

Двойные затменные системы с активностью типа солнечной на главной последовательности

Р.А.Боцула

Рассмотрена нестационарность двойных затменных систем с возможной активностью типа солнечной на главной последовательности. Явление фотометрической волны наблюдается у систем с компонентами всех спектров в интервале F8–K, но при не очень высоких скоростях вращения компонентов. У быстро вращающихся систем появляются признаки существования межкомпонентной диффузной материи, по-видимому, вуалирующие проявления пятенной активности, и возникают "вспышки". Все тесные системы имеют преуменьшенную эллипсоидальность из-за ослабления света диффузной средой.

Main Sequence Eclipsing Binaries with the Solar Type Activity by R.A.Botsula

The nonstationary main sequence eclipsing binaries with possible solar type activity are studied. Photometric wave is observing at the light curves of all spectral types from F8 to K, but this is taking place in the systems with the small rotational velocity of components only. Systems with large velocities exhibit the symptoms of diffuse matter, which are veiling the photometric waves and probably are diminishing ellipticity effect because of extinction. The "flash" originate in that systems.

Исследование двойных затменных систем с активностью типа солнечной является частью общего исследования нестационарности в затменных двойных главной последовательности. Задача этой части работы — выявление общих признаков нестационарности, возможная их интерпретация и поиск их связи с двойственностью у систем, сходных по спектрам и отношение масс с двойными типа RS CVn.

Из наблюдений классических систем типа RS CVn известны основные признаки их активности: эмиссия в резонансных линиях однажды ионизованных Ca и Mg, появление на кривой блеска фотометрической волны, перемещающейся по фазе, рентгеновское и иногда H_{α} и радиоизлучение. Такие признаки активности можно ожидать и у рассматриваемых систем. В зависимости от условий видимости (на более ярком или слабом фоне излучения системы), от силы активности, которая меняется со временем, и от охвата наблюдениями не все эти признаки будут зарегистрированы у данной системы, так что судить об их присутствии

можно лишь по статистическому материалу, а он очень беден. Тем не менее, кое-какие заключения удается сделать.

Таблица 1.

Сист.	Спектр	q	%	v син.	Фот. вол.	Изм. Пер. мин. макс.	Всп.	Плеч.	Эмис.	Изд.
UX Men	G1+G1	0.95	24/24	16/16	0.02	1,1	0.02	-	-	-
TY Pyx	G5+G5	0.99	36/36	25/27	0.03	1,11	0.03	-	-	х
HP Aur	G0+(G4)	0.88	36/37	37/34	0.06	11	0.06	-	-	-
BH Vir	F9+(G2)	0.98	72/70	71/73	0.05	1	-	+	+	-
UV Leo	G0+G2	0.93	82/76	98/96	-	1	-	+	+	-
ER Vul	G0+G5	0.98	80/76	92/86	-	1,11	0.01	+	+	х
FL Lyr	G0+(K1)	0.67	32/30	32/24	?	11	-	-	-	х
RT And	F8+(K0)	0.67	80/68	105/72	*	1,11	*	+	+	х

*) Кратковременно существующие переменные детали.

Систем, имеющих достаточные фотозлектрические наблюдения, оказалось только 8. В таблице 1 представлены необходимые сведения об этих системах и их нестационарности. В третьем столбце таблицы – отношение масс компонентов; в четвертом – процент заполнения компонентами их полостей Роша, в пятом – синхронные линейные скорости вращения компонентов, в остальных – описанные ниже признаки нестационарности.

Столбец 6. Фотометрическая волна. Это деформация кривой блеска, возникающая по современным представлениям из-за вращения звезды, покрытой пятнами, неравномерно расположенными по долготе.

Столбец 7. Изменение формы и глубины минимумов, происходящее от волн, и затмения пятен. (I – главный минимум, II – вторичный).

Столбец 8. Неравенство максимумов на кривой блеска. Его может создать фотометрическая волна и ослабление света в диффузной среде, существующей в системе в виде колец, потоков или отдельных облаков.

Столбец 9. "Вспышка". Быстрое увеличение блеска на ограниченной части поверхности звезды, в результате чего большая часть кривой блеска поднимается со всеми деталями на несколько сотых звездной величины. Это явление не похоже на солнечные вспышки ни по цвету, ни по характеру протекания во времени. Правда, последний определен лишь для одной системы UV Leo (за 3^m подъем на 0^m04, 22^d пребывание блеска на повышенном уровне, 2^d–3^d – падение до уровня первоначального) (Бонула, 1978а). Для других систем заключение сделано на основании подобия изменений на кривой блеска при относительно кратковременной неопределенности в моменте начала подъема блеска.

Столбец 10. "Плечики". Ослабления блеска, тянущиеся от (до) внешних контактов минимумов до (от) фаз $\pm 0^{\circ} 10$ – $0^{\circ} 13$ по отношению к серединам минимумов (не обязательно все четыре одновременно). Появляются только на кривых блеска с эллипсоидальностью. Это – следствие существования в системе диффузной среды с относительно устойчивой геометрией распределения.

Столбец 11. Наличие эмиссии в спектре.

Столбец 12. Наличие других излучений. На рентгеновское излучение проверялись лишь ER Vul, TY Pux и RT And. Верхняя его граница для этих систем оказалась на 3–4 порядка выше, чем у Солнца.

В таблице 1 системы расположены в порядке увеличения разницы спектров компонентов.

Первые две системы UX Men и TY Pux имеют одинаковые спектры в паре, широко разделенные и медленно вращающиеся компоненты. У обеих наблюдается фотометрическая волна, неравенство максимумов из-за нее и искажение формы минимумов (Клаузен, Гронбех, 1976; Андерсен и др., 1981; Антрополо, 1983). На рис. 1 показана фотометрическая волна у UX Men. О деталях спектра этой системы ничего не известно. TY Pux с более поздними спектрами богата и эмиссией и радио- и X-излучением.

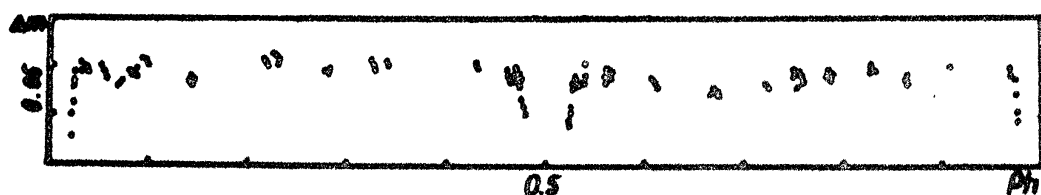


Рис.1 Фотометрическая волна на кривой блеска UX Men по наблюдениям Клаузена и Гронбеха в V лучах.

Далее следует группа из четырех систем с практически одинаковым спектром главной звезды и спектром спутника, отличным от него максимум на 4 подкласса. Лишь HP Aur широко разделенная, остальные три тесные. На кривых блеска HP Aur (Майнунгер, 1980) видна волна с амплитудой 0^m06 в В и 0^m055 в V (Рис.2). Значительное искаже-

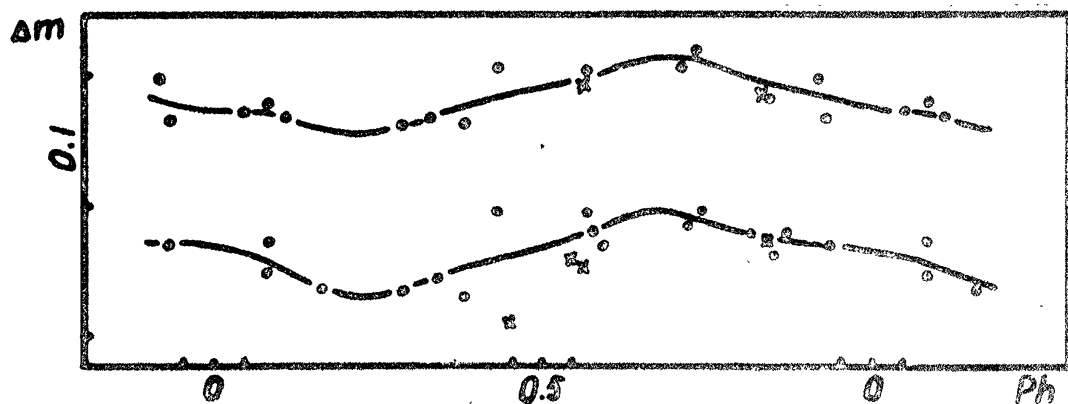


Рис.2. Фотометрическая волна на кривых блеска HP Aur в V и В лучах по наблюдениям Майнунгера. Нормальные точки. Крестики – наблюдения ночей, где уровень блеска изменился со временем.

ние вторичного минимума, разное в разные ночи, говорит, по-видимому, об интенсивной пятнообразовательной активности. Спектральных наблюдений нет. С возрастанием скорости вращения компонентов, что

при естественном предположении о синхронизации в столь тесных системах равносильно увеличению степени их близости, картина усложняется. У наименее тесной BH Vir максимум фотометрической волны в первом ряду наблюдений совпал со вторичным минимумом и был принят за эффект отражения (Ко х, 1967), но расположение наблюдений во времени показало, что деформация движется (Боула, 1978в) (Рис.3). Волна, по-видимому, связана со спутником, так как она под-

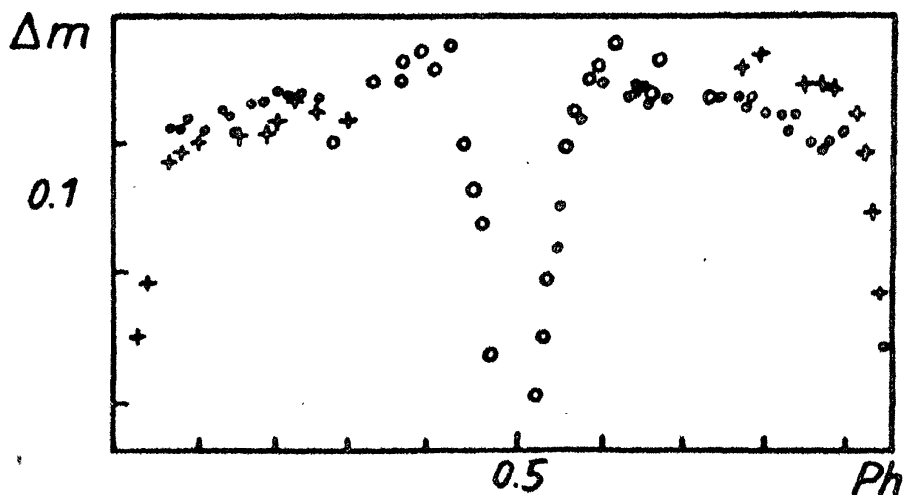


Рис.3. Движение фотометрической волны у BH Vir. Наблюдения Коха. Нормальные точки в В лучах. + — март 1963, $\odot$ — апрель 1963, $\circ$ — апрель 1964.

нимает главный минимум, не деформируя его. Через 14 лет (Гофман, 1982) на кривой блеска виден небольшой, уже обратный, "эффект отражения" и новая, не присущая широко разделенным системам, деталь — "плечики" между главным и вторичным минимумами — свидетельство присутствия в системе диффузной материи. Спектр BH Vir подробно не исследовался. У UV Leo и ER Vul — систем с еще большими скоростями и очень близкими физическими характеристиками, признаки фотометрической волны исчезают, зато на первый план выступают признаки существования в системе диффузного вещества — "плечики" у обеих систем, переменного знака неравенство высот максимумов у ER Vul (Норскотт, Бакос, 1967; Кадоури, 1981; Аль-Наими, 1978; Цейлик и др., 1982) (Рис.4). Отсутствие связи этого неравенства с пятенной волной и возможность объяснения его ослаблением света в диффузном образовании, расположенном перед главной звездой на фазах между вторичным и главным минимумами, следует из спектральных наблюдений Мак Лина (1982). О существовании турбулентных газовых масс в системе говорят и изменения спектральных линий от резких к диффузным и наоборот за короткие промежутки времени (Норскотт, Бакос, 1967). Расчет электронной плотности облака или потока дает величину, не противоречащую оценкам средней плотности газовых образований в полуразделенных

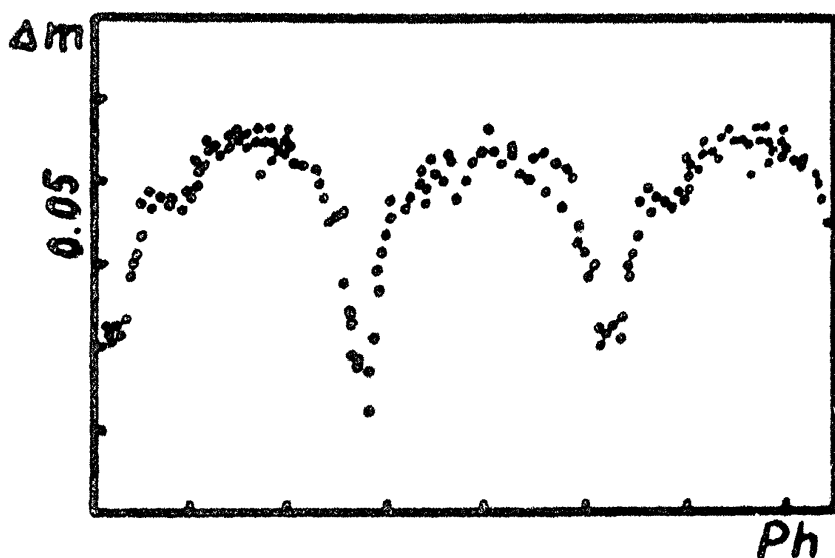


Рис.4. Плечико и неравенство высот максимумов у ER Vul. Наблюдения Цейлика и др. в лучах R.

системах — 10^{12} м./см³. О пятнообразовательной активности, возможно, свидетельствует эмиссия Ca II в спектре, но для более точного суждения нужны синхронные фотометрические и спектральные наблюдения. Изменение формы минимумов у этих систем также может быть обусловлено диффузным компонентом.

С тесным сближением компонентов (а, может быть, с увеличением скорости их вращения) появляется новый тип нестационарности — "вспышки", впервые обнаруженный нами у UV Leo (Боцула, 1978а). "Вспышка" наблюдалась у ER Vul (Боцула, 1985), а у RT And, столь же тесной системы, но с меньшим q , это явление, видимо, происходит гораздо чаще, так как подъемы и опускания кривой блеска случаются у нее за время, не большее суток (Думитреску, 1973). Такое быстрое возникновение и разрушение больших пятен или больших их агрегатов вряд ли возможно.

FL Lyr и RT And имеют наиболее поздние спектры спутников, сближаясь в этом отношении с классическими системами типа RS CVn, но q у них значительно меньше единицы. FL Lyr — широко разделенная система с медленным вращением по характеру кривой блеска отличается от других. Свидетельством ее активности типа фотометрической волны, может быть, можно считать асимметричное ослабление блеска в 0.^m01 глубиной вокруг вторичного минимума, который имеет неправильную форму. Еще один признак нестационарности — наблюдавшиеся три раза на разных фазах падения блеска на $\sim 0.^m04$ продолжительностью около двух часов. Одно из них опустило вторичный минимум, так что для согласованного решения автору пришлось вводить гипотезу третьего света. Это явление нельзя объяснить ни пятнами, ни выбросами сгустков газа (Боцула, 1978с). Эмиссия в спектре не видна.

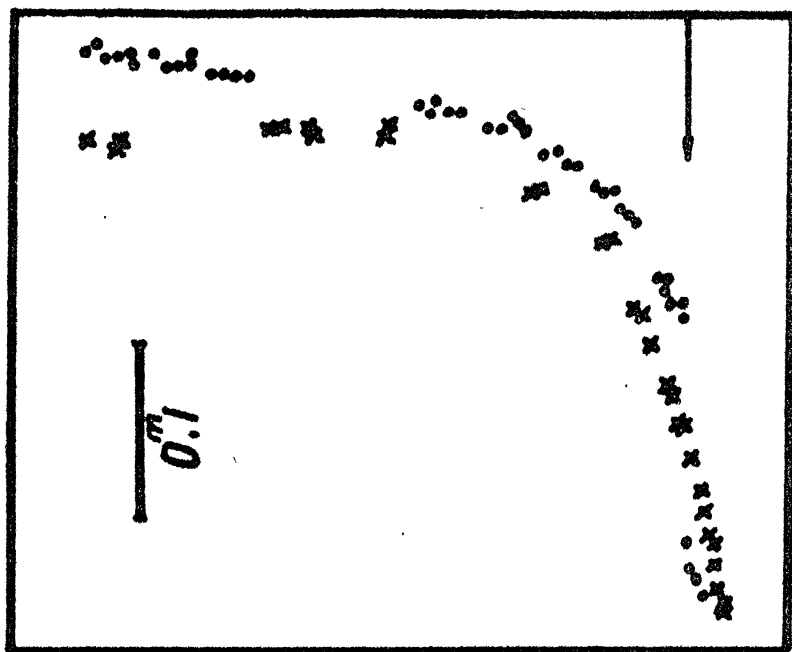


Рис.5. Затмение области "вспышки" у RT And. Наблюдения Думитреску в V лучах. Стрелкой указана фаза начала затмения.

Признаки нестационарности тесной системы RT And трудно отнести к какому-либо типу. Неравенство максимумов здесь может возникать и из-за "вспышек", а кривая блеска так быстро меняется и в минимумах и вне их, что все причины нестационарности, наверное, действуют тут вместе. На рис.5 можно видеть закрытие области "вспышки" у RT And. Яркая область на спутнике имеет небольшие размеры, так как исчезновение ее происходит за 1–2 минуты.

Заключение.

Из сравнения всех характеристик нестационарности рассмотренных систем можно сделать следующие выводы.

1. Явление фотометрической волны наблюдается у систем с компонентами всех спектров в интервале F8–K, но при не очень высоких скоростях вращения, или, что то же, не очень большой степени близости компонентов. Усиливает ли двойственность пятнообразовательную активность, по этому материалу сказать нельзя.
2. У быстро вращающихся систем, то есть систем, где скорость значительно увеличена двойственностью, появляются признаки существования в системах диффузной материи и новый тип нестационарности — "вспышки", вуализирующие проявление пятнообразования. По аналогии с Солнцем истечение газа должно быть и до тесного сближения компонентов, но заметным оно становится лишь после него. Двойственность до некоторой степени формирует геометрию расположения диффузного вещества в системе. "Вспышки" могут индуцироваться изменениями общего магнитного поля после сближения.

3. Общая характеристика всех тесных систем — преуменьшенная эллипсоидальность на кривых блеска. По-видимому, это следствие расположения диффузной материи в системах.

Литература

- Аль-Наими, 1978 — Al-Naimiy H.M., IBVS No.1481, 1.
 Андерсен и др., 1981 — Andersen J., Clausen J., Nordstrom B., Reipurth B., Astron. and Astroph. Suppl. 43, №1, 141.
 Антрополо, 1983 — Antropolou E., Astron. and Astroph., 120, 85.
 Боцула Р.А., 1978а — Изв. АОН №44, 170.
 Боцула Р.А., 1978в — ПЗ 20, №6, 577.
 Боцула Р.А., 1978с — ПЗ 20, №6, 588.
 Боцула Р.А., 1985 — Изв. АОН №49, 62.
 Гофман, 1982 — Hoffmann M., Astron. and Astrophys. Suppl. 47, №3, 561.
 Думитреску, 1973 — Dumitrescu A., Studii si Cerc. de Astron. 18, No.1, 47.
 Кох, 1967 — Koch R., AJ 72, №3, 411.
 Кадоури, 1981 — Kadouri T., IBVS No.2057, 1.
 Клаузен, Гронбех, 1976 — Clausen J., Gronbech B., Astron. and Astrophys. 48, 49.
 Майнунгер, 1980 — Meinunger I., Sonn. Mitt. 8, H. 8, 121.
 МакЛин, 1982 — McLean B., MN 201, No.2, 481.
 Норскотт, Бакос, 1967 — Norsecott H., Bacon G., AJ 72, No.1, 89.
 Цейлик и др., 1982 — Zeilik M., Bacon B., Batuski D., Burke S., Elson E., Smith P., IBVS No. 2221.

Астрономическая обсерватория
им. В.П.Дигельгарта

Поступила в редакцию
18 октября 1985 г.