

УДК: 524.337:520.82

МНОГОЦВЕТНЫЕ ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НОВОЙ V1494 Aql В 2002г.

Е.П.ПАВЛЕНКО¹, О.И.ДУДКА¹, А.В.БАКЛАНОВ²

Поступила 13 января 2003

Принята к печати 15 февраля 2003

Представлен результат ПЗС-наблюдений Новой V1494 Aql в полосах R , I в июле-ноябре 2002г. и анализ кривых блеска в полосах V , R , I . Орбитальная кривая блеска Новой имеет затменнообразную форму с двумя неравными горбами до и после затмения. Вход в затмение длится вдвое дольше, чем выход из него. Общая продолжительность затмения - около $0.45 P$. Глубина затмения растет с длиной волны и в среднем составляет $0^m.3$ (V), $0^m.5$ (R), $0^m.7$ (I). Вторичный мелкий минимум имеет в среднем глубину $0^m.1$ в R и I и около $0^m.03$ в V . Горб на фазе 0.65 выше, чем горб на фазе 0.17. Предположено, что наиболее вероятной причиной наблюдательных изменений блеска с фазой орбитального периода может быть самозатмение аккреционной колонны в магнитной взрывной переменной вместе с частным затмением аккреционной области вторичным компонентом.

1. *Введение.* Новая Орла 1999/2 = V1494 Aql относится к классу быстрых новых. В максимуме она была 4-й зв. величины в полосе V , через два года после появления, т.е., в настоящий момент, она еще не достигла своего довыспешечного уровня блеска, оставаясь ярче него примерно на 1^m : согласно наблюдениям Барсуковой и Горанского [1], в полосе V она колеблется между $15^m.3$ и $15^m.6$. Ее средние показатели цвета составляют: $B - V = 0^m.9$; $V - R = 0^m.3$; $R - I = 0^m.7$ [1]. Новая оказалась источником сверхмягкого рентгена (SSS), ее рентгеновский спектр напоминал спектр известного источника SSS Cal 83, эффективная температура белого карлика превосходила 10^5 K, у самого него были обнаружены пульсации в g^+ -моду и периодические изменения, совпадающие с орбитальным периодом [2]. Через несколько месяцев после вспышки Реттер обнаружил у нее затмения с периодом 0.1346 суток [3], а Барсукова с Горанским по наблюдениям в полосе V уточнили этот период до 0.1346141 суток. Подробный обзор наблюдательных характеристик этой Новой приведен в работе [1].

2. *Наблюдения.* Фотометрические наблюдения Новой V1494 Aql проводились в июле-октябре 2002г. на 38-см телескопе Крымской астрофизической обсерватории и на телескопе Цейсс-600 Крымской лаборатории ГАИШ в фотометрической системе Джонсона R (см. табл.1) с помощью ПЗС-матрицы SBIG ST-7. В ноябре наблюдения Новой были выполнены в полосе Джонсона I на этих же телескопах. В качестве

звезды сравнения использовалась звезда GSC 473.4227 ($V=13^m.86$, $B-V=1^m.22$, $V-R=0^m.92$) [1]. На рис.1 приведена карта окрестности Новой

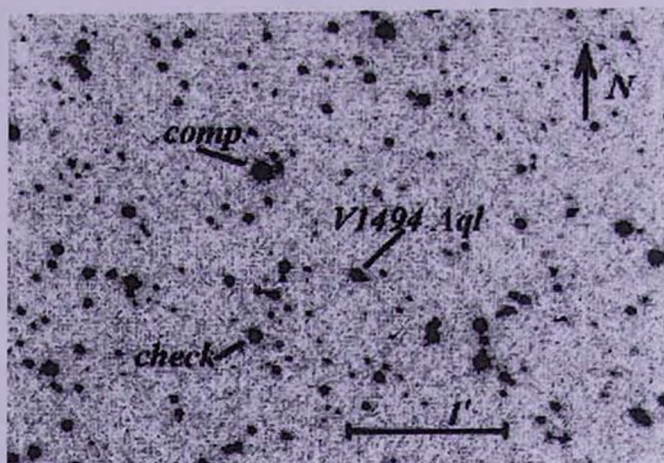


Рис.1. Поисковая карта для V1494 Aql. Указана Новая, звезда сравнения (comp) и контрольная звезда (check).

с указанием звезды сравнения и контрольной звезды. Измерения полученных изображений проводились методом апертурной фотометрии

Таблица 1

СВОДКА ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ V1494 Aql

Дата 2002	Юлианская дата, 2452.....+	Экспозиция, с	Фильтр	Телескоп
26 июль	482.4475-482.5174	150	R	К-380
27	483.4874-483.5491	120		
28	484.4516-484.5367	120		
29	485.4321-485.5190	90		
30	486.4363-486.5459	120		
01 август	488.3240-488.3830	60		Цейсс-600
02	489.3968-489.4121	60		
03	490.3848-490.4880	60		
05	492.3833-492.3893	90		
15	502.4474-502.4663	180		К-380
17 октябрь	565.2865-565.3392	120	I	Цейсс-600
21	569.2735-569.3193	120		
23	571.1574-571.2077	90		
24	572.2805-572.3267	120		
27	575.1722-575.2087	120		
30	578.2615-578.3034	120		
02 ноябрь	581.1970-581.2849	300		К-380
08	587.1650-587.2709	300		
13	595.1446-595.2109	120		
14	596.1307-596.2625	120		Цейсс-600

с помощью программы, любезно предоставленной В.П.Горанским. Новая измерялась вместе с красной звездой, расположенной от нее в пределах минуты (см. [1]). Точность измерений определялась по разности контрольной и звезды сравнения. Характерная точность одного измерения составила $0^m.02 - 0^m.04$ в полосе R и $0^m.02 - 0^m.05$ в полосе I .

3. *Индивидуальные и средние кривые блеска.* Наблюдения показали, что форма кривой блеска V1494 Aql слегка изменяется от цикла к циклу. В среднем - это затменная кривая, причем амплитуда затмения растет с длиной волны [4]. Средние кривые в полосах VRI приведены на рис.2. Они получены усреднением всех данных в каждом из 20 интервалов фаз орбитального периода. При вычислении фаз использовалась эфемерида,

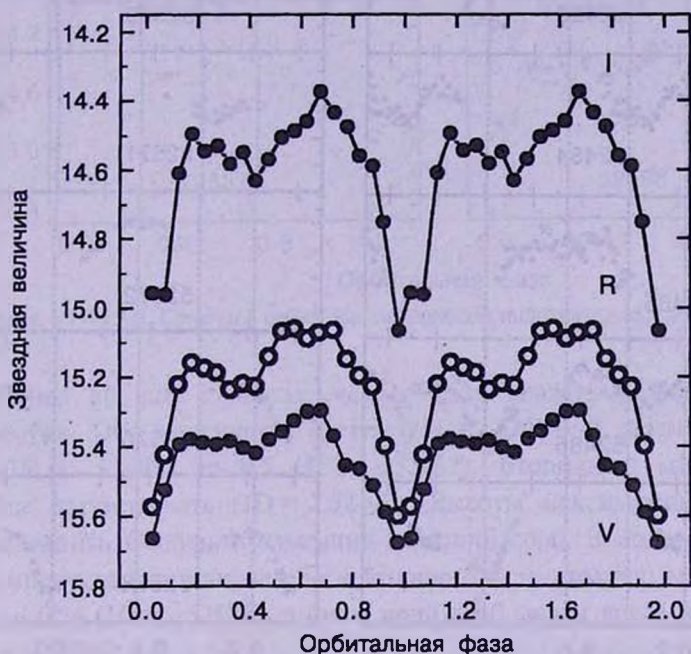


Рис.2. Средние профили орбитальных кривых блеска, полученные путем свертки данных с орбитальным периодом в полосах VRI и усреднением их внутри каждого интервала фаз при разбиении периода на 20 интервалов. Для ясности кривые повторены дважды. Ошибка среднего не превышает размера кружка.

полученная Барсуковой и Горанским [1]. Кривая в полосе V построена по данным вышеуказанных авторов. Разброс данных в каждом интервале, вызванный реальными изменениями формы кривой от ночи к ночи, оценивался как среднеквадратичная ошибка средней величины блеска в данном интервале фаз. Она соизмерима с размером кружка. Кривая имеет два горба и два минимума. Большой горб в среднем расположен на фазе 0.65 во всех цветовых полосах. Меньший горб - на фазе ~ 0.17 , причем в полосе V он практически отсутствует. Первичный затменнообразный

минимум приходится на фазу 0. Он асимметричен во всех полосах: вход в затмение длится вдвое дольше ($\sim 0.3 P$), чем выход из него ($\sim 0.15 P$). Профиль затмения поэтому можно охарактеризовать как "двухступенчатый": медленное ослабление блеска до фазы $\sim 0.75-0.85$ (а в полосе V в этом интервале наблюдается даже остановка блеска), а затем - резкий вход в

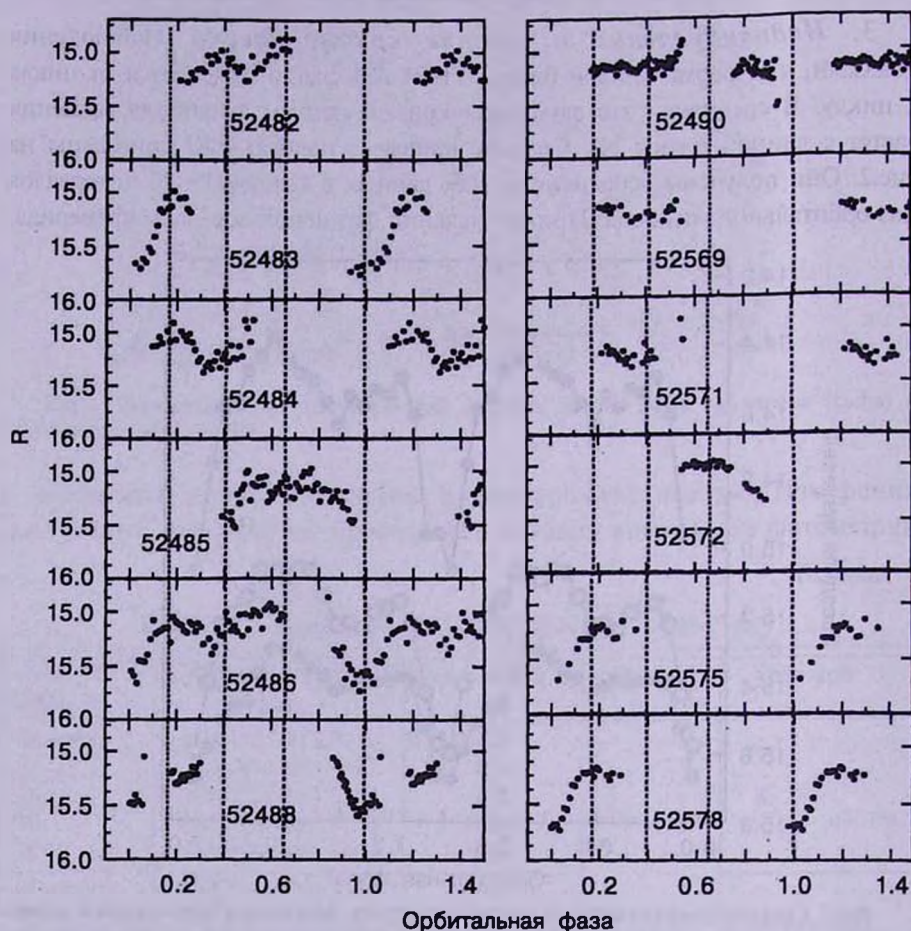


Рис.3. V1494 Aql. Свертки с орбитальным периодом индивидуальных данных, полученных в полосе R .

затмение, небольшое увеличение блеска между фазами 0.97-1.05 и такой же резкий выход из него. Профиль "резкой" части затмения более-менее симметричен во всех полосах. Амплитуда затмения составляет в полосе V $0^m.3$, в R $0^m.5$ и в I $0^m.7$. Вторичный мелкий минимум приходится примерно на фазу 0.4. Его глубина максимальна в полосах R и I ($0^m.1$), а в полосе V составляет всего $0^m.03$.

Чтобы рассмотреть изменения формы кривых от ночи к ночи, мы привели свертки данных с орбитальным периодом отдельно для нескольких дат в полосах R и I (рис.3 и 4, соответственно). Линиями отмечены

положения первичного и вторичного минимумов и максимумов. Недостаточное покрытие всех фаз орбитального периода данными не дает возможности детально проследить за изменениями кривых блеска от ночи к ночи. Однако имеющийся материал, тем не менее, позволяет сделать некоторые заключения. Так, например, фаза первичного минимума

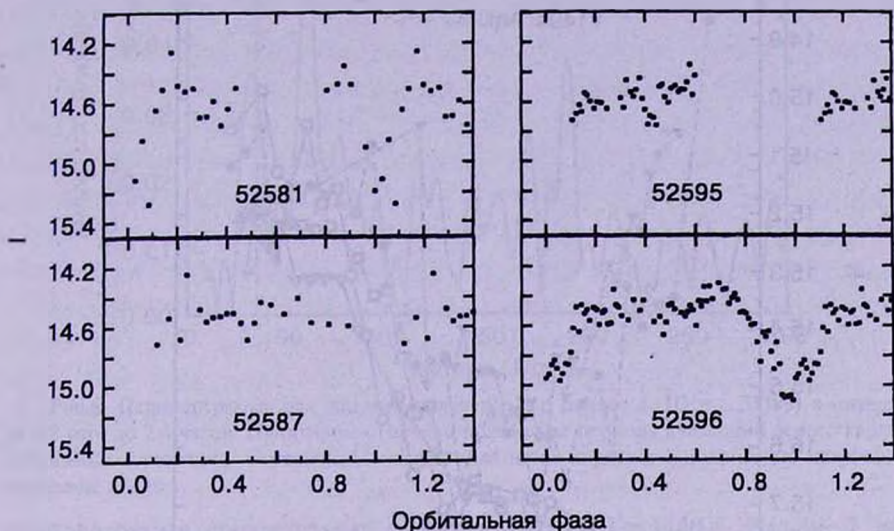


Рис.4. V1494 Aql. Свертки с орбитальным периодом индивидуальных данных, полученных в полосе *I*.

устойчива во всех полосах, чего нельзя сказать о фазе вторичного минимума. Она изменяется от 0.3 ($JD = \dots 52484$) и, возможно, даже от 0.2 ($JD = \dots 52488$) до 0.5 ($JD = \dots 52482$). Вторичный минимум может вообще отсутствовать ($JD = \dots 52490$). Высоты максимумов-горбов также непостоянны. Особенно изменчив меньший горб. В полосе *I*, например, его амплитуда (по отношению к вторичному минимуму) может достигать иногда $0^m.4$ ($JD = \dots 52581$), в иные ночи горб может вовсе не наблюдаться ($JD = \dots 52596$).

Обратим также внимание на то, что в некоторые даты на восходящей ветви первичного минимума в полосе *I* ($JD = \dots 52581$ и $JD = \dots 52596$) на фазах 0.07-0.09 наблюдалось кратковременное ослабление блеска ("дип").

Подробный профиль глубокого затмения в полосе *R* показан отдельно на рис.5 на примере данных пяти ночей.

Видно, что глубина затмения изменяется от ночи к ночи в пределах $0^m.15$. Причем, чем минимум глубже (открытые значки), тем он шире. Вначале блеск падает до фазы 0.97, затем слегка растет между фазами 0.97-1.05, т.е., в течение 11-15 мин. Уверенно говорить об остановке блеска в этом интервале нельзя. После фазы 1.05 начинается выход из затмения, в среднем длящийся около 10 мин.

4. *Показатели цвета.* V1494 Aql - голубой объект. В соответствии со средними кривыми блеска в полосах *VRI*, в минимуме его средние показатели цвета составляют $(V-R)_{\min} \sim 0^m.1$; $(V-I)_{\min} \sim 0^m.6$; в максимуме - $(V-R)_{\max} \sim 0^m.2$; $(V-I)_{\max} \sim 1^m.0$. Напомним, что это - показатели цвета,

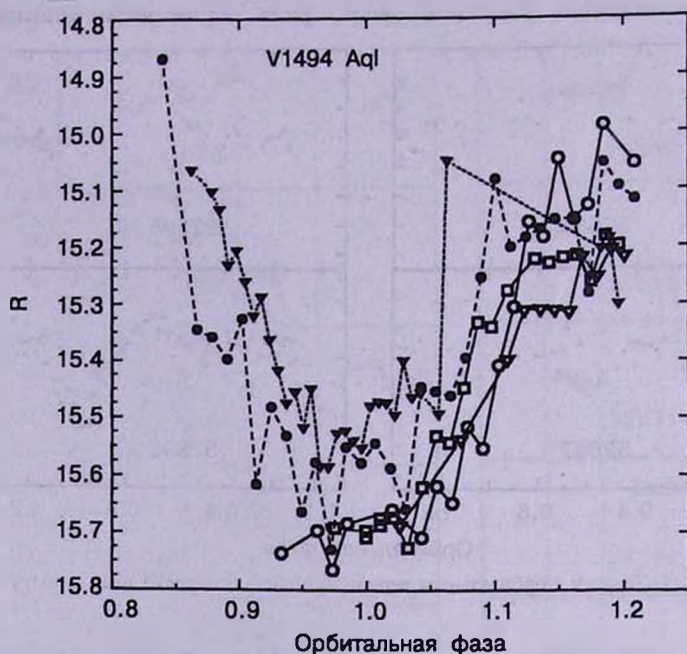


Рис.5. Профиль первичного затмения в полосе *R* для нескольких дат: JD = ...52483 (открытые кружки), JD = ...52486 (заполненные кружки), JD = ...52488 (заполненные треугольники), JD = ...52575 (открытые треугольники) JD = ...52578 (квадраты).

которые определены по средним кривым блеска, полученным не одновременно, а последовательно в июле-ноябре. Показатели цвета при одновременных наблюдениях могут несколько отличаться от средних. Так, например, наши средние показатели цвета *V-R* на $0^m.15$, а *R-I* на $0^m.05$ более голубые, чем полученные по одновременным наблюдениям Барсуковой и Горанского [1].

Учет межзвездного поглощения и вклада красной звезды, расположенной в $1''$ от V1494 Aql, приведет к еще большему поголубению Новой. Полученные показатели цвета указывают на наличие высокотемпературного излучения в системе.

5. *Короткопериодические изменения блеска.* В некоторые ночи у V1494 Aql были замечны короткопериодические (десятки минут) колебания блеска с относительно небольшой - до $0^m.1$ - амплитудой. Анализ таких колебаний мы провели по самому длинному ряду наблюдений, полученному в полосе *I* в ночь JD...52596. Из данных была вычтена

орбитальная кривая и для остатков вычислена периодограмма методом Фурье в интервале поиска периодов от 4.8 минут до 1.5 часов. Результат приведен на рис.6. Наиболее значимый (на уровне около 5σ) пик на

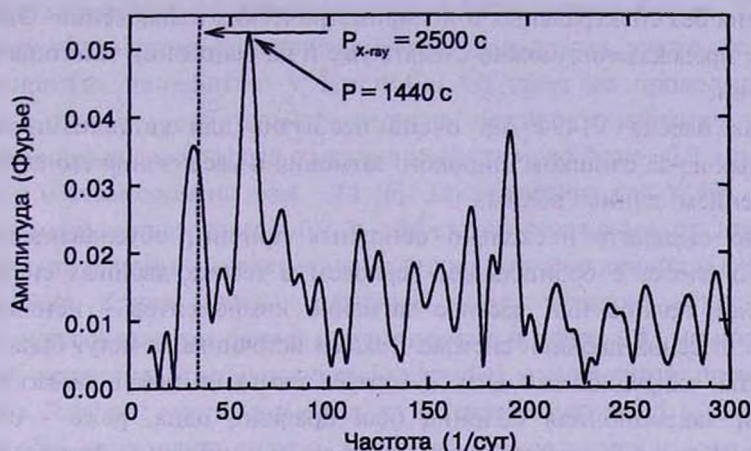


Рис.6. Периодограмма для данных, полученных в полосе I ($JD = \dots 52596$) в интервале от 4.8 мин до 2.4 часов. Пунктиром отмечено положение периода пульсаций белого карлика, найденных в рентгене. Стрелочкой - найденные нами короткопериодические колебания с периодом 1440 с.

периодограмме соответствует периоду $0^d.0163(2) = 1440$ с. На рис.7 дана свертка данных с этим периодом и средние величины блеска в каждом из 10 интервалов фаз. Амплитуда изменений блеска составляет $0^m.1$. Отметим, что эти колебания близки к половинной величине периодических колебаний, которые наблюдались Дрэйком и др [2] на рентгеновском телескопе Чандра (~ 2500 с), и, возможно, связаны с ними.

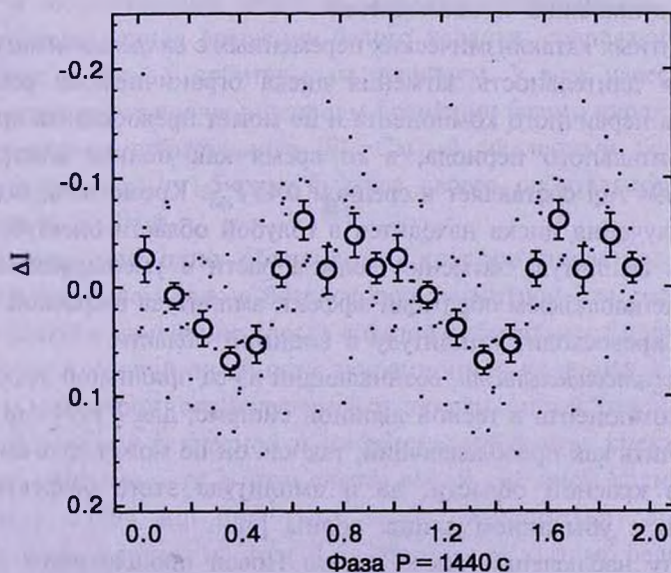


Рис.7. Свертка данных в полосе I с периодом 1440 с. Орбитальная кривая вычтена.

6. *Причины орбитальной модуляции блеска у взрывных переменных и V1494 Aql.* Природа фотометрических изменений блеска Новой с фазой орбитального периода не может быть однозначно установлена без спектральных и поляриметрических наблюдений. Однако кое-какие предсказания можно сделать уже и на основании многоцветной фотометрии.

Кривая блеска V1494 Aql очень необычна для катаклизмических переменных из-за слишком широкого затмения и увеличения его глубины с увеличением длины волны.

Можно выделить несколько основных причин, обуславливающих модуляцию блеска с орбитальным периодом в тесных двойных системах: 1) взаимное полное или частное затмение компонентов - источников излучения в тесной двойной системе. Такими источниками могут быть сами компоненты, аккреционный диск и горячее пятно на нем в немагнитной системе и аккреционная колонна (как правило, одна, реже - обе) в магнитной. Кривая блеска при этом имеет два минимума: на фазах 0 и 0.5, если под фазой "0" будем понимать нижнее соединение вторичного компонента (т.е., вторичный компонент находится на линии зрения между наблюдателем и первичным компонентом), горб на фазах 0.5-0.75, если есть горячее пятно; 2) эллипсоидальность формы вторичного компонента, которая дает двугорбую волну за период с максимумами на фазах 0.25 и 0.75 и минимумами на фазах 0 и 0.5; 3) эффект отражения от вторичного компонента, имеющего одну синусоидальную волну за период с максимумом на фазе 0.5 и минимумом - на фазе 0; 4) излучение от аккреционной колонны/колонн, дающее более сложный профиль орбитальной кривой блеска в зависимости от ориентации колонны по отношению к наблюдателю.

У немагнитных катаклизмических переменных с аккреционными дисками максимальная длительность затмения диска ограничивается размерами полости Роша первичного компонента и не может превосходить примерно четверть орбитального периода, в то время как полная длительность затмения V1494 Aql составляет в среднем $0.45 P_{\text{орб}}$. Кроме того, поскольку максимум излучения диска находится в голубой области спектра, то при его затмении амплитуда затмения должна расти с уменьшением длины волны. Мы же наблюдаем обратный эффект: амплитуда в красной области почти вдвое превосходит амплитуду в видимой области.

Эффект эллипсоидальности, возникающий из-за приливной деформации вторичного компонента в тесной двойной системе, для V1494 Aql следует также исключить как преобладающий, так как он не может дать амплитуду более $0^m.5$ в красной области, да и амплитуда этого эффекта также должна расти с убыванием длины волны [5].

К моменту наблюдений после взрыва Новой прошло всего 2.5 года,

белый карлик достаточно горяч (его температура превышает 10^5 K [2]), чтобы эффективно прогревать рентгеновским излучением обращенную к нему сторону соседнего компонента. В такой системе можно ожидать *эффект отражения*. И действительно, средняя кривая блеска V1494 Aql поразительно напоминает кривые блеска двух других, также сверхмягких рентгеновских источников: V Sge и Cal 87: такое же продолжительное, почти с половину орбитального периода, первичное затмение, такой же асимметричный его профиль с медленным входом до фазы -0.9 , минимумом на фазе 0 и выходом на фазе -0.1 [6]. Такая картина для V1494 Aql (будь у нее диск) согласовалась бы с эффектом отражения от вторичного компонента и взаимными затмениями вторичного компонента и аккреционного диска. Кривая блеска, вызванная этим эффектом, в чистом виде имеет синусоидальную форму с максимумом на фазе 0.5, минимумом на фазе 0; истинные затмения диска вторичным компонентом происходят в течение "острой" части затмения в интервале фаз 0.9-1.1, а затмения вторичного компонента диском, порождая мелкое затмение - на фазе 0.5. Для SSS Cal 87 Ван ден Хевел и др. [7] нашли объяснение асимметричному первичному минимуму в привлечении сильного оптически толстого звездного ветра, истекающего из соседки из-за рентгеновского прогрева. Такой звездный ветер имеет несимметричную форму из-за кориолисовых сил.

Что касается амплитуд модуляции блеска эффектом отражения, то они практически одинаковы в полосах видимой области (V Sge [6]) или увеличиваются с уменьшением длины волны (HZ Her [8]). Поэтому в чистом виде данная модель к V1494 Aql неприменима.

V1494 Aql не может быть *промежуточным поляром*, сочетающим в себе и диск, и аккреционные колонны, так как рентгеновские наблюдения V1494 Aql дали период вращения белого карлика, совпадающий в пятом знаке после запятой с орбитальным периодом. У всех известных до сих пор промежуточных полярных периоды вращения белого карлика более чем в 10 раз короче орбитального [9]. Самый медленный белый карлик, который вращается в 1.5 раза быстрее своего орбитального движения, обнаружен у EX Hya.

Возможно еще одно объяснение, которое представляется более реальным: мы имеем дело с бездисквой магнитной системой (*поляр*), где наблюдаемое изменение блеска с фазой орбитального периода связано с изменением условий видимости аккреционной колонны. Как известно, максимум циклотронного излучения от аккреционной колонны в оптике может наблюдаться в красной и инфракрасной частях спектра, поэтому амплитуда переменности в этом случае растет с длиной волны. Глубокий минимум у V1494 Aql при этом может объясняться самозатмением аккреционной колонны на фазе 0 или уходом ее за лимб белого карлика.

Для примера на рис.8 мы приводим кривую блеска поляра MR Ser, взятую из статьи Бакланова и Павленко [10], которая также напоминает кривую V1494 Aql. Глубокий минимум у MR Ser Халевин [11] объясняет самозатмением аккреционной колонны. В отличие от MR Ser, в данной системе, возможно, наблюдается еще и частное затмение аккреционной области вторичным компонентом на фазе 0 и поглощение в части аккреционной струи, которая, следуя за магнитными линиями белого карлика, покидает орбитальную плоскость на фазах 0.75-0.85. Это образует более медленный вход в затмение. Полные затмения дали бы остановки блеска на этих фазах и наличие рентгеновских затмений - как, например, у затменного поляра HU Aqr [12]. Нестабильность орбитальной кривой блеска V1494 Aql на фазах локализации меньшего горба и вторичного минимума (т.е., смещение фаз и изменения амплитуд) также проще связать с аккреционной колонной, чем с затмением вторичного компонента аккреционным диском.

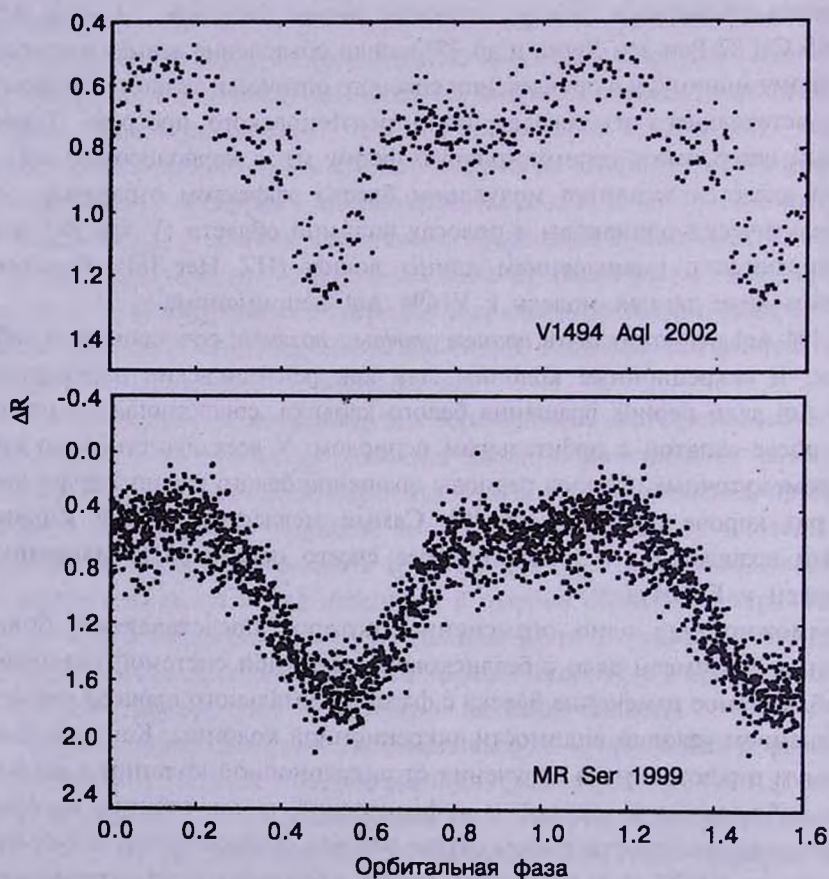


Рис.8. Свертки данных V1494 Aql и для сравнения - поляра MR Ser в полосе R с их орбитальными периодами. Фаза минимума V1494 Aql смещена на полпериода относительно своего эфемеридного значения.

Если данное объяснение окажется правильным, это будет означать, что обнаружена еще одна (кроме V1500 Cyg) новая - поляр. Отметим, что Уорнер [13] также отнес V1494 Aql к "группе риска" оказаться магнитной новой, исходя из того, что она попадает в совпадающий максимум распределения и новых, и полярнов по орбитальным периодам.

В полярнах, в принципе, могут действовать одновременно оба эффекта - излучение от аккреционной колонны и эффект отражения. Опыт показывает, что, как правило, какой-нибудь один из них является преобладающим. У большинства известных полярнов основной вклад в видимое излучение вносит аккреционная колонна. Горячий белый карлик в системе Новой Лебеда 1975 = V1500 Cyg является же причиной преобладающего эффекта отражения в настоящее время [14,15], но когда белый карлик остынет до "довспышечной температуры", в этой системе основное излучение будет исходить от аккреционной колонны.

Таким образом, рассмотренные особенности V1494 Aql лучше всего можно было бы проинтерпретировать излучением от аккреционной колонны вблизи поверхности белого карлика, вместе с частным затмением аккреционной области вторичным компонентом системы и поглощением в газовой струе, покидающей вторичный компонент.

Авторы благодарят В.П.Горанского за предоставление данных в полосе *V*.

¹ Крымская астрофизическая обсерватория,
Украина, e-mail: pavlenko@crao.crimea.ua

² Одесский национальный университет им. И.И.Мечникова, Украина

MULTICOLOR PHOTOMETRIC INVESTIGATION OF V1494 Aql IN 2002

E.P.PAVLENKO¹, O.I.DUDKA¹, A.V.BAKLANOV²

We present CCD observations of the Nova V1494 Aql in *R* and *I* spectral bands which have been carried out in July-November 2002 and analysis of *VRI* lightcurves. The orbital lightcurves have eclipse-like shape with two unequal humps before and after eclipse. An ingress is twice the egress. The total eclipse duration is close to $0.45 P_{orb}$. The depth of eclipse grows with wavelength and is equal to $0^m.3$ in *V*, $0^m.5$ in *R* and $0^m.7$ in *I*. The depth of the secondary shallow minimum in *R* and *I* is equal to $0^m.1$ and $0^m.03$ in *V*. The hump at phase 0.65 is higher than those at phase 0.17. We suppose

that the orbital light variations are caused by self-eclipse in accretion column close to the magnetic white dwarf and by partial eclipse of accretion region by the secondary component.

Key words: (stars):novae - stars:individual:V1494 Aql

ЛИТЕРАТУРА

1. *Е.Барсукова, В.П.Горанский*, Письма в Астрон. ж., **29**, 3, 2002.
2. *J.J.Drake, R.M.Wagner, S.Starrfield et al.*, Astro-ph/0210072, 2002.
3. *A.Retter, L.Cook, R.Novak et al.*, IAU Circ. N7537, 2000.
4. *E.P.Pavlenko, O.I.Dudka, A.V.Baklanov*, in Proc. of the Workshop of Magnetic Variables, Cape Town, 2003 (in press),
5. *А.М.Черепашук*, УФН, **166**, 809, 1996.
6. *J.Patterson, J.Kemp, A.Sharnbrook et al.*, Publ. Astron. Soc. Pacif., **110**, 380, 1998.
7. *E.P.J. van den Heuvel, D.Bhattacharya, K.Nomoto, S.A.Rappaport*, Astron. Astrophys., **262**, 97, 1992.
8. *А.М.Черепашук et al.*, IBVS, **720**, 1972.
9. *C.Hellier*, in Proc. Cataclysmic Variables and Related Objects, eds. A.Evans, J.H.Wood, ASC Library, **208**, Kluwer Academic Publ., 143, 1996.
10. *A.V.Baklanov, E.P.Pavlenko*, Odessa Astron. Publ., **14**, 23, 2001.
11. *А.В.Халевин*, Свойства аккреционного потока в магнитных тесных двойных системах, Канд. диссертация, Одесса, 2000.
12. *A.D.Schwope, R.Schwarz*, in Proc. Cape Workshop on Magnetic Cataclysmic Variables, eds. D.A.H.Buckley, B.Warner, ASP Conference Series, **85**, 166, 1995.
13. *B.Warner*, in Proc. Classical Nova Explosions, AIP Conf. Proc. Subseries, eds. M.Hernanz, J.Jose, Melville, New York, **637**, 3, 2002.
14. *M.W.Somers, T.Naylor*, Astron. Astrophys., **352**, 563, 1999.
15. *E.P.Pavlenko, S.Yu.Shugarov, N.V.Primak, V.P.Goranskij*, in Proc. Classical Nova Explosions, AIP Conf. Proc. Subseries, eds. M.Hernanz, J.Jose, Melville, New York, **637**, 519, 2002.