

THE SPECTRAL AND PHOTOMETRICAL STUDY OF THE  
NOVA V1494 AQL = 1999 N2 in 2003 – 2006 yrs  
СПЕКТРАЛЬНОЕ И ФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ  
ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОЙ V1494 AQL = 1999 N2  
в 2003 – 2006 гг

S.S. Tkachenko<sup>1</sup>, E.P. Pavlenko<sup>1,2</sup>, V.P. Goranskij<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Tavrida National University, Simferopol', Ukraine *wishmaster84@list.ru*

<sup>2</sup> Crimean astrophysical observatory, Nauchny, Ukraine *guslik2000@mail.ru*

<sup>3</sup> Sternberg astronomical institute, Moscow, Russia

**АННОТАЦИЯ.** Новая V1494 Aquilae 1999 №2 - одна из ярких новых ушедшего столетия, в максимуме она была звездой 6-й звездной величины. Мы исследовали эту Новую спектроскопически и фотометрически в Крымской астрофизической обсерватории с 2003 по 2007 годы. Спектры были получены 2.07.03 и 7.09.05 на 2.6-м телескопе ЗТШ, а длинные ряды фотометрических измерений были выполнены в полосах BVR на 38-см телескопе К-380 и 2.6-м телескопе ЗТШ Крымской астрофизической обсерватории. Спектроскопические наблюдения 2005 г показали наличие эмиссионных линий Бальмеровской серии, Fe II, N IV, O I, [OI], O II, O V, N II, характерные для оболочек новых. Некоторые профили эмиссионных линий имеют сложную структуру. Профиль  $H_\alpha$  по данным 2005 г имеет шесть компонент, которые соответствуют лучевым скоростям от 200 до 1100 км/сек. Спектр Новой отражает крайне неоднородную структуру оболочки, которая в общих чертах являет собой структуру типа "экваториальный тор - полярные кольца/шапки".

**Key words:** Stars: binary: cataclysmic;

## 1. Введение

Новая V1494 Aql (Nova Aquilae 1999 №2) была открыта A.Pereira в декабре 1999 года (1.785 UT). Звездная величина на момент открытия была  $m_v \sim 6.0^m$  (Pereira et al. 1999). Ранние спектры, полученные Fujii (1999) и Ayani (1999), показывали профиль P Cygni в линиях Бальмеровской серии водорода, голубое смещение составляло 1020 и 1200 км/сек соответственно. V1494 Aql была

классифицирована как быстрая новая. Первые короткопериодические модуляции были замечены Retter et al. (2000), он нашел изменения блеска в  $0.03^m$  с периодом 0.0627 дней. Retter, проанализировав свои данные, полученные в период с июня по август (всего 31 ночь), уточнил орбитальный период, оказавшийся равным 0.13467(2) дня. Короткопериодические колебания, в свою очередь, увеличились от  $0.03^m$  в июне до  $0.07^m$  в августе (исследования проводились в полосе R). Barsukova & Goranskii (2003), базируясь на наблюдениях, полученных в полосе V в период с июня по сентябрь 2002, получили орбитальный период, равный 0.1346141(5) дней. Они отметили, что световая кривая ведет себя не совсем обычно и имеет поведение, не свойственное обычным катаклизмическим переменным с горячим пятном на аккреционном диске. Pavlenko, Dudka, & Baklanov (2003) провели наблюдения в нескольких фильтрах и выяснили, что блеск в затмении падает глубже в длинноволновых полосах (в полосе I глубже, чем в полосе V) Pavlenko et al. (2003). Также был проведен спектральный мониторинг (Iijima & Esenoglu, 2003) в период декабрь 1999 - сентябрь 2000. Первые спектры показывали яркие эмиссионные линии H I и Fe II, в то время как He I была видна как линия поглощения. Лучевые скорости, вычисленные по линиям поглощения (He I, N II), быстро возрастали, в то время как по линии Fe II они оставались постоянными. Следующие спектры были получены в фазе перехода. Они содержали большое количество линий H I, He I, He II, N II, N III, Si II, [N II], [O I], [O III], [Fe II], [Fe VI], [Ca V] и т.д., в то время как линия Fe II исчезла совсем. Звезда в это время уже показывала квазипериоди-

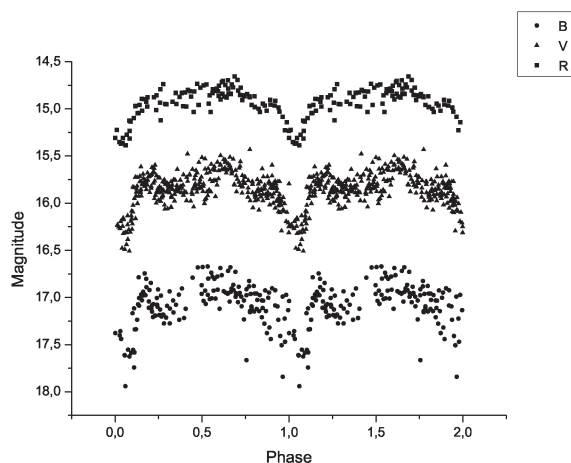


Рис. 1: Зависимость индивидуальных оценок блеска BVR от фазы орбитального периода для 2004 г.

ческие колебания яркости. Эмиссионные линии He II и [Ca V] исчезали в максимуме блеска, в то время как линии N II и N III усиливались. В это же время крылья эмиссионной линии H I (-2900 км/с и +2830 км/с) указывали на присутствие высокоскоростных джетов. Таким образом существовали большие потери массы системы.

## 2. Фотометрия

Фотометрические наблюдения проводились в Крымской астрофизической обсерватории в основном на телескопе К-380. Наблюдения выполнялись в инструментальных фотометрических полосах B,V,R системы Джонсона - Моргана. Использовалась ПЗС матрица SBIG ST7. В разные годы наблюдения в течение нескольких ночей были получены на ЗТШ с помощью ПЗС матрицы FLI 1001E в полосах VR системы Джонсона - Моргана.

В то время как спектры дают информацию об оболочке, фотометрия позволяет исследовать двойную систему, находящуюся внутри нее. Из одновременных наблюдений в нескольких спектральных полосах нами были получены затменные кривые блеска, причем, амплитуда затмения растет с уменьшением длины волны. Внезатменный блеск имеет несколько горбов, очертания которых изменяются от ночи к ночи. Фотометрическое поведение Новой подтверждает недавнее предположение (Nachisu et al., 2004) о спиральной структуре аккреционного диска вокруг белого карлика этой двойной системы.

По данным, полученным в 2004 году, был проанализирован и уточнен орбитальный период с точностью до 7 знака. Он равен  $P=0,1346408(6)$  сут. и совпадает с полученным в работе Barsukova & Goranskii

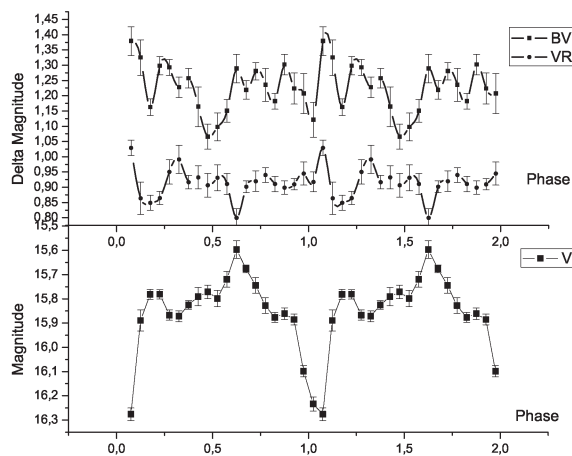


Рис. 2: Зависимости усредненных оценок показателей цвета B-V, V-R и блеска в фильтре V от орбитального периода для 2004 г.

(2003) ( $P=0.1346141(5)$ ) до 4 знака.

На Рис. 1. приведена свертка данных по всем ночам, в разных фильтрах, с периодом  $P = 0,1346408$  суток. На кривой очевидно наличие двух горбов с разной амплитудой. Первый горб ( $\varphi = 0.18$ ), который идет сразу после минимума ( $\varphi = 0,07$ ) имеет амплитуду  $0^m.47$  (V). Второй горб ( $\varphi = 0,625$ ) с более высокой  $0^m.57$  (V) амплитудой, следует сразу после вторичного минимума ( $\varphi = 0,375$ ). Амплитуда колебаний существенно превосходит ошибки наблюдений, поэтому эти колебания реальны. Ошибка составляет  $0^m.02$ . На графиках также видно, что амплитуда колебаний блеска уменьшается с длиной волны. Далее было проведено усреднение данных блеска V и показателей цвета B-V, V-R с шагом 0.05 по фазе периода, это было сделано потому, что наблюдения в фильтрах не были одновременными. Полученные кривые приведены на Рис. 2.

На графике B-V выделяются три детали. Первая - минимум на фазе  $\varphi = 0.18$ , который соответствует первому горбу на кривой блеска. Вторая - минимум на фазе  $\varphi = 0.48$ , который соответствует медленному росту блеска перед вторым горбом. И, наконец, третья - максимум на фазе  $\varphi = 1.07$ , который соответствует полному затмению белого карлика. Для показателя цвета V-R картина повторяется, но второй минимум сдвинут и имеет фазу  $\varphi = 0.62$ .

## 3. Спектроскопия

Спектральные наблюдения проводились на телескопе ЗТШ в 2005 году. В Таблице 1. приведены отождествленные линии спектра. По составу он мало изменился по сравнению с данными, по-

лученными Kamath et al (2005) в 1999 году

величина если учесть что с момента вспышки прошло почти шесть лет.

Таблица 1: Отождествленные линии.

Линия	$\lambda$
FeI	5623.64
FeII	5797.81
C II	5919.54
FeII	5909.38
FeII	6238.375
OI	6261.55
[OI]	6300.31
NII	6328.6
NII	6347.1
[OI]	6363.82
FeI	6464.67
FeI	6494.52
H $\alpha$	6562.817
[NII]	6583.36
FeI	6824.82
OI	7254.47
FeII	7287.36
OII	7330.7
FeI	7351.56
OI	7771.96
FeI	5623.64
FeII	5797.81

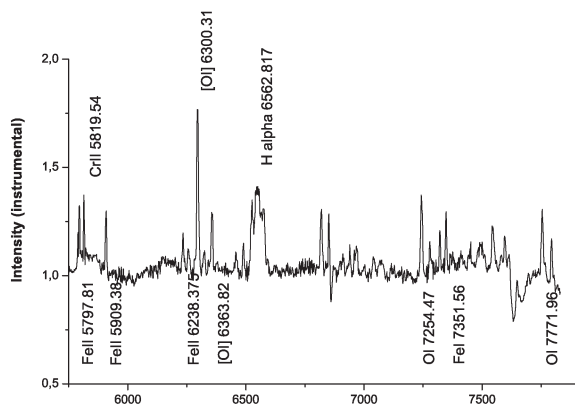


Рис 3: Спектр оболочки

На Рис. 3. приведен спектр оболочки. Следует отметить наличие сложного профиля  $H_{\alpha}$  - он имеет шесть компонент, которые соответствуют лучевым скоростям от 200 до 1100 км/сек. Спектр, полученный нами в 2005 г, также как и спектры, полученные разными авторами ранее, отражают крайне неоднородную структуру оболочки, которая в общих чертах являет собой структуру типа "экваториальный тор - полярные кольца/шапки". Судя по профилю 2005 года, скорость разлета оболочки составляет  $\pm 1200$  км/с, а это довольно большая

#### 4. O-C

Для всех наблюдений нами были вычислены моменты в Табл. 2. Для них были рассчитаны величины O-C с использованием эфемериды

$$C = 52458,323 + 0,1346138E$$

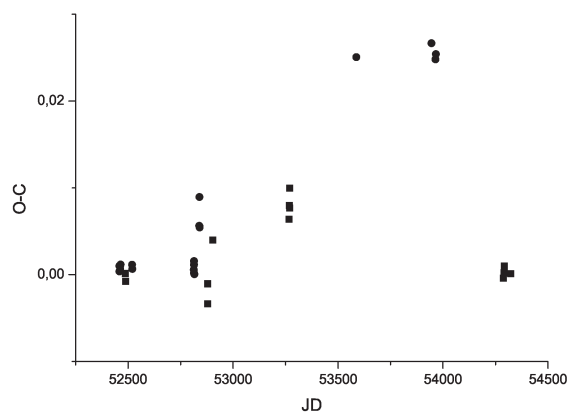


Рис. 4: Зависимость O-C от времени. O-C выражено в сутках, время - в сокращенной Юлианской дате (из Юлианской даты вычтено 24 00000).

Таблица 2: Моменты минимумов(сутки)

Моменты минимумов	Моменты минимумов
52458,3240	52458,4580
52462,4967	52464,5164
52486,4574	52488,3411
52519,3042	52520,2460
52812 7617	52813 4344
52813,7050	52813,8392
52815 8573	52838 4780
52839,4236	52840,3624
52840,4971	52879,3916
52879,3939	52903,3602
53267,3583	53268,3022
53269,3811	53270,3211
53586,4117	53944,4860
53964,4070	53966,4268
54287,3202	54290,4170
54292,3020	54292,4363
54292,4370	54322,4550

Точность определения периода составляет  $\pm 0,0005$  суток. Полученные величины O-C приведены на Рис. 4, где кроме представленных данных

добавлены также данные из литературы (Pavlenko et al., 2003, Tkachenko et al., 2008). Из Рис. 4 видно, что орбитальный период системы показывает изменения на интервале 2000 - 2007 гг. и связано это скорее всего с той же активностью что наблюдается и в спектре оболочки. В полученной зависимости следует отметить две детали. Первая - от момента времени  $\approx 52500$  до  $\approx 54000$  О-С изменяется параболически, указывая на увеличение орбитального периода. Вторая - от момента  $\approx 54000$  до  $\approx 54500$  О-С линейно падают до первоначального значения.

### 5. Аккреционный диск

Вид кривой блеска V 1494 Aql (Рис. 2) отличается от кривых, которые дают затменно-переменные звезды, наличием горбов разной амплитуды. Рассмотрим по порядку наблюдаемые эффекты. В основном минимуме мы имеем затменный блеск V, который в СРЕДНЕМ составляет  $16^m.27$ . Эта величина может меняться от сезона к сезону. Средние показатели цвета при этом равны  $B-V = 1.37^m$ ,  $V-R = 1.03^m$ . Это соответствует преимущественному излучению красного карлика и тех частей аккреционного диска, которые не охвачены затмением. После окончания затмения мы видим, что разность  $B-V$  растет, а  $V-R$  падает, это означает, что в область зрения начинает попадать очень горячая часть тесной двойной системы, а именно аккреционный диск и собственно белый карлик. Присутствие диска дает большой вклад в коротковолновую область спектра. Различие в амплитуде горбов говорит о том, что на диске должно быть яркое образование которое попадает в картинную плоскость после вторичного затмения. Яркое образование, возможно является горячим пятном, образующимся в зоне встречи вещества, истекающего из вторичного компонента, с самим диском.

### 6. Обсуждение

Наше определение скорости разлета оболочки относится к наиболее позднему моменту после взрыва Новой (2005 г). Принимая во внимание более ранние оценки скоростей оболочки, полученные разными авторами, например,  $\pm 1700$  км/сек для 2000 г. (Iijima & Esenoglu, 2003),  $\pm 2000$  км/сек. для 2004 г. (Kamath et al., 2005), мы видим, что на протяжении нескольких лет скорость сброшенной оболочки увеличивалась, а, по крайней мере, на 6-й год после взрыва, она начала уменьшаться, оставаясь достаточно высокой. Это сопровождалось изменениями орбитального периода, что может быть вызвано существенной потерей системой

вещества. Вполне возможно, что характер потери вещества происходил также в виде высокоскоростных джетов, как предполагали Дрейк и др. (2003), Реттер и др. (2006), ведь было показано, что эта Новая, по крайней мере, в первые годы после взрыва, проходила стадию сверхмягкого рентгеновского источника - "SSS".

*Благодарности.* Авторы благодарят Институт Астрономии РАН за предоставленную Терскольской обсерваторией Венско-Одесской ПЗС камеры (University of Vienna, Austria). Эта работа также была выполнена при частичной поддержке грантом ДФФД Ф 25.2/139.

### Литература

- Ayani K.: 1999, in *IAU Circ.* 7324.  
 Retter A.: 2004, *ApJ.*, **125**, 142.  
 Barsukova E.A., Goranskii V.P.: 2003, *Astron. Lett.*, **29**, 195.  
 Drake J., Wagner M., Starrfield S. et al.: *Ap. J.*, **584**, 448.  
 Fujii M.: 1999, in *IAU Circ.* 7324.  
 Hachisu I., Kato M., Kato T.: 2004, *ApJ*, **606** 139.  
 Iijima T. & Esenoglu H.H.: 2003, *A&A*, **404**, 997.  
 Kamath G.C., Anupama G.C., Ashok N.M. et al.: 2005, *ApJ.*, in press astro-ph/0506630 v1.  
 Kiss L.L., Thomson J.R.: 2000, *A&A*, in press astro-ph/0001519v1.  
 Pavlenko E.P., Dudka O.I., Baklanov A.V.: 2003, *Astrophysics*, **46**, 191.  
 Pereira A.: 1999, in *IAU Circ.* 7323.  
 Retter A., Cook L., Novak R. et al.: 2000, in *IAU Circ.* 7537.  
 Retter A.: 2004, *Ap. J.*, **615**, L125.  
 Tkachenko S., Pavlenko E., Goranskij V., Andreev M.: 2008, *Astrofizika*, in press.