

УДК: 524.338.3

UBVRI-ФОТОМЕТРИЯ НОВОЙ 1934г. DQ HERCULIS В 1982-1995гг. ПЕРЕМЕННОСТЬ БЛЕСКА

Е.С.ДМИТРИЕНКО

Поступила 11 января 1996

Принята к печати 25 февраля 1996

Приводятся основные результаты фотометрического исследования Новой 1934г. DQ Her в 1982-1995гг.. На основе высокоскоростной одновременной фотометрии системы в UBVRI полосах впервые исследовано поведение ее блеска во временных масштабах от нескольких дней до нескольких лет. Найдены зависимости между вариациями блеска DQ Her в различных диапазонах спектра и возникающими при этом изменениями в распределении энергии ее излучения. Обнаруженные колебания блеска системы вызваны переменностью излучения аккреционного диска с белым карликом в центре. В случае временной шкалы в несколько дней и/или в несколько десятков дней они могут происходить за счет изменений скорости аккреции из диска на белый карлик в силу собственной неустойчивости диска или из-за неравномерного поступления в него вещества из струй от красного карлика. Циклические изменения блеска DQ Her с амплитудой в несколько десятых звездных величин и с характерным временем около 5 лет, как и циклические вариации параметра "O - C" с таким же характерным временем и с амплитудой около 2-4 мин, могут быть ответной реакцией аккреционного диска на активность самого красного карлика.

1. *Введение.* Новые, карликовые новые и новоподобные звезды, принадлежащие к классу так называемых катаклизмических переменных, служат уникальной небесной лабораторией по исследованию газодинамических процессов в тесных двойных системах. Именно в них излучение различного рода газовых структур (аккреционных дисков, аккреционных колонн, газовых струй и оболочек) является преобладающим. С другой стороны, в некоторых фазах их спокойного состояния предоставляется редчайшая возможность изучения характеристик вторичных компонентов - звезд поздних спектральных классов, являющихся, как правило, слабыми карликами. Особое место среди катаклизмических объектов занимают затменные звезды, когда имеется принципиальная возможность нахождения из наблюдений полного набора их основных параметров на различных стадиях активности. Знание этих параметров и анализ их

изменений со временем необходимы как для понимания природы активности самих катаклизмических переменных, так и при исследовании газодинамических процессов в других тесных двойных системах, наблюдения газовых структур которых затруднены из-за преобладающего вклада в общее излучение звездных источников.

На протяжении многих лет в Крымской астрофизической обсерватории проводятся синхронные высокоскоростные *UBVRI* - наблюдения затменных катаклизмических звезд: Новой 1934г. DQ Her и новоподобных AC Snc, RW Tri и UX UMa. На базе этих наблюдений предполагается провести анализ изменений блеска систем со временем, а также определить их основные физические характеристики из решений кривых блеска с привлечением опубликованных спектроскопических данных. Цель данной работы - анализ переменности блеска DQ Her в стадии постновой, спустя почти полвека со времени ее вспышки.

2. *Некоторые сведения о системе.* DQ Her является одной из первых Новых, у которой еще в 50-е годы Уокером [1] на *UBV* - кривых блеска были обнаружены глубокие затмения и, тем самым, было открыто, что она является двойной системой с периодом $4^{\text{h}}39^{\text{m}}$. По современным представлениям DQ Her состоит из красного карлика спектрального класса M (вторичного компонента) и белого карлика с аккреционным диском (главного компонента). Аккреционный диск образуется из газа, теряемого красным карликом, который заполняет свою полость Роша или близок к ее заполнению. В *UBVRI* - диапазонах спектра диск является основным источником излучения системы, т.к. вклад от звезд - карликов сравнительно мал. В месте столкновения диска с поступающим в него веществом образуется, так называемое, горячее пятно, наблюдаемое на кривых блеска в виде "горба" (shoulder) до и/или после затмения главного компонента вторичным. Затмения самого главного карлика в *UBVRI* - диапазоне не обнаружено. DQ Her подробно исследуется уже более 50 лет. В стадии постновой у нее не было зарегистрировано вспышек типа вспышек карликовых новых, амплитуды которых находятся в интервале 2^{m} - 6^{m} . Однако, как отмечают Паттерсон и др. [2], средний внезатменный блеск DQ Her по наблюдениям 1954-1977 гг. разных авторов, возможно, показывает циклические колебания с амплитудой около $0.^{\text{m}}6$ и длительностью цикла примерно 13.4 года. Помимо этой переменности блеска и его хаотических колебаний, в системе имеются регулярные изменения блеска с периодом 71 с и с амплитудой около $0.^{\text{m}}06$ [3]. Принято считать,

что последние являются следствием вращения белого карлика вокруг своей оси [4].

В работе [5] был проведен анализ всех опубликованных кривых блеска DQ Hег с 1954г. по 1978г., а также кривых блеска, полученных автором совместно с Н.М.Шаховским и Ю.С.Ефимовым в 1982-1985гг. [6], выполненный с учетом вклада небулярной оболочки от вспышки 1934г. На основании этого анализа сделан вывод, что все исследуемые кривые блеска DQ Hег по основным характеристическим параметрам (например, по среднему уровню внезатменного блеска m в фазе около $0.2P$, по высоте горбов H относительно этого уровня и превышению блеска над этим уровнем на фазах $0.4-0.6P$) можно разделить на три типа. Так, кривые блеска Нельсона и Ольсона 1975г. [7], Шнейдера и Гринстейна 1978г. [8] и наши кривые блеска 1984 - 1985 гг. можно объединить в тип (1-й) с наименьшим значением m . Кривые блеска Уокера 1954-1956 гг. [1,3], наши кривые блеска 25 и 26 мая, а также 13 и 14 сентября 1982г., как и 13 августа 1983г., можно отнести к одному и тому же типу (2-му) со средним значением m . Единственная черта, которой отличаются иногда кривые блеска DQ Hег 1954-1978 гг. и кривые более поздних наблюдений 1982-1995гг., - это то, что у последних горбы перед затмением всегда выше, чем после него. Кривая блеска DQ Hег, зарегистрированная в ночь с 19 на 20 июля 1982г., наблюдалась только раз и по форме очень сильно отличается от всех известных ранее кривых блеска системы. Ее тип назван 3-м.

В пользу приведенной классификации всех известных кривых блеска DQ Hег в 1954-1985гг. свидетельствует также следующее. Из решения кривых блеска системы разных типов были найдены распределения яркостей той области аккреционного диска без горячего пятна, выход которой из затмения происходит в фазах $0.0-0.08P$ [5]. Назовем ее невозмущенной областью. Напомним, что само горячее пятно проявляется на кривых блеска в виде горбов с наибольшими значениями H в фазах около $0.86P$ и $1.14P$. Выбранная невозмущенная область находится практически на противоположной от этого горячего пятна стороне диска,, поэтому решение проводилось в предположении, что яркость $B(r)$ является функцией только расстояния r от центра диска. Полученные функции $B(r)$ для всех исследованных кривых блеска DQ Hег во всех пяти UBVRI - полосах убывают к краю невозмущенной области диска и для кривых одного и того же типа они практически одинаковы. Переход системы от

кривых блеска 2-го типа к кривым блеска 3-го типа осуществился за время, меньшее суток [6]. При этом произошло значительное повышение яркости $B(r)$ в средней и во внешней частях невозмущенной области диска. По сравнению с кривыми 1 типа, в случае кривых 2-го типа яркость $B(r)$ увеличивается почти равномерно по всему радиусу диска, за исключением, может быть, его самой внешней зоны. Различие яркостей в этой зоне меньше, чем в центральной и средней зонах. И, наоборот, именно во внешней зоне невозмущенной области диска функции $B(r)$ в случаях кривых блеска 2-го и 3-го типов отличаются наиболее сильно. Рассмотренное поведение функций яркости свидетельствует о том, что переходы DQ Нег между состояниями с кривыми блеска 1-го и 2-го типов и между состояниями 2-го и 3-го типов обусловлены появлением или усилением мощности излучения разных источников.

По результатам наблюдений 1954-1985гг. из-за большой временной скважности нельзя было выявить, например, являются ли состояния DQ Нег с кривыми 1-го и 2-го типов отражением одного и того же процесса и какой переход существует между ними. С целью исследования зависимости от времени основных фотометрических характеристик DQ Нег автором были продолжены ее *UBVRI* наблюдения в 1986-1995гг.

3. *Наблюдения.* *UBVRI*-фотометрия DQ Нег выполнена в Крымской астрофизической обсерватории на 1.25-м. телескопе АЗТ-11 с пятиканальным фотометром - поляриметром Хельсинкской обсерватории [9]. Этот прибор в режиме фотометра позволяет получать одновременные измерения в пяти спектральных интервалах $ubvri$, близких к стандартной системе *UBVRI* Джонсона. Фон неба регистрировался квазисовременно с объектом в тех же пяти каналах путем быстрой (100 Гц) модуляции потока от двух равных диафрагм, в одной из которых наблюдались объект с фоном, а в другой - только фон. Чистое время интеграции выбиралось от 5 до 20 с, чему соответствовало временное разрешение от 12 до 45 с. Для учета атмосферной экстинкции регистрировались звезды сравнения "А", "В", и "С" из списка Уокера [1]. Наблюдаемые величины интенсивностей звезд сравнения интерполировались на каждый момент времени наблюдений DQ Нег. Здесь под интенсивностью понимается мощность излучения от объекта в данный момент времени в данной полосе частот. В статье приводятся разности величин блеска и показателей цвета DQ Нег и звезды сравнения "В" в системе *UBVRI*. Использовались диафрагмы с диаметрами 10", 15" и 20". Автоматическое гидирование с

помощью офсетного фотогида обеспечивало ошибку слежения не более 0."5-1".

4. *Результаты наблюдений.* *UBVRI* кривым блеска DQ Her 1986-1995 присущи те же характерные черты, что были обнаружены и ранее. Так, глубина затмения, выраженная в звездных величинах, растёт от *I* к *B*, но в *U* она меньше, чем в *B*. Таким образом, максимум в распределении энергии излучения затмеваемого источника приходится на полосу *B*, что характерно для моделей аккрецирующих дисков вокруг белых карликов. Затмение на кривых блеска DQ Her, как и в случаях новоподобных систем AC Snc [10], RW Tri [11], UX UMa [12], начинается с 0.90*P* и длится до 1.10*P*, но показатели цвета начинают меняться не раньше, чем в фазах 0.94-0.95*P*. В фазах после 1.05*P* такого рода изменения, как правило уже не происходят. В фазах минимума 0.95-1.0*P* показатель цвета DQ Her *U-B* уменьшается за счет более быстрого падения блеска в *B*, чем в *U*, а *B-V*, *V-R* и *V-I* - наоборот увеличиваются. В фазах 1.0-1.05*P* происходит обратное явление - возрастание *U-B* и уменьшение остальных показателей цвета. Такое поведение показателей цвета DQ Her, по аналогии с UX UMa [12], должно быть обусловлено увеличением в фазах после 0.95*P* относительно вклада внутренней границы аккреционного диска и его короны, являющихся мощными излучателями в линиях высокого возбуждения. После фазы примерно 1.05*P* этот вклад опять становится несущественным. В фазах около 0.7*P* часто имеется депрессия блеска. Отсутствие вторичных минимумов на *UBVRI* - кривых блеска DQ Her, орбитальный период которой 4^h39^m, вероятнее всего обусловлено незначительным вкладом красного карлика в общее излучение. Как правило излучение вторичных компонентов становится заметным только у катаклизмических систем с периодами около 6 часов или более. На рис. 1 в качестве примера приведены *UBVRI* - кривые блеска DQ Her, полученные из наблюдений в ночь с 4 на 5 июля 1990г. На оси ординат - разность блеска в звездных величинах DQ Her и звезды сравнения "В". Ось абсцисс - время в числе Юлианских дней.

В 1986-1995гг., как и в предыдущие годы, наблюдается изменение формы кривых блеска в течение часов, суток и больших интервалов времени. Значительные колебания внезатменного блеска DQ Her при сравнительно постоянном блеске в фазах около 0.0*P* связаны с затмеваемым источником: дискообразной оболочкой с белым карликом и обращенной к ним стороной красного карлика.

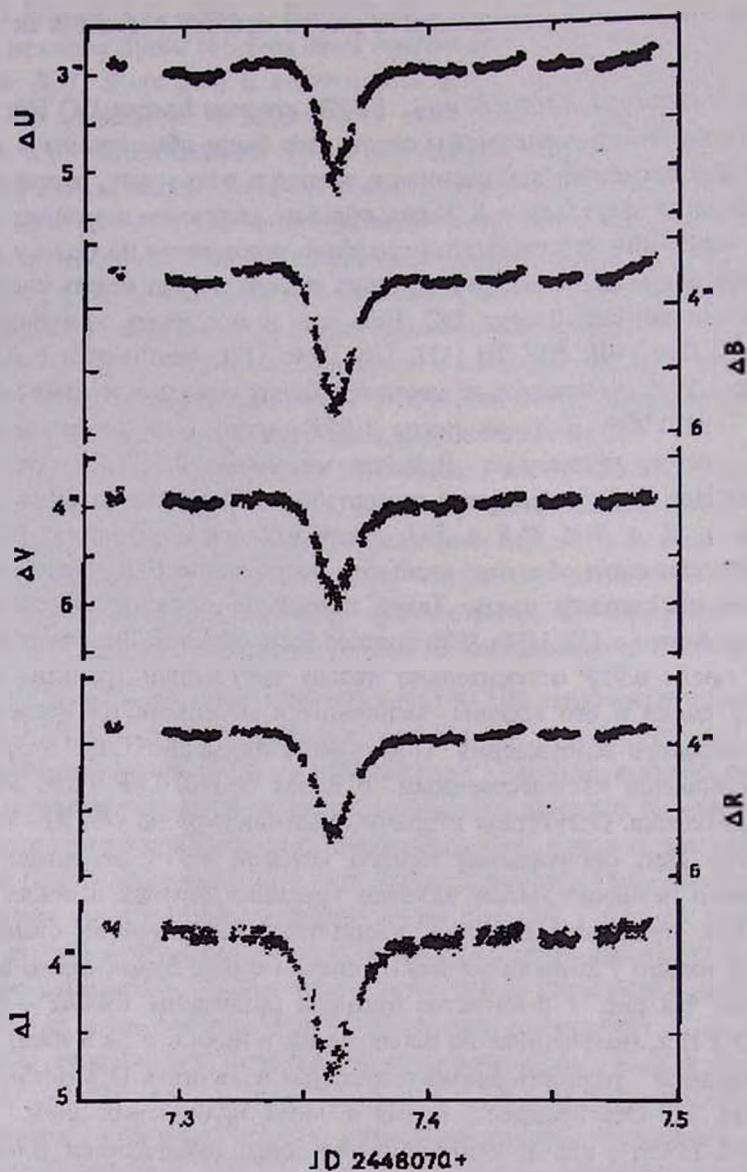


Рис. 1. Кривые блеска DQ Her 4 июля 1990г. На оси ординат - разность блеска в звездных величинах DQ Her и звезды сравнения "В". Ось абсцисс - время в Юлианских днях.

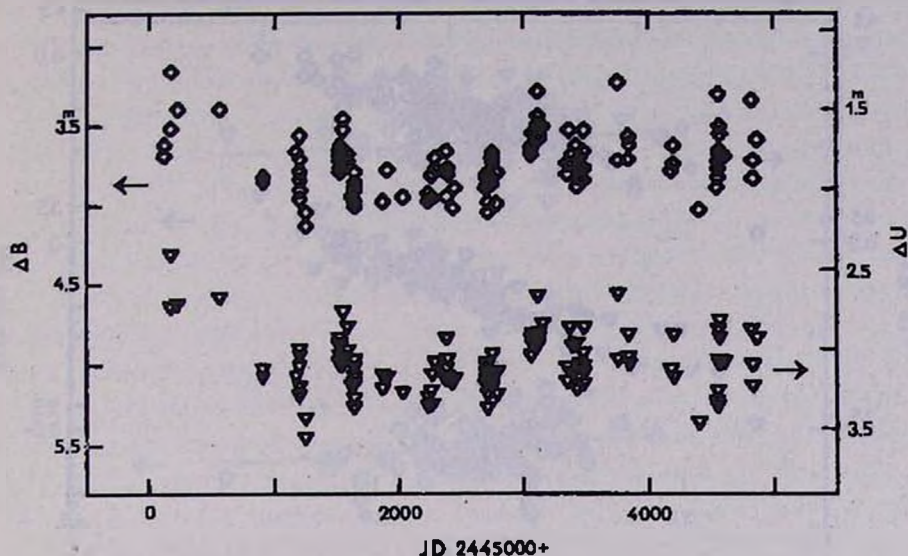


Рис. 2. Зависимости от времени разностей усредненного внезатменного блеска DQ Нег и звезды сравнения "В" в U и В - полосах, полученные из наблюдений 1982-1995гг. разности блеска выражены в звездных величинах.

Для анализа переменности внезатменного блеска DQ Нег были выбраны усредненные по 5-20 точкам индивидуальных измерений значения блеска в интервале орбитальных фаз от 0.14 до 0.86P. Ошибки в среднем по UBVRI не превышали, как правило, 0^m.01-0^m.02. В силу эффекта перемещения различных составляющих системы относительно луча зрения и из-за физических изменений ее излучения, наблюдаемый в этих фазах блеск испытывает значительные отклонения от среднего уровня. Они достигают, например, при видимости горячего пятна (фазы около 0.14P и 0.86P) и в случаях депрессии блеска (фазы около 0.7P) 0.^m1-0.^m2. По возможности, выбирались участки кривых блеска без значительного влияния горячего пятна или депрессий блеска.

На рис. 2 приведены зависимости от времени разностей усредненного внезатменного блеска DQ Нег и звезды сравнения "В" в U и В - полосах, полученные из наблюдений 1982 - 1955гг.

Для V, R, I зависимости от времени имеют тот же характер, что и зависимости для U, B. Отсчет времени брался в числе Юлианских дней (ось абсцисс).

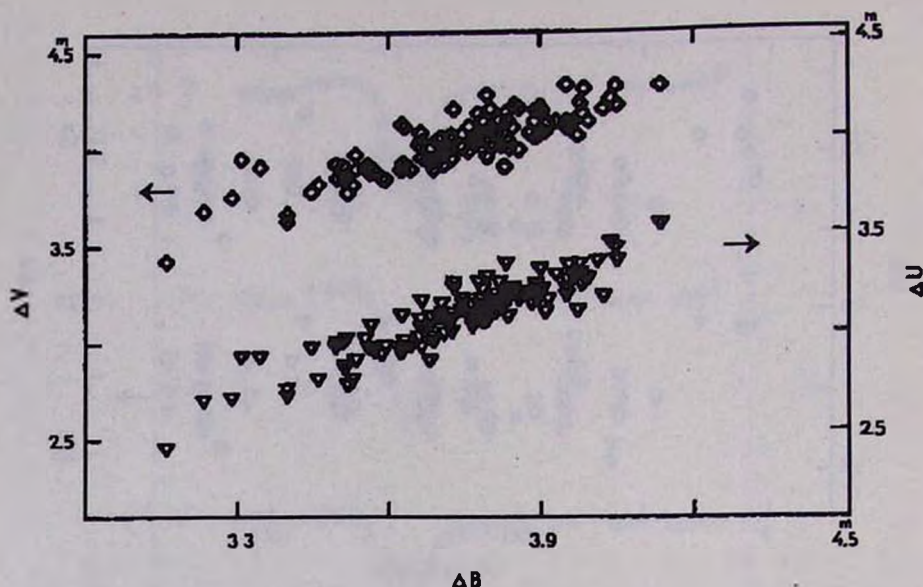


Рис. 3. Зависимости между разностями усредненного внезатменного блеска DQ Her и звезды сравнения "В" в полосах U (правая ось ординат), V (левая ось ординат) и B (ось абсцисс), полученные из наблюдений 1982-1995 гг. Разности блеска выражены в звездных величинах.

Синхронная *UBVRI* - фотометрия DQ Her 1982-1995 гг. позволила впервые обнаружить соотношения между величинами показателей цвета и блеска системы в различных полосах частот. На рис. 3 в качестве примера даны зависимости между разностями усредненного внезатменного блеска DQ Her и звезды сравнения "В" в различных спектральных диапазонах: ΔU , ΔB (нижняя зависимость) и ΔV , ΔB . На рис. 4, 5 - зависимости разностей их показателей цвета $\Delta(U-B)$, $\Delta(B-V)$ и $\Delta(V-B)$, $\Delta(V-R)$ от ΔU и ΔV , соответственно.

5. Обсуждение результатов. Согласно анализу всех данных, полученных нами в 1982-1995 гг., амплитуда изменений внезатменного блеска DQ Her достигает в среднем по *UBVRI* 1^m.

На всех рассматриваемых зависимостях точки, относящиеся к дате 19 июля 1982 г., располагаются отдельно от остальных точек. За время, меньшее суток, яркость средней и особенно внешней областей аккреционного диска без "классического" горячего пятна резко возросла [5]. На самих *UBVRI* кривых блеска появился "необычный" горб с максимальной

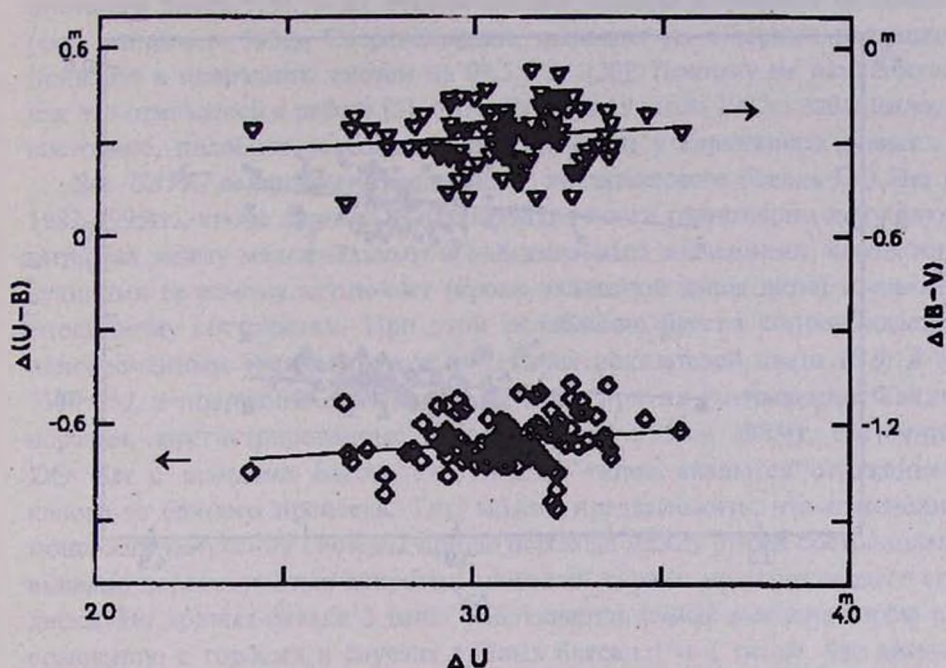


Рис. 4. Зависимости разностей усредненных внезатменных показателей цвета DQ Нег и звезды сравнения "В" $\Delta(U-V)$ и $\Delta(B-V)$ от ΔU , полученные из наблюдений 1982-1995гг. Разности блеска и показателей выражены в звездных величинах.

высотой $0^m.3$ в фазе около $0.5P$. Распределение энергии излучения в фазах видимости этого горба такое же, как и в фазах до и после затмения, когда на луче зрения присутствует обычное горячее пятно [5]. Поэтому протяженный горб с максимумом в фазе около $0.5P$, вероятнее всего, связан с аккреционным диском, а не с обращенной к нему стороной красного карлика. Возможно, что этот необычный горб подобен так называемым сверхгорбам, которые имеются на кривых блеска карликовых новых типа SU UMa в состоянии сверхвыспышки, а также на кривых блеска у некоторых новоподобных звезд (о наблюдениях в последнем случае см., например [13, 14]). Ни один из предложенных в настоящее время механизмов не объясняет полностью всю наблюдаемую картину сверхвыспышек (см., например, [15-17]). Поэтому мы не будем касаться здесь вопроса, почему сверхвыспышки имеют место, как правило, только у карликовых новых с орбитальными периодами, меньшими 3^h . Мы не

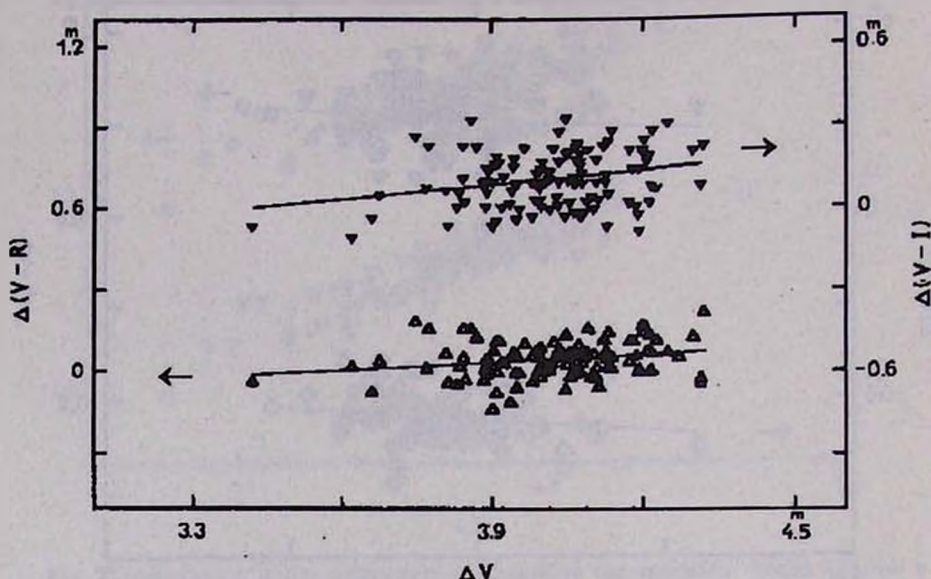


Рис. 5. Зависимости разностей усредненных внезатменных показателей цвета DQ Her и звезд сравнения "В" $\Delta(V-R)$ и $\Delta(V-I)$ от ΔV , полученные из наблюдений 1982-1995 гг. Разности блеска и показателей цвета выражены в звездных величинах.

рассматриваем сейчас и вопрос о сходстве и различии многих свойств постновых и новоподобных звезд, с одной стороны, и карликовых новых, с другой стороны, носящих, возможно, принципиальный характер (см. об этом, например, обзор в [18]). Здесь нам хотелось бы только подчеркнуть одно важное общее свойство этих объектов: существование одинаковых скоростей аккреции как у постновых и новоподобных систем, так и у карликовых новых во вспышечном состоянии. В связи с этим правомерен вопрос: какие явления, обусловленные этим свойством, могут быть общими у рассматриваемых двух групп катаклизмических систем? Может ли, например, явление перерастания обычной вспышки в сверхвспышку в карликовых новых иметь какой-то аналог у постновых и новоподобных звезд? Сигналы от сверхгорбов в карликовых новых, как и в случае необычного горба на кривых блеска DQ Her 19 июля 1982 г., регистрируются от протяженной области внешней зоны аккре-

ционного диска [19], а их относительные высоты достигают $0^{\text{m}}.15$ – $0^{\text{m}}.9$ (см., например, [20]). Сверхвыпшки, вырастая из обычных выпшек, приводят к поярчанию систем на $0^{\text{m}}.5$ – 1^{m} [20]. Поэтому не исключено, как это отмечалось в работе [5], что у DQ Her 19 июля 1982г. наблюдалось состояние, подобное состоянию сверхвыпшки у карликовых новых.

Все UBVRI величины усредненного внезатменного блеска DQ Her в 1982-1995гг., кроме данных 19 июля 1982г., почти равномерно заполняют интервал между максимальным и минимальным значениями, соответствующими ее самому активному (кроме указанной выше даты) и самому спокойному состояниям. При этом ослабление блеска сопровождается одновременным увеличением всех четырех показателей цвета $U-B$, $B-V$, $V-R$, $V-I$, а поярчание системы происходит при их уменьшении. Таким образом, зарегистрированные из наблюдений 1954 - 1985гг. состояния DQ Her с кривыми блеска 1-го и 2-го типов являются отражением какого-то единого процесса. Так, можно предположить, что изменение мощности излучения системы при ее переходе между этими состояниями вызвано перменностью аккреции на белый карлик из окружающего его диска. На кривых блеска 2 типа наблюдаются самые высокие горбы по сравнению с горбами в случаях кривых блеска 1 и 3 типов, что можно рассматривать как свидетельство наибольшей скорости поступления вещества в аккреционный диск у DQ Her в состоянии с кривыми блеска 2 типа.

Наблюдаемая переменность DQ Her происходит в различных по длительности временных масштабах. Строгий анализ зависимости блеска системы от времени предполагается провести в дальнейшем. Здесь рассматриваются некоторые важные особенности поведения ее фотометрических свойств общего характера. Так, нам хотелось бы подчеркнуть, что блеск DQ Her меняется как в течение нескольких суток, так и на протяжении нескольких лет и, что эти изменения связаны с наблюдаемым излучением аккреционного диска с белым карликом и обращенной к ним стороны красной звезды. Они могут возникать из-за переменности скорости аккреции из диска на белый карлик, что может происходить как в силу каких-либо внутренних неустойчивостей в диске, так и по причине неравномерного поступления вещества в аккреционный диск из красного карлика. О возможности последнего свидетельствует такой наблюдательный факт, как изменение относительной высоты горбов, появляющихся на кривых блеска, когда на луче зрения находится горячее

пятно - место столкновения газовой струи с диском. Не исключено, также, что аккреционный диск в DQ Her прецессирующий. В пользу этого предположения могло бы свидетельствовать обнаружение периодичности колебаний блеска DQ Her с характерным временем порядка нескольких суток, как это имеет место, например, в новоподобных системах AC Snc [10], RW Tri [21].

Из предварительного анализа следует, что блеск DQ Her в *UBVRI* - полосах, возможно, испытывает долговременные циклические изменения с характерным временем около 5 лет и с амплитудой в несколько десятых звездных величин. Но подобный интервал времени выявлен и в переменности параметра "O - C" - разности наблюдаемого и расчетного моментов минимумов DQ Her. Так, согласно анализу результатов наблюдений затмений DQ Her в *UBVRI* в 1982-1989гг. [22] и последующих наблюдений в 1990-1995гг., на уменьшение "O-C" со скоростью $\Delta(O-C)/\Delta t$ порядка 10^{-6} накладываются циклические колебания с характерным временем около 5-6 лет и с амплитудой около 2-4 мин. Не исключено, что описанные долговременные изменения блеска DQ Her и параметра "O-C" являются ответной реакцией аккреционного диска на активность самого красного карлика.

Обнаруженная переменность блеска Новой 1934г. DQ Her с амплитудой около 1^m не представляется неожиданным явлением. Изменения блеска с амплитудой от нескольких десятых звездных величин до 3^m свойственно и другим постновым и новоподобным звездам: Новой 1901г. GK Per [23], Новой 1960г. V 466 Her, Новой 1848г. V 481 Oph, Новой 1910г. DI Lac [24], новоподобным AC Snc [10], RW Tri и UX UMa [21], Новой 1876 Q Cyg [25]. Природа этих изменений пока остается под вопросом, важную роль в решении которого сыграли бы одновременные наблюдения указанных объектов как в видимой области спектра, так и в более коротковолновом диапазоне.

6. *Заключение.* Полученные в 1982-1995гг. одновременные высокоскоростные *UBVRI* - кривые блеска Новой 1934г. DQ Her позволили выявить ряд ее важных свойств. Средний уровень внезатменного блеска системы испытывает колебания с амплитудой примерно 1^m (в среднем по *UBVRI*) в различных по длительности временных масштабах - как в течение нескольких суток, так и на протяжении нескольких лет. Ослабление блеска сопровождается увеличением показателей цвета *U-B*, *B-V*, *V-R* и *V-I*, а поярчение - их уменьшением. За исключением данных

19 июля 1982г., все *UBVRI* величины усредненного внезатменного блеска DQ Her, наблюдаемые в 1982-1995 гг., почти равномерно заполняют интервал между максимальным и минимальным значениями, соответствующими ее самому активному и самому спокойному состояниям. Выявленные колебания блеска DQ Her связаны с наблюдаемым излучением аккреционного диска вокруг белого карлика и обращенной к ним стороны красной звезды. Не исключено, что аккреционный диск в DQ Her прецессирующий. В пользу этого предположения могло бы свидетельствовать обнаружение периодичности колебаний блеска DQ Her с характерным временем порядка нескольких суток.

Наблюдаемая переменность блеска может также возникать из-за колебаний скорости аккреции на белый карлик в силу каких-либо внутренних неустойчивостей в диске и/или по причине неравномерного поступления в него вещества из газовой струи. Причем, происходящие с характерным временем около 5 лет циклические изменения параметра "О-С" (с амплитудой около 2-4 мин) и блеска DQHer (с амплитудой в несколько десятых звездных величин) могут быть ответной реакцией аккреционного диска на активность самого красного карлика.

Крымская астрофизическая обсерватория

UBVRI-PHOTOMETRY OF NOVA 1934 DQ HERCULIS IN 1982-1995: THE VARIABILITY OF THE LIGHT

E.S.DMITRIENKO

The main results of the photometric investigation of Nova 1934 DQ Her in 1982-1995 are reported. The behaviour of the uneclipsed brightness of DQ Her on time - scale from several days to several years has been explored for the first time based on the simultaneous high speed *UBVRI* photometry. The dependence between the change of the brightness of DQ Her in *UBVRI* and the one of its energy distribution are determined. The light variability of the system is caused by the change of the luminosity of the accretion disc with the white dwarf in the centre. The oscillation of the light on time-scale of about several days or several dozens of days would be conditioned by the change of the velocity of the accretion from the disc on the white dwarf caused

by the intrinsic disc instability or by the irregular receiving of the matter from the stream from the red dwarf. The cyclic oscillation of the light of DQ Her with the amplitude of about several tenths of the magnitude and with the quasi period of about 5 years as well as the cyclic variations of the parameter "O-C" with the same quasiperiod and with the amplitude of about 2-4 minutes could be the reaction of the accretion disc in answer to the activity of the secondary star.

ЛИТЕРАТУРА

1. *M.Walker*, *Astrophys. J.*, **123**, 68, 1956.
2. *J.Patterson, E.L.Robinson, R.E.Nather*, *Astrophys. J.*, **224**, 570, 1978.
3. *M.Walker*, *Astrophys. J.*, **127**, 319, 1958.
4. *J.B.Hutchings, A.P.Cowley, P.Crampton*, *Astrophys. J.*, **232**, 500, 1979.
5. *Е.С.Дмитриенко*, Исследование затменно-двойных взрывных звезд DQ Геркулеса и Z Хамслеона. Дис. канд. физ.-мат. наук. Тарту, 1987, 172 с.
6. *Е.С.Дмитриенко, Ю.С.Ефимов, Н.М.Шаховской*, *Астрофизика*, **22**, Вып. 1, 31, 1985.
7. *M.R.Nelson, E.C.Olson*, *Astrophys. J.*, **207**, 195, 1976.
8. *D.R.Schneider, J.L.Greenstein*, *Astrophys. J.*, **233**, P. 935, 1979.
9. *T.Korhonen, V.Pirola, A.Reiz*, *ESO Messenger*, No 38, 20, 1984.
10. *Е.С.Дмитриенко*, *Известия Крымск. астрофиз. общ.*, **83**, 131, 1991.
11. *Е.С.Дмитриенко*, *Известия Крымск. астрофиз. общ.*, **86**, 131, 1992.
12. *Е.С.Дмитриенко*, *Письма в АЖ*, **20**, No 2, 128, 1994.
13. *J.Patterson, H.Richman*, *Publ. Astron. Soc. Pacific*, **103**, 735, 1991.
14. *D.R.Skillman, J.Patterson*, *Astrophys. J.*, **417**, 298, 1993.
15. *J.Papaloizou, G.T.Bath*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **172**, 339, 1975.
16. *M.Hiroze, Y.Osaki*, *Publ. Astron. Soc. Japan*, **42**, 135, 1990.
17. *J.R.Murray*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, 1995, in press.
18. *C. la Dous*, in *Proc. Technion Haifa Conf. on Cataclysmic Variables and Related Physics*. ed. O. Regev and G. Shaviv (Jerusalem: Israel Phys. Soc.), 1993, P. 39.
19. *T.Naylor, P.A.Charles, B.J.M.Hassal, G.T.Bath, G.Berriman, B.Warner, J.Bailey, K.Reinch*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **229**, 183, 1987.
20. *J.W.Robertson, R.K.Honeycutt, G.W.Turner*, *Publ. Astron. Soc. Pacific*, **107**, 443, 1995.

21. *Е.С.Дмитриенко*, Письма в АЖ, 21., No 3, 194, 1995.
22. *Е.С.Дмитриенко*, Известия Крымск. астрофиз. обсерв., 84., 57, 1992.
23. *F.Sabbadin, A.Bianchini*, Astronom. Astrophys. Suppl. Ser., 54., No 3, 393, 1983.
24. *R.K.Honeycutt, J.W.Robertson, G.W.Turner*, Astrophys. J., 446, 838, 1995.
25. *С.Ю.Шугаров*, Переменные Звезды, 21, No 6, 807, 1983.