T_0), \quad (1)$$

где m_i — наблюдаемое значение блеска в момент t_i .

* Все вычисления в настоящей работе выполнены с применением весов, равных числам наблюдаемых точек в течение ночи.

Вычисление значений m_0 — амплитуда, P_0 — период и T_0 — эпоха выполнено методом наименьших квадратов (после линеаризации уравнения (1)), путем последовательных приближений. При этом считалось, что сходимость результатов последовательных вычислений свидетельствует о реальности, а ее отсутствие — о несостоятельности сделанного выше допущения о возможности представления наблюдательных данных уравнением (1).

При обработке сначала была сделана попытка вычислить значения параметров m_0 , P_0 и T_0 для всех существующих наблюдений. Оказалось, что нельзя представить все наблюдения одним набором указанных параметров. На первый взгляд этот результат противоречит выводу, сделанному на основе анализа автокорреляционной функции. Однако следует иметь в виду, что полученная нами автокорреляционная функция не содержит информации о корреляции данных, удаленных друг от друга больше чем на 24 дня. Поэтому полученные результаты не должны рассматриваться как противоречащие друг другу.

Невозможность представления всех наблюдений одним набором параметров m_0 , P_0 и T_0 может быть вызвана либо существованием в определенных моменты скачкообразного изменения фазы, либо медленным непрерывным изменением периода колебания блеска. Вместе с тем, имея в виду вышесказанное об амплитуде изменения блеска и величине среднеквадратической ошибки наблюдательного материала, нельзя исключить и возможность ощутимого влияния случайных ошибок на полученный результат. В пользу такой возможности говорит и тот факт, что распределение наблюдаемых амплитуд не противоречит гипотезе об их нормальном распределении ($P(\chi^2) = 36\%$). При наличии синусоидальных колебаний такой результат, очевидно, не получился бы, если бы влияние случайных ошибок было менее сильно.

Чтобы получить окончательный ответ на этот вопрос, были подсчитаны тем же методом значения параметров m_0 , P_0 и T_0 для а) каждого наблюдательного сезона отдельно — табл. 1, группа «а»; б) отдельных интервалов продолжительностью 10 и более дней, в течение которых осуществлены непрерывные или почти непрерывные наблюдения — табл. 1, группа «б».

Для оценки качества приближений кривой блеска в последнем столбце табл. 1 даны значения дисперсии соответствующих наблюдательных данных относительно кривой, определенной приведенными величинами m_0 , P_0 и T_0 .

Из данных табл. 1 видно, что

1) Наблюдательные данные для каждого сезона в отдельности можно представить одним набором величин m_0 , P_0 и T_0 ; при этом значения дис-

персии такого же порядка, что и соответствующая величина m_0 , что можно считать признаком недостаточно хорошего приближения наблюдений.

2) Из восьми интервалов, для которых вычислялись значения m_0 , P_0 и T_0 (группа «б» в табл. 1), только для трех оказалось возможным получить эти данные, т. е. существовала конвергенция. В случае остальных пяти интервалов либо не было конвергенции, либо m_0 сходил к нулю. Эти результаты скорее всего указывают на значительное влияние случайных ошибок. На большую вероятность такого вывода указывает и тот факт, что в некоторых случаях при вычислении искомых параметров для коротких интервалов было достаточно прибавить или исключить одну точку в соответствующей последовательности данных, чтобы существующая до этого конвергенция исчезла или наоборот.

Таблица 1

№	Год	Интервал JD 244...	m_0	T_0	P_0	τ
---	-----	-----------------------	-------	-------	-------	--------

Группа „а“

1	1971	1144—1237	0.030	1143.1712	3.8197	0.0154
2	1973	1803—1961	0.018	1803.5696	3.8911	0.0098
3	1974	2181—2315	0.026	2117.5892	3.8118	0.0150
4	1975	2511—2683	0.020	2597.6549	3.8309	0.0111

Группа „б“

1	1971	1208—1219				
2	1973	1850—1861	0.008	1845.5110	4.4912	0.0074
3	1973	1912—1945	0.024	1912.3657	3.9523	0.0062
4	1974	2237—2257	0.027	2234.6326	3.7776	0.0071
5	1974	2269—2281				
6	1975	2599—2611				
7	1975	2623—2639				
8	1975	2650—2659				

3) Что касается качества приближения коротких интервалов, то в случаях, где оно существовало, приближение было несколько лучше, чем в предыдущем случае.

4) Значения параметров m_0 и P_0 для интервала JD 2441850—2441861 (см. табл. 1) значительно отличаются от соответствующих параметров для всех остальных интервалов и как-будто указывают на некоторое затухание колебаний блеска. На рис. 1 (1973 г.) заметно, что амплитуда блеска в упомянутом интервале явно меньше амплитуд в предыдущем и последую-

шем. Интересно отметить, что колебания блеска в последних двух интервалах сдвинуты по фазе на 180° относительно друг друга. Напомним, что такое явление наблюдается у звезд типа δ Scn. Сдвиги фаз можно заметить, хотя и не так четко, и в других наблюдательных сезонах.

Наконец, добавим, что попытки вычисления параметров m_0 , P_0 и T_0 посредством комбинирования данных двух или трех сезонов показали, что и в этом случае для некоторых комбинаций существует решение, а для других — нет.

Для сезонов, когда наблюдения велись в U , B , V полосах, кроме значения B (рис. 1), получены и значения показателей цвета $B-V$ и $U-B$. Кривые $B-V$ и $U-B$ не дают практически никакой новой информации об изменении блеска звезды, кроме той, которая была уже известна ранее [3]: амплитуда изменения цветов находится на пределе обнаружения и происходит синфазно с изменением блеска в B цвете, причем (по-видимому, из-за меньшей дисперсии) изменение цвета несколько лучше заметно в $B-V$, чем в $U-B$.

Для ночей, когда было выполнено шесть и больше измерений блеска звезды, были вычислены следующие параметры: σ — средняя квадратическая ошибка одного измерения и $k = \tan \alpha$ — наклон прямой, аппроксимирующей данные наблюдения в B полосе. Затем были вычислены коэффициенты корреляции между величинами σ , ΔB ; $|k|$, $|\Delta B|$; ΔB , $\Delta(B-V)$ и ΔB , $\Delta(U-B)$. Во всех случаях значение коэффициента корреляции равняется нулю с вероятностью 99%. При наличии периодических колебаний блеска такой результат корреляционного анализа надо считать следствием влияния случайных ошибок.

На рис. 1 стрелками указаны ночи, когда наблюдалась вспышка. По нему видно, что не существует явной корреляции между фазой медленно-го изменения блеска и моментом появления вспышки.

4. *Звезды сравнения.* Прежде чем сделать выводы о медленных изменениях блеска звезды BY Dra, нужно сказать несколько слов о звездах сравнения HD 172268 и HD 172468. По рис. 1, где приведены кривые блеска (I—II) в B цвете, видно, что кривая в 1971 г. и во второй половине 1975 г. (начиная с JD 2442623) очень напоминает кривую блеска BY Dra. В 1974 г. и в первой половине 1975 г. подобные колебания блеска незаметны. Очевидно, что у одной из этих двух звезд интервалы с явно выраженным колебанием блеска чередуются с интервалами постоянного блеска. Здесь более четко наблюдается явление, которое, по-видимому, наблюдалось и у звезды BY Dra и которое напоминает изменение блеска у звезд типа δ Scn.

К сожалению, имеющийся наблюдательный материал не позволяет уверенно определить, какой из этих двух звезд присуще изменение блеска.

хотя и существуют некоторые признаки, на основании которых можно заподозрить звезду HD 172468.

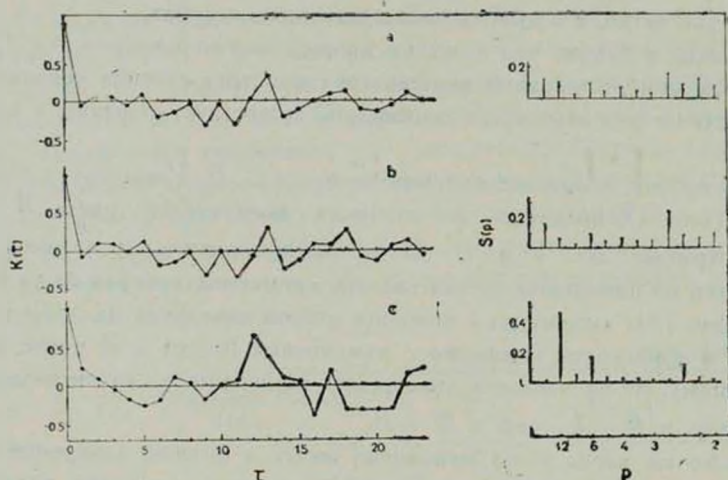


Рис. 3.

На рис. 3 приведены три автокорреляционные функции и соответствующие им спектры. Кривая (а) получена на основе всех данных типа (I—II). Как видно из спектра, нет признаков существования компонента какой-нибудь частоты, значительно отличающегося по амплитуде от компонентов остальных частот, так что трудно сказать что-нибудь определенное о характере изменения блеска. Этим фактом, наверное, можно объяснить отсутствие систематической разницы в виде кривых блеска типов (BY—I) и (BY—II).

Кривая (b) представляет только данные, полученные в 1971 г. и во второй половине 1975 г. В спектре амплитуды компонентов, соответствующих периодам 2.6 и 24 дня, превышают амплитуды остальных компонентов, но не настолько, чтобы уверенно говорить о существовании частот, определяющих характер кривой блеска.

Кривая (с) получена только на основе данных для тех интервалов, в которых не замечалось колебания блеска. В спектре этой кривой хорошо выражен компонент, соответствующий периоду 12 дней, и компоненты периодов 6 и 2.4 дня.

Как уже было сказано, имеющийся материал не позволяет сделать более подробный анализ, поэтому здесь ограничимся только упоминанием этих фактов.

5. Выводы. В промежутке 1971—1975 гг. у звезды BY Drg наблюдались изменения блеска, имеющие периодический характер с периодом по-

рядка 3.8 дня и амплитудой порядка 0^m04 . Исключение, очевидно, составляет интервал JD 2441850—2441861. Значительно меньшая амплитуда колебаний блеска, 0^m016 , и увеличенный период 4.5 дня, полученные из данных этого интервала, указывают на затухание, возможно даже и полное прекращение колебаний блеска. Восстановленное колебание после этого происходит со сдвинутой фазой. Явление в какой-то степени напоминает подобное явление у звезд типа δ Scn.

Из-за ощутимого влияния случайных ошибок на результаты наблюдений (например, нормальное распределение амплитуд и др.) нет возможности более точно определить форму кривой блеска и вероятные ее изменения (в том числе и предполагаемое затухание). Поэтому трудно дать однозначный ответ на вопрос о механизме медленных колебаний блеска звезды BY Dra.

Звезды HD 172268 и HD 172468 (или одна из них), которые по своим параметрам близки к звезде BY Dra, показывают по временам колебания блеска такой же амплитуды, как и звезда BY Dra, но, в отличие от последней, в спектрах этих двух звезд не замечен четко отличающийся по амплитуде компонент какой-либо частоты.

У BY Dra не обнаружена корреляция между фазой колебания блеска и моментом появления вспышек.

На основе сказанного кажется небезинтересным продолжить более комплексное и целеустремленное исследование как звезды BY Dra, так и звезд HD 172268 и HD 172468, чтобы найти правильный ответ на вопрос о механизме, вызывающем медленное колебание блеска.

Авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность академику В. А. Амбарцумяну за ценные указания и замечания, сделанные им при обсуждении статьи.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория
Обсерватория им. Конколи.
Будапешт

SLOW BRIGHTNESS VARIATIONS OF BY DRA

A. S. MELKONIAN, K. OLAH, A. V. OSKANIAN jr., V. S. OSKANIAN

The results of investigations of slow brightness changes of BY Dra are presented. The periodic character of light variation—period about 3.8 days and amplitude 0.02 mag. is proved. A break down of light changes lasting a few days is noticed. After that interval the light changes renew, but with another phase. This phenomenon reminds the

light variations of δ Scu type stars. The right shape of the light curve of BY Dra could not be determined. Some light variations of similar amplitude as on BY Dra were noticed on the comparison stars HD 172268 and HD 172468.

ЛИТЕРАТУРА

1. P. F. Chugainov, IBVS, 122, 1966.
2. W. Krzeminski, R. P. Kraft, A. J., 72, 307, 1967.
3. W. Krzeminski, Low-Luminosity Stars, ed. S. S. Kumar, Gordon and Breach Science Publ., London, 1969, p. 57.