

УДК 524.316.082:520.6

## Вспышки избранных карликовых новых и постновых

*Е.П. Павленко<sup>1</sup>, С.Ю. Шугаров<sup>2</sup>, Д.Н. Бакланова<sup>1</sup>, Н.А. Катышева<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> НИИ “Крымская астрофизическая обсерватория”, 98409, Украина, Крым, Научный

<sup>2</sup> Государственный астрономический институт им. Штернберга, Москва, Россия

Поступила в редакцию 7 февраля 2008 г.

**Аннотация.** Представлены ряды наблюдений избранных катаклизмических переменных, проводившихся в 1995–2007 годах на различных телескопах Крымской астрофизической обсерватории и Крымской лаборатории Государственного астрономического института им. П.К. Штернберга: карликовых новых V1504 Cyg и GO Com и постновых Q Cyg, V446 Her и DI Lac. Даны характеристики вспышек и их поведение на диаграмме “величина (V) – цвет (V-R)”. Поведение на диаграмме вспышек постновых звезд не отличается от поведения карликовых новых. В среднем все исследованные переменные показывают излом зависимости “величина-цвет”. До излома показатель цвета V–R растет гораздо медленнее, чем после излома или не растет вовсе.

OUTBURSTS OF THE SELECTED DWARF NOVAE AND POSTNOVAE, by Pavlenko E.P., Shugarov S.Yu., Baklanova D.N., Katysheva N.A. The observations of selected cataclysmic variables (the dwarf novae V1504 Cyg and GO Com; postnovae Q Cyg, V446 Her and DI Lac) observed at the Crimean astrophysical observatory and Crimean laboratory of the Sternberg astronomical institute in 1995–2007 are presented. Their behavior on the “magnitude (V) – color (V-R)” diagram is given. The behavior of the dwarf novae is similar to these of postnovae. An average they show the break of the “brightness – color” dependence. The V–R grows slowly or does not grow at all before the break than after it.

**Ключевые слова:** карликовые новые, активные постновые, V1504 Cyg, GO Com, V446 Her, Q Cyg, DI Lac

---

## 1 Введение

Катаклизмические переменные – это тесные двойные системы, находящиеся на поздних стадиях эволюции. Они состоят из компонента-донора – звезды позднего спектрального класса – теряющего свое вещество на компактный компонент-аккректор. Последний может быть белым карликом, нейтронной звездой или черной дырой. Катаклизмические переменные представляют собой семейство подтипов, внешне отличающихся друг от друга, прежде всего частотой вспышек. В частности, классические новые звезды вспыхивают раз в  $10^4$ – $10^5$  лет, а частота вспышек карликовых новых колеблется от нескольких суток до нескольких сотен суток (Уорнер, 1995; Засов и Постнов, 2006). Карликовые новые типа WZ Sge вспыхивают раз в несколько десятков лет.

Классические новые и карликовые новые различаются не только частотой вспышек, но и амплитудой: амплитуда карликовых новых составляет несколько звездных величин, как правило, меньше

шести (у звезд типа WZ Sge она достигает  $6^m-8^m$ . Классические новые имеют амплитуду больше  $8^m$  (у Новой Лебеда 1975 = V1500 Cyg амплитуда вспышки была  $19^m$ ). В соответствии с современными представлениями именно аккрецирующее вещество, образующее аккреционный диск вокруг компактного компонента и снабжающее белый карлик водородом и гелием, является причиной вспышек. В случае классической новой причиной вспышки является термоядерный взрыв во внешних слоях белого карлика, а в случае карликовой новой – стремительное повышение температуры аккреционного диска, окружающего компактный компонент системы, ведущее к ионизации диска и его выпадению на белый карлик.

Стабильное холодное состояние нейтрального аккреционного диска соответствует критическим температурам от 4 000 К и ниже, а стабильное горячее – температурам выше 8 000 К (Смак, 1984; Каннизо, 1993) или еще выше, в зависимости от электронной плотности. Расчеты Гринина и Катышевой (1980), Бруевич и Катышевой (1997) показали, что при электронных температурах 8 000 К–10 000 К и электронных плотностях порядка  $10^7 - 10^{13} \text{ cm}^{-3}$  оптически толстая плазма не может быть полностью ионизованной, но при плотностях  $10^{12} - 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  и тех же температурах – может. Если температура диска ниже критической, вспышка никогда не начнется, а если выше – никогда не закончится.

Температура аккреционного диска определяется темпом потери вещества звездой-донором (Каннизо, 1993). Именно высоким темпом потери вещества, поддерживающим высокую температуру диска, объясняется отсутствие вспышек у новоподобных звезд. Вернее, такие звезды можно рассматривать как уже “застрявшие” в продолжительной вспышке. Хонейкутт и др. (1988) нашли, что критический темп потери вещества, выше которого вспышки происходить не могут, должен составлять  $\dot{M}_{crit} = 6 \times 10^{-9} M_{\odot}$  в год. Объяснение вспышек карликовых новых дано в различных моделях тепловой неустойчивости аккреционных дисков (например, Мейер и Мейер-Хофмейстер, 1981; Смак, 1982; Каннизо, 1993; Смак, 1996 и др.).

Смак (1994) рассматривал теоретические аспекты локализации начала вспышки и направление ее распространения. Согласно моделям Смака, вспышка может начинаться первоначально во внешних частях диска и распространяться вовнутрь (тип А). Такая вспышка должна иметь асимметричный профиль (быструю восходящую ветвь вспышки и медленную нисходящую) и выписывать широкую петлю на диаграмме “величина-цвет”. Вспышка типа В возникает во внутренних частях диска и распространяется как наружу, так и вовнутрь. Ее профиль более симметричен и она не показывает петли (или петля очень узкая).

Сведений о колориметрических характеристиках вспышек карликовых новых в литературе существует очень мало. Зачастую вспышку относят к тому или иному типу только на основании анализа ее профиля. Также считается, что каждой системе свойственен только какой-то один тип развития тепловой неустойчивости. Так, OY Car, U Gem, VW Hui, WX Hui показывают вспышки типа А, в то время как RX And, SS Cyg, AN Her, CN Ori – вспышки типа В. В настоящее время некоторыми авторами рассматривается концепция “циклической эволюции катаклизмических переменных” (например, Пряльник, 1986). С этой точки зрения классические новые в промежутке между взрывами могут вести себя как карликовые новые, если в их аккреционных дисках создаются определенные условия, а именно переход от холодного нейтрального к горячему ионизованному диску. Это представление возникло благодаря наблюдательным данным некоторых старых новых (“постновых”), которые, пребывая в “спячке” в ожидании очередного взрыва, тем не менее показывают некоторую активность в виде изменений среднего блеска с характерным временем от недель до лет. Мы будем называть такие звезды активными постновыми. Природа этих изменений, по-видимому, различна. Многолетние колебания среднего блеска, по мнению некоторых авторов, например Бьянчини (1990), Андропова (1995) и др., могут быть вызваны активностью вторичного компонента типа солнечной, которая в свою очередь влияет на темп переноса вещества от красного карлика к белому. В то же время частота колебаний среднего блеска другой части активных постновых сопоставима с частотой вспышек известных карликовых новых. Более короткопериодические колебания характеризуются малоамплитудными, не более  $1^m$ , иначе называемыми “мелкими” (“stunted”) вспышками продолжительностью до нескольких недель. Большую роль в получении новой информации о более короткопериодических активных постновых играют долговременные проекты наблюдений с помо-

щью автоматических телескопов, называемых “робоскопами” (Хонейкутт и др., 2001). Такие вспышки показывают Q Cyg, V446 Her, CP Lac, DI Lac, CT Ser, X Ser, V841 Oph, GI Mon (Хонейкутт и др., 1998; Хонейкутт, 2001). Очевидно, что возникновение тепловой неустойчивости в аккреционных дисках постновых может возникнуть у тех систем, в которых внутри дисков существуют области вблизи температуры ионизации водорода, и в силу некоторых причин температура диска колеблется вокруг этой температуры. Шредер и др. (2000) предположили, что в дисках некоторых немагнитных постновых высокотемпературное излучение белого карлика – начиная с 40 000 К и дальше (Хамери и др., 1999) – может нагревать внутренний диск выше температуры ионизации, таким образом ограничивая площадь диска, где может развиваться вспышка, тем самым вызывая ее маленькую амплитуду. Все исследования старых новых проводились, как правило, в какой-нибудь одной спектральной полосе и имели своей целью определение амплитуд вспышек, их продолжительностей и распределения во времени. Колориметрических данных поведения активных постновых в литературе нет. В данной работе была впервые поставлена задача получить колориметрические характеристики карликовых новых и активных постновых во вспышках, которые могут оказаться дополнительными аргументами в пользу общей природы их вспышек.

## 2 Наблюдения

Исследование вспышечной активности и особенностей вспышек катаклизмических переменных различных типов проводилось в 1995–2007 гг. на различных телескопах НИИ “Крымская астрофизическая обсерватория” (далее – КраО) и Крымской лаборатории Государственного астрономического института им. П.К. Штернберга (далее – ГАИШ) в полосах V и R фотометрической системы Джонсона-Моргана. Иногда из-за низкой яркости звезды наблюдения проводились в интегральном

Таблица 1. Сводка данных наблюдений

Объект	Телескоп, светоприемник	Фот.система	Число набл. (сутки)	Годы набл.
V1504 Cyg	38 см + ПЗС ST7 2.6 м + FLI 1001E	VR	31	2007
GO Com	38 см + ПЗС ST7	VR	24	2003
V446 Her (1960)	38 см + ПЗС ST7 60 см + ПЗС ST7	VR	101	2000–2003
DI Lac (1910)	38 см + ПЗС ST7 60 см + ПЗС ST7	VR	21	2001–2002
Q Cyg (1876)	50 см + суперизокон	VR	44	1995–1996

свете. Некоторые предварительные результаты изучения вспышечной активности V446 Her, Q Cyg, DI Lac и V1504 Cyg были уже опубликованы (Павленко и Дудка, 2002; Павленко и Березина, 2007; Павленко и др., 2002; Горанский и др., 1997). Здесь приведены новые результаты окончательного анализа вспышечной активности этих звезд. Информация о наблюдениях содержится в табл. 1. В первом столбце дано название объекта, в скобках – год вспышки, если объект – новая. Во втором столбце указан телескоп со светоприемником, в третьем – цветовая система, в четвертом – число наблюдений, в пятом – годы наблюдений. Обработка наблюдений с ПЗС-матрицей проводилась с помощью апертурной фотометрии по программе WINFIT, разработанной Горанским, а фотонегативов (телевизионная фотометрия) – с помощью щелевого микрофотометра (Абраменко и др., 1988). В одну ночь делалось от 3–10 до 100–200 индивидуальных измерений блеска звезд и звезд сравнения, после чего, для увеличения точности, данные усреднялись. В итоге ошибка одного усредненного измерения не превосходила  $0.05^m$ . В ряде случаев приводились относительные звездные величины

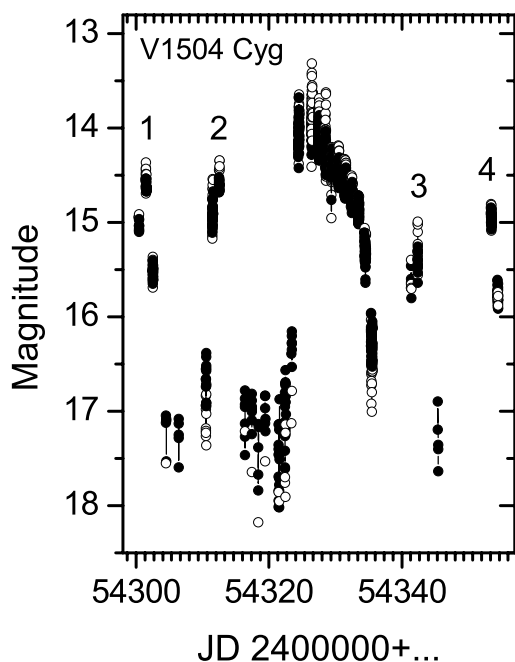


Рис. 1. Кривая блеска V1504 Cyg. Заполненными кружками показаны данные в полосе V, а открытыми – в полосе R. Цифрами указан номер вспышки

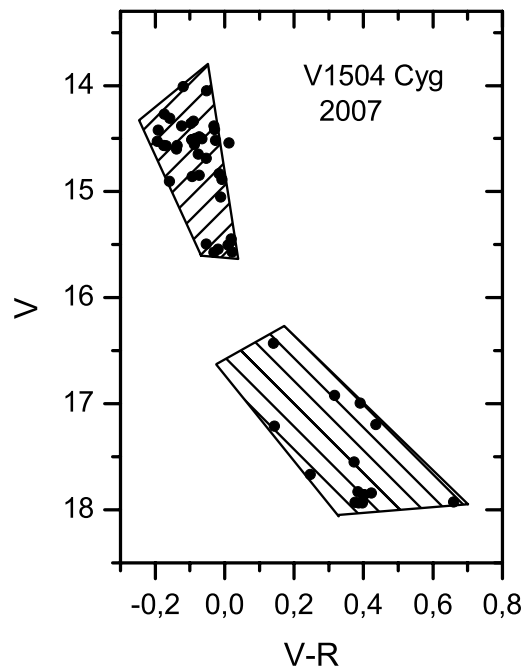


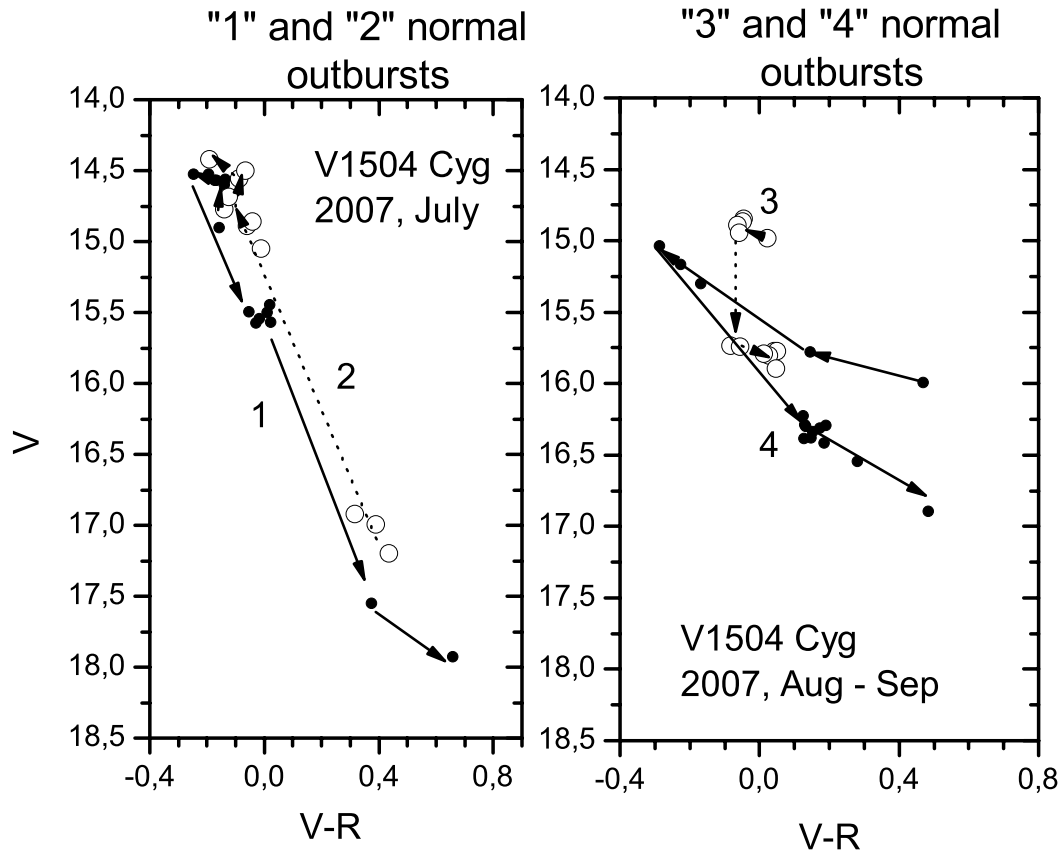
Рис. 2. Диаграмма V, V-R для четырех вспышек и сверхвспышки V1504 Cyg

(если звездные величины звезды сравнения не были известны с достаточной точностью). Наблюдения в КрАО выполнялись на 38-см, 50-см телескопах и на 2.6-м телескопе ЗТШ, а в ГАИШе – на 60-м телескопе (Цейсс-600).

### 3 Карликовая новая типа SU UMa V1504 Cyg

V1504 Cyg относится к типу SU UMa. Звезды этого типа показывают два вида вспышек: так называемые “нормальные вспышки”, длящиеся 3–5 суток и “сверхвспышки” продолжительностью 10–14 суток (Уорнер, 1995). Сверхвспышки несколько ярче нормальных вспышек и в максимуме блеска имеют плато, в течение которого блеск медленно падает. V1504 Cyg подробно изучается нами с 1998 г. по настоящее время (Павленко и Дудка, 2002; Павленко и Березина, 2007). Плотный фотометрический мониторинг этой карликовой новой в 2007 г. в полосах V, R позволил подробно исследовать ее поведение в четырех нормальных вспышках и одной сверхвспышке. На рис. 1 представлена кривая блеска V1504 Cyg, охватившая сверхвспышку и по две нормальные вспышки до и после сверхвспышки. На рис. 2 приведена диаграмма “Величина (V)-цвет (V-R)”, куда вошли данные наблюдений 2007 г. за исключением двух последних вспышек. При этом одна точка – это усредненные оценки в пределах полутора часов наблюдений. Видно, что с ослаблением блеска система становится более красной, однако покраснение идет неравномерно. Схематически данные наблюдений распределены внутри двух секторов (на рисунке они условно показаны штриховыми линиями): первый сектор соответствует изменению блеска от  $14^m$  до  $15.5^m$ , а второй – от  $16.4^m$  до  $18^m$ .

Поведение заштрихованных областей принципиально отличается: рассеяние величин показателя цвета ( $V - R$ ) в верхнем секторе заключено в пределах  $0.2^m$ , а его средняя величина увеличивается медленно со скоростью  $(V - R)/R = 0.1$ . В нижнем секторе рассеяние показателя цвета вдвое больше, а его средняя величина увеличивается со скоростью  $(V - R)/R = 0.25$ . Показатели цвета

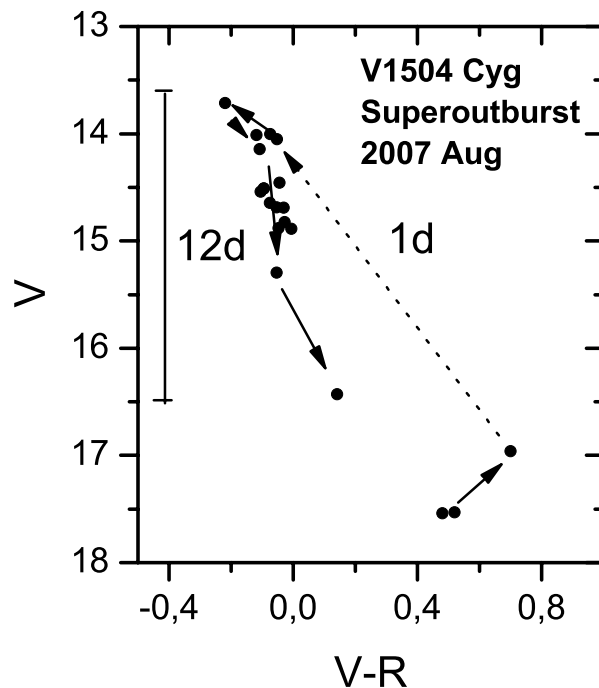


**Рис. 3.** Поведение двух вспышек 1 и 2 (слева), предшествующих сверхвспышке и двух вспышек 3 и 4 (справа), последовавших за сверхвспышкой на диаграмме “величина-цвет”. Стрелочками показано развитие вспышек в хронологическом порядке

в первом секторе голубые ( $V - R = -0.2^m \div 0.0^m$ ), типичные для карликовых новых во вспышках, а во втором – увеличиваются до  $V - R = 0.4^m \div 0.65^m$ . Очевидно, что полученные средние характеристики указывают на то, что при ослаблении блеска по крайней мере от  $14^m$  до  $15.5^m$  основное излучение исходит от горячего аккреционного диска. Уменьшение блеска при медленном увеличении показателя цвета указывает на уменьшение излучающей площади диска в течение вспышки при медленном уменьшении температуры. Далее (нижняя заштрихованная область) происходит, очевидно, перераспределение вкладов в общее излучение различных компонентов системы: более холодного аккреционного диска, аккреционного пятна и, в меньшей степени, красного соседа.

Индивидуальные вспышки показывают конкретно, как они развиваются внутри данных секторов. На рис. 3 приведены диаграммы для нормальных вспышек. Видно, что первые две вспышки имели идентичное поведение и практически не выписывали петли на диаграмме. Показатель цвета при ослаблении блеска увеличивался со скоростью, близкой к средней. Вторая пара вспышек, которая произошла после сверхвспышки, показывает небольшие петли, слегка отличающиеся друг от друга. Видно также, что наклон зависимости для последней пары вспышек сильно отличается от среднего. Подъем блеска происходит со скоростью  $(V - R)/R = 0.7$ , а ослабление – со скоростью  $(V - R)/R = 0.3$ .

На рис. 4 приведено поведение V1504 Cyg на диаграмме во время сверхвспышки. Чтобы подавить изменения блеска и цвета, относящиеся к сверхгорбам, данные по всем вспышкам были усреднены внутри интервала времени, соответствовавшему периоду сверхгорба (полтора часа). В начале



**Рис. 4.** Диаграмма “величина-цвет” для сверхвспышки V1504 Cyg. Стрелочками показано развитие вспышек в хронологическом порядке

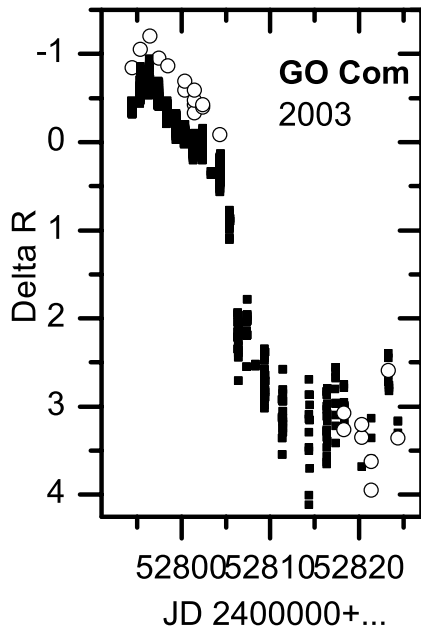
вспышки за одни сутки блеск возрастает на  $3.3^m$ , а показатель цвета уменьшается от  $0.7^m$  до  $-0.05^m$ , что как раз соответствует “скачкообразному” росту температуры в аккреционном диске в рамках теории тепловой неустойчивости аккреционных дисков (Каннизо, 1993). Далее излучение становится еще немного более голубым, и в течение плато сверхвспышки падение блеска происходит при практически постоянном показателе цвета, что можно объяснить возможным уменьшением площади аккреционного диска из-за его аккреции на белый карлик при сохранении высокой температуры диска.

#### 4 Карликовая новая типа SU UMa GO Com

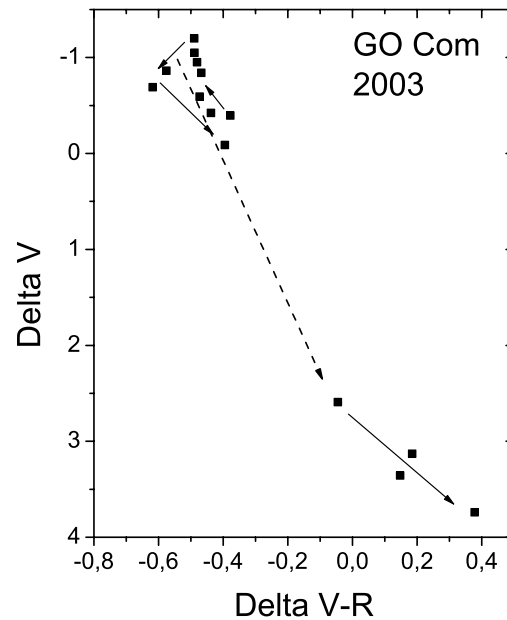
Карликовая новая типа SU UMa GO Com наблюдалась нами только во время сверхвспышки 2003 г. На рис. 5 приведена ее кривая блеска, захватывающая также возврат к довыспышечному состоянию. Амплитуда сверхвспышки составила  $3.5^m$  в полосе R. Плато сверхвспышки было продолжительностью 12 суток, в течение которого звезда ослабела на  $1^m$ , затем последовало падение блеска на  $1.5^m$  за двое суток, которое сменилось более медленным возвращением к исходному блеску, длившееся около 5 суток. На рис. 6 показано поведение звезды на диаграмме “величина-цвет”. Возрастание и падение блеска происходит в течение плато сверхвспышки практически с одинаковой скоростью  $(V - R)/V = 0.13$ , образуя узкую петлю шириной около  $0.2^m$ . Ослабев на  $3.5^m$ , система продолжает краснеть с ослаблением блеска, но уже с большей скоростью  $(V - R)/V = 0.37$ .

#### 5 Новая V446 Her

Эта постновая показывает вспышки со средним интервалом 23 суток и переменной амплитудой, в предельном случае достигающей  $1.5^m$  (Хонейкутт и др., 1995). Однако если учесть вклад очень



**Рис. 5.** Кривая блеска GO Com. Заполненные кружки – данные в полосе R, а открытые – в V



**Рис. 6.** Поведение GO Com на диаграмме V, V-R. Стрелочками показано хронологическое развитие сверхвспышки. Пунктирной линией показано среднее изменение показателя цвета в зависимости от изменения блеска

красной соседней звезды поля, которая, как правило, измеряется вместе с переменной, амплитуда возрастает до  $2.5^m$  (Хонейкутт и др., 1998), а это уже соизмеримо с амплитудой карликовых новых! Кривые блеска Новой V446 Нег для четырех лет наблюдений приведены на рис. 7–9. Видно, что эта система ведет себя очень активно: выйдя из одной вспышки, она сразу же входит в следующую.

Можно отметить, что вспышки V446 Нег бывают различной длительности и амплитуды. Самые большие вспышки в максимуме составляют в полосе V около  $15^m$ . Амплитуды отдельных вспышек в среднем колеблются от  $1^m$  до  $1.8^m$ . Их профили не показывают резкой асимметрии, которая свойственна некоторым вспышкам карликовых новых (более быстрый рост яркости, чем ее ослабление). Вспышки происходят с различной частотой: от 5 до 22 суток. В этом же диапазоне заключены и их длительности. Чем больше амплитуда вспышки, тем дольше вспышка длится.

Хорошо отнаблюденные вспышки для разных лет наблюдений приведены на рис. 10. Все они демонстрируют покраснение с уменьшением блеска. Поскольку не все вспышки удалось хорошо прописать, мы собрали все данные – как для хорошо наблюдаемых вспышек, так и для фрагментов других вспышек – на диаграмме “величина–цвет” (рис. 11). В целом зависимость показывает, что с ослаблением блеска звезда становится краснее и наоборот. Зависимость показателя цвета от блеска, так же как в случае с карликовой новой V1504 Cyg, состоит из двух частей: наблюдается излом на уровне около  $V = 16^m$ . Когда звезда ярче этого уровня, ее изменение блеска в среднем практически не сопровождается изменениями показателя цвета (его изменения содержатся внутри полосы  $V - R = 0.4^m - 0.6^m$ , а когда слабее – показатель цвета растет от  $V - R = 0.6^m$  до  $V - R = 1.7^m$

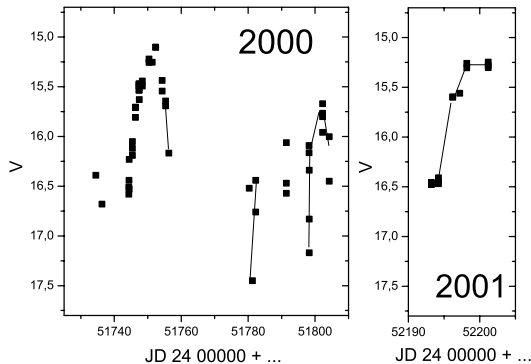


Рис. 7. Кривые блеска V446 Her в 2000 г и 2001 г.

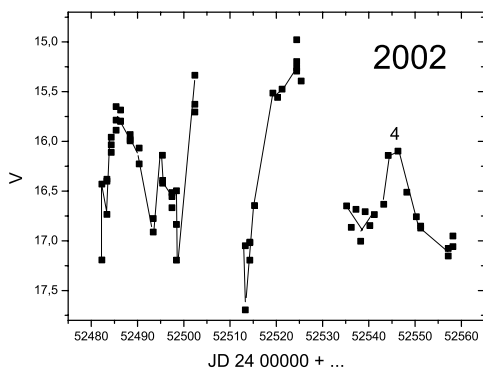


Рис. 8. Кривые блеска V446 Her в 2002 г.

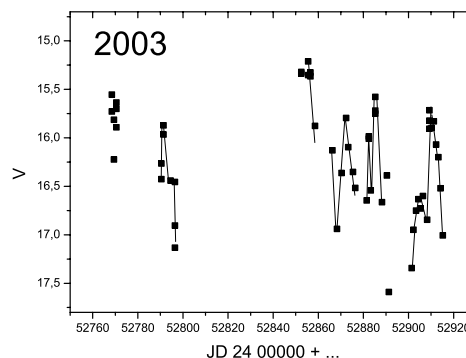


Рис. 9. Кривые блеска V446 Her в 2003 г.

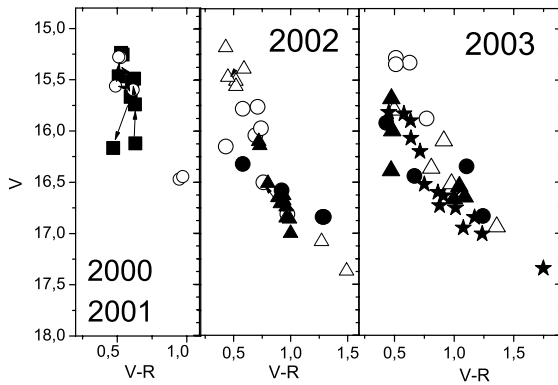
со скоростью  $(V - R)/V = 0.73^m$ . На рисунке каждая из двух частей зависимости схематически показана прямоугольником, ограничивающим рассеяние данных для отдельных вспышек.

## 6 Новая Q Cyg

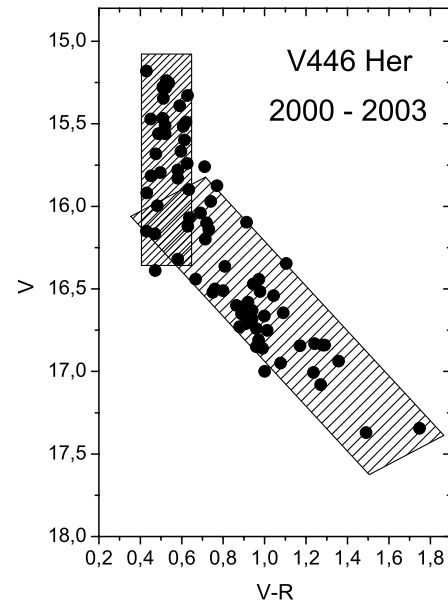
Вспышечная активность этой новой в 1876 г. впервые была обнаружена Шугаровым (1982, 1983). Он отмечал относительно короткую длительность отдельных вспышек (7–10 суток) с амплитудой  $0.6^m - 1^m$ , наблюдавшиеся каждые 60 суток в интервале, охватывающем несколько десятилетий. Вспышки Q Cyg наблюдали также Горанский и др. (1997), Шара и др. (1989), Бьянчини (1990). Наиболее плотные ряды наблюдений представлены в работе Хонейкутта и др. (1998), Хонейкутта (2001). В целом они охватывают интервал 1993–1997 гг. Авторы показали, что звезда демонстрирует как периоды активности, когда вспышки происходят с частотой 25–50 суток, так и довольно длительное спокойное состояние, когда вспышки вовсе не появляются.

На рис. 12 приведена кривая блеска Q Cyg в 1995–1996 гг. Колебания блеска звезды в это время возникали в диапазоне от  $14.3^m$  до  $15.3^m$  в полосе V, что находится в соответствии с ранними





**Рис. 10.** Поведение V446 Her на диаграммах V, V-R по хорошо отнаблюдаемым вспышкам для отдельных лет. Разными значками показаны разные вспышки



**Рис. 11.** Поведение V446 Her на диаграмме V, V-R по всем данным

наблюдениями Шугарова. Спектр мощности, построенный для этих данных, показывает, что наиболее характерное время появления вспышек в этот сезон наблюдений составляет  $\sim 20$  суток (рис. 13). Из всех данных оказалось возможным подробно проследить поведение двух вспышек, которое представлено на рис. 14. В обоих случаях звезда голубее, когда ярче и выходит из вспышки несколько более голубой, однако ширина петли в первом случае – около  $0.2^m$ , а во втором – около  $0.1^m$ . Все наблюдения, которые охватывают как хорошо отнаблюдаемые вспышки, так и их фрагменты, собраны на рис. 15. Данные, так же как и V446 Her, располагаются внутри двух секторов. В верхнем – внутри полосы, не превосходящей  $0.2^m$ . Видно, что до  $V = 14.9^m$  в среднем рост показателя цвета происходит со скоростью  $(V - R)/V = 0.6$ . В минимуме блеска данные располагаются внутри прямоугольника, охватывающего изменения блеска от  $14.9^m$  до  $15.3^m$  и изменения показателя цвета  $V - R = 0.48^m - 0.53^m$ . В отличие от V446 Her в нижнем секторе нет зависимости показателя цвета от блеска.

## 7 Новая DI Lac

Классическая новая DI Lac также относится к новым, показывающим “мелкие” изменения блеска. Хонейкутт отметил у звезды колебания интервала между вспышками с характерным временем 25 суток и амплитудой около  $0.5^m$  в 1993–1994 гг. (Хонейкутт, 2001). Наши данные, относящиеся к 40-летнему интервалу наблюдений, указали на характерное время вспышек 36–40 суток и амплитуду  $0.5^m - 0.8^m$  (Павленко и др., 2002). Хоард и др. (2000) по наблюдениям с помощью робоскопа внутри десятилетнего интервала выявили более широкий диапазон появления вспышек 30–50 сут и амплитуду  $0.4^m - 0.8^m$ . В данной работе мы приводим кривую блеска DI Lac для 2001–2002 гг., включающей три вспышки с амплитудой около  $0.5^m$  (рис. 16) и диаграмму “величина-цвет” (рис. 17).

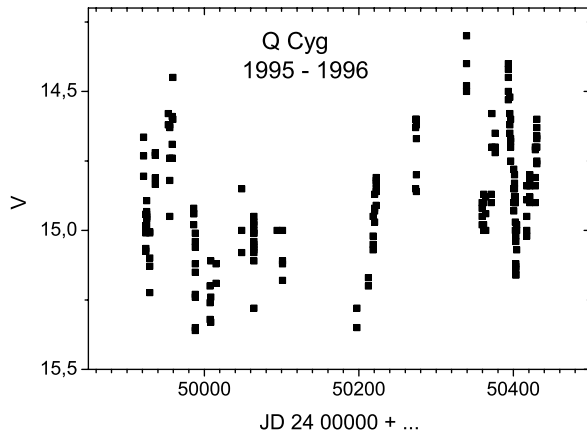


Рис. 12. Кривая блеска Q Cyg в 1995–1996 гг.

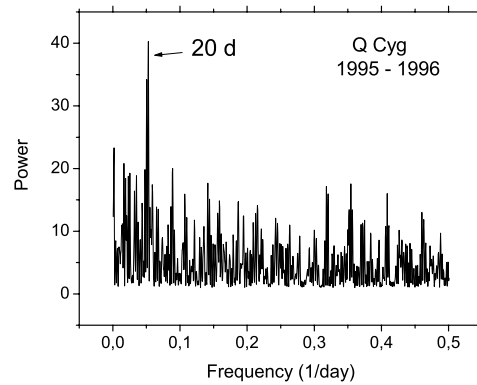


Рис. 13. Спектр мощности для данных Q Cyg в 1995–1996 гг.

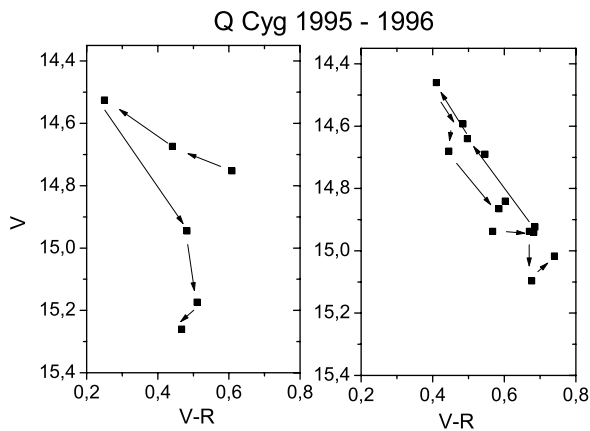


Рис. 14. Поведение двух наиболее хорошо наблюдаемых вспышек Q Cyg на диаграмме “величина-цвет” в 1995–1996 гг.

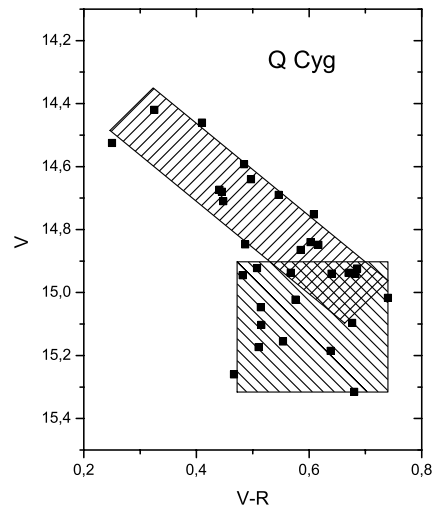


Рис. 15. Поведение на диаграмме “величина-цвет” всех данных 1995–1996 гг.

Для данной звезды, ввиду отсутствия точных измерений блеска звезды сравнения в полосе R, приводятся только относительные величины показателя цвета V-R. Поведение на диаграмме похоже на то, что мы видели для других старых новых: в пределах  $0.5^m$  от максимума вспышки показатель цвета не показывает значимых изменений в пределах полосы  $\Delta(V - R) = 0.2^m$ , а затем ослабление блеска сопровождается покраснением со скоростью  $(V - R)/V = 0.84$ .

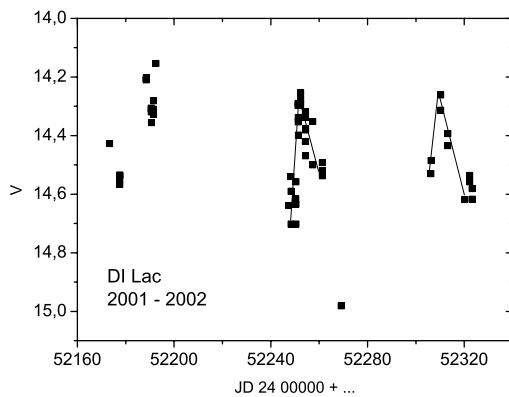


Рис. 16. Кривая блеска DI Lac в 2002 г.

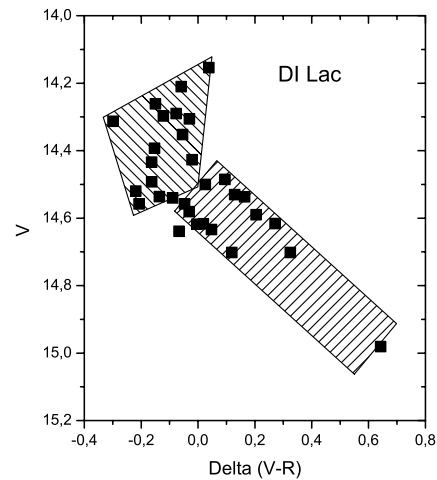


Рис. 17. Поведение на диаграмме “величина-цвет” всех данных 2001–2002 гг.

## 8 Обсуждение

Рассмотренные карликовые и постновые показали голубые цвета во время вспышек. Для корректного обсуждения показателей цвета и их изменений мы оценили межзвездное поглощение в направлении исследуемых звезд в соответствии с расчетами Шлегеля и др. (1998). Величина  $E(V-R)$  составила  $0.09^m$  для V1504 Cyg,  $0.61^m$  для V446 Her и  $0.29^m$  для Q Cyg.

Полученные данные средних колориметрических характеристик вспышек приведены в табл. 2, где в первом столбце дано название системы, во втором – амплитуда изменения блеска и соответствующая скорость изменения показателя цвета до излома, а в третьем – то же после излома. В четвертом столбце указан общий диапазон наблюдаемых изменений показателя цвета V-R и исправленных за межзвездное поглощение (в скобках).

Таблица 2. Средние колориметрические характеристики вспышек

Система	Блеск (V); наклон $(V - R)/V$	Блеск(V); наклон $(V - R)/V$	V-R (mag)
	до излома	после излома	
V1504 Cyg	$14^m - 16.5^m$ ; 0.10	$16.5^m - 18.0^m$ ; 0.25	-0.20–0.65 (-0.29–0.36)
V446 Her	$15.2^m - 15.9^m$ ; $\sim 0$	$15.9^m - 17.4^m$ ; 0.70	0.40–1.75 (-0.21–1.14)
DI Lac	$14.15^m - 14.5^m$ $\sim 0$	$14.5^m - 15.0^m$ ; 0.84	-
Q Cyg	$14.4^m - 14.8^m$ 0.6	$14.4^m - 14.8^m$ ; -	-0.26–0.75 (-0.03–0.46)

Отметим, что после учета межзвездного покраснения разброс показателей цвета в максимуме вспышки уменьшился почти в три раза. И карликовая новая V1504 Cyg и постновые V446 Her и

Q Cyg теперь имеют показатель цвета  $V-R = -0.29 \div -0.03$ , что соответствует чернотельной температуре от 17 000 К до 50 000 К и выше (Дорошенко, 2007)<sup>1</sup>. Такую температуру могут иметь горячие слои аккреционного диска во время вспышки, и это может быть одним из наблюдательных свидетельств того, что мелкие вспышки активных постновых действительно имеют такую же природу, как и карликовые новые.

Другим свидетельством в пользу общей природы вспышек является ход на диаграмме “величина-цвет”: и карликовые новые и постновые медленно краснеют по мере уменьшения блеска, выходя из вспышки более голубыми, т. е. описывая петлю на диаграмме. Наиболее широкую петлю (ширина петли  $0.3^m - 0.4^m$ ) показывает карликовая новая V1504 Cyg во время сверхвспышки и последующих двух нормальных вспышек. Это находится в соответствии с моделью А Смака (1984), когда тепловая неустойчивость охватывает первоначально внешние части диска и затем распространяется вовнутрь. Остальные системы показывают более узкие петли шириной около  $0.2^m$  и меньше (две нормальные вспышки карликовой новой V1504 Cyg, предшествующие сверхвспышке, карликовая новая GO Com во время сверхвспышки, постновые V446 Her и Q Cyg), и практически не показывает петли постновая DI Lac. Такое поведение соответствует другой модели Смака (В), когда вспышка возникает внутри диска и распространяется как наружу, так и вовнутрь.

Полученный результат указывает, во-первых, на то, что большинство наблюдавшихся вспышек соответствует типу В, а во-вторых, подтверждает сделанное ранее Павленко и Дудкой (2002) предположение о возможности наличия двух типов вспышек у V1504 Cyg и ставит под сомнение представление о том, что каждой звезде характерен только какой-то один тип тепловой неустойчивости. Возможно, тип вспышки зависит от фазы сверхцикла (т. е. интервала между сверхвспышками). Поскольку локализация начала вспышки определяется критическими плотностями и температурами в диске, то переход от одного типа вспышки к другому может указывать на перераспределение этих характеристик по диску со временем.

Дополнительным критерием типа нормальной вспышки по Смаку является профиль вспышки: в случае модели А он асимметричен, а в случае модели В – наоборот. Быстрое течение нормальных вспышек у V1504 Cyg (3–4 суток) не дает возможности корректно определить их профиль.

Излом зависимости “величина-цвет” наблюдается в среднем в широкой области чернотельных температур: 18 000 К (V1504 Cyg), 17 000 К (V446 Her), 6 500 К (Q Cyg).

Максимальные показатели цвета карликовой новой V1504 Cyg и постновой Q Cyg между вспышками соответствуют температурам 6 000 К–7 000 К (V446 Her не рассматриваем из-за вклада соседней красной звезды поля). Однако без дополнительной фотометрии этих звезд в минимуме с достаточным временным разрешением нельзя указать, какому источнику (диск или горячее пятно на нем) соответствует эта температура.

Таким образом, колориметрический анализ дал дополнительные необходимые свидетельства того, что вспышки активных постновых аналогичны вспышкам карликовых новых.

## 9 Благодарности

Авторы приносят благодарность А. Бакланову за помощь в наблюдениях.

Работа выполнялась при частичной поддержке грантами Ф 25.2/139 Фонда Фундаментальных исследований Украины, а также грантами НШ-5218.2006.2, 05-02-17489 и 06-02-16411 Российского Фонда Фундаментальных исследований.

<sup>1</sup> Здесь следует иметь в виду, что в области высоких температур точность вычисления температуры очень чувствительна к точности определения показателя цвета, в свою очередь зависящего от точности калибровки звезды сравнения и межзвездного поглощения. Так, суммарная ошибка  $V-R$  в  $0.05^m$  даст ошибку в определении температуры в 25 000 К!

## Литература

- Абраменко А.Н., Прокофьева В.В., Бондарь Н.И. и др. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1988. Т. 78. С. 182.
- Андронов (Andronov I.L.) // ASC Library. Kluwer Academic Publishers. 1995. V. 205. P. 83.
- Бараффе (Baraffe J.) // ASP Conf. Ser. 2002. V. 261. P. 2.
- Бруевич Е.А., Катышева Н.А. // Вестник МГУ. Сер. Физика. Астрономия. 1997. Т. 2. С. 48.
- Бьянчини (Bianchini A.) // Astron. J. 1990. V. 99. P. 1941.
- Дорошенко В.Т. // Частное сообщение. 2007.
- Горанский и др. (Goransky V.P., Shugarov S.Yu., Dmitrienko E.S., Pavlenko E.P.) // Astronomical Time Series. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. 1997. V. 218. P. 219.
- Гринин В.П. и Катышева Н.А. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1980. Т. 62. С. 66.
- Джонсон (Johnson H.L.) // Ann. Rev. Astron. 1966. Ap. 4. P. 193.
- Засов А.В., Постнов К.А. // Общая астрофизика: Век 2. Фрязино. 2006.
- Канниzzo (Cannizzo J.K.) // 1993. Astrophys. J. V. 419. P. 318.
- Мейер и Мейер-Хофмейстер (Meyer F., Meyer-Hofmeister E.) // 1981. Astron. Astrophys. V. 104. L. 10.
- Осаки (Osaki Y.) // Publ. Astron. Soc. Pacific. 1996. V. 96. P. 575.
- Павленко и др. (Pavlenko E.P., Shugarov S.Yu., Goranskij V.P., Primak N.V.) // Classical Nova Explosions. American Institute of Physics. 2002. V. 637. P. 519.
- Павленко Е.П., Примак Н.В., Шугаров С.Ю. // Астрофизика. 2002. Т. 45. С. 416.
- Павленко Е.П., Дудка О.И. // Астрофизика. 2002. V. 45. С. 5.
- Павленко и др. (Pavlenko E.P., Mullanurova D.N., Baklanov A.V., Antoniuk O.I., Filatova T.M.) // Odessa Astron. Publ. 2003. V. 16. P. 48.
- Павленко и Березина (Pavlenko E.P., Berezina E.) // Odessa Astron. Publ. 2007. V. 20. (in press).
- Пряльник (Prialnik D.) // Astrophys. J. 1986. V. 310. P. 222.
- Смак (Smak J.) // Acta Astron. 1982. V. 32. P. 199.
- Смак (Smak J.) // Acta Astron. 1994. V. 34. P. 161.
- Хамери (Hameury J.M., Lasota J.P., Dubus J.) // Mon. Not. R. Astron. Soc. 1999. V. 303. P. 309.
- Хонейкутт и др. (Honeycutt R.K., Robertson J.W., Turner G.W.) // Astron. J. 1998. V. 115. P. 2527.
- Хонейкутт (Honeycutt R.K.) // Publ. Astron. Soc. Pacific. 2001. V. 113. P. 473.
- Хоард и др. (Hoard D.W., Szkody P., Honeycutt R.K. et al.) // Publ. Astron. Soc. Pacific. 2000. V. 112. P. 1595.
- Шредер и др. (Schreder M.R., Gansicke B.T., Cannizzo J.K.) // Astron. Astrophys. V. 362. P. 268.
- Шлегель и др. (Schlegel D.J., Finkbeiner D.P., Davis S.M.) // Astrophys. J. 2000. V. 500. P. 525.
- Шугаров (Shugarov S.Yu.) // Astron. Tsirk. 1982. V. 1252. P. 6.
- Шугаров С.Ю. // Перем. Звезды. 1983. Т. 21. С. 807.
- Уорнер (Warner B.) // Cataclysmic variable stars: Cambridge Univ. Press. 1995.
- Шара и др. (Shara M.M., Potter M., Shara D.J.) // Publ. Astron. Soc. Pacific. 1989. V. 101. P. 985.