

МАССЫ И МЕТАЛЛИЧНОСТЬ ОБОЛОЧЕК НОВЫХ С УГЛЕРОДНО-КИСЛОРОДНЫМ (CO) И КИСЛОРОДНО- НЕОНОВО-МАГНИЕВЫМ БЕЛЫМ КАРЛИКОМ (ONeMg)

Т.Н.ТАРАСОВА

Поступила 4 апреля 2019

Принята к печати 13 сентября 2019

Исследованы наблюдаемые массы (62 звезды) и металличности (38 звезд) сброшенных оболочек у новых с CO и ONeMg белыми карликами. Проведено сравнение наблюдаемых масс и металличностей с теоретической зависимостью массы и металличности оболочки от параметра t_3 , характеризующего скорость падения блеска. Наблюдаемые массы и металличности оболочек новых не показали зависимости от параметра t_3 , подобно той, которая получена из теоретических вычислений. Массы оболочек для определенных масс белого карлика, в своем подавляющем большинстве, на порядок величины и более превышают теоретические, и находятся в пределах от $7 \times 10^{-6} M_{\odot}$ до $6 \times 10^{-4} M_{\odot}$. Металличности новых с CO и ONeMg белыми карликами заметно не различаются и заключены в одних и тех же границах от 0.04 до 0.5.

Ключевые слова: *двойные звезды: новые звезды: массы и металличность оболочек новых*

1. *Введение.* К классическим новым звездам относятся двойные системы, состоящие из белого карлика и звезды Главной последовательности. В результате аккреции от холодного компонента на поверхности белого карлика накапливается вещество, образующее водородную оболочку. Поскольку вещество белого карлика находится в вырожденном состоянии, то повышение температуры по мере накопления вещества в оболочке не вызывает ее расширения. Поэтому температура продолжает повышаться. При достижении некоторой критической температуры у основания оболочки вырождение "снимается", происходит термоядерный взрыв и, как следствие, - сброс оболочки. В оптическом диапазоне мы наблюдаем вспышку. При этом блеск звезды увеличивается более чем на 9 зв. величин.

Основные параметры вспышки новой, такие как светимость, масса и содержание химических элементов в сброшенной оболочке, определяются свойствами двойной системы: массой, температурой, химическим составом белого карлика, а также темпом аккреции на него от звезды донора. Теоретические расчеты показывают достаточно простую зависимость между массой оболочки и массой белого карлика. В частности, самые большие массы

оболочек должны наблюдаться у новых с самой малой массой белого карлика и с самым низким темпом аккреции. Самые малые массы – у новых с массой белого карлика близкой к пределу Чандрасекара и при достаточно высоком темпе аккреции [1]. Однако значения масс оболочек для новых, полученные из наблюдений, отличаются от теоретических более чем на порядок величины, а для новых с массивным белым карликом, иногда, – на несколько порядков. Причина такого несовпадения между теоретическими расчетами и значениями, полученными из наблюдений, до сих пор не понята.

В теоретических расчетах существует возможность увеличения массы оболочки, но в том случае, если предположить, что за счет перемешивания в водородную оболочку от белого карлика поступают тяжелые элементы. В таком случае увеличивается непрозрачность вещества в оболочке, и как следствие, задерживается поступление энергии от внутренних слоев оболочки. В результате для достижения температуры загорания термоядерных реакций в теоретических расчетах необходимо увеличить массу аккрецирующего вещества.

С другой стороны, различие может быть связано с точностью определения массы оболочки из наблюдений. В частности, масса оболочки может быть завышена из-за того, что неправильно или неточно оценена степень ее заполняемости веществом, т.е. насколько точно определен так называемый коэффициент заполнения. Несмотря на то, что существуют достаточно корректные методы определения этого коэффициента, оценки разных авторов могут различаться более чем на порядок величины. Согласно оценкам значение коэффициента заполнения находится в пределах от 1 до 10^{-5} . Кроме того, при вычислении массы чаще всего рассматривается сферическая оболочка, что не всегда соответствует действительности. Однако, несмотря на все попытки сопоставить теоретические и наблюдаемые значения масс оболочек, все же на сегодняшний день нет удовлетворительных объяснений различия в массах. Поэтому, с одной стороны, необходимо усовершенствование теоретических расчетов, а с другой, – накопление и анализ наблюдаемого материала.

Соотношение теоретической и наблюдаемой металличности, другой важный параметр вспышки новой, было рассмотрено, в частности, в работе Уорнер [2]. Исходя из достаточно простых вычислений он показал, что между металличностью и скоростью падения блеска должна существовать зависимость. Однако по значениям металличности оболочек для 20-ти новых она регистрировалась неуверенно. Поскольку на сегодняшний день существенно увеличилась база данных по металличности оболочек, то интересно было рассмотреть, улучшилась ли указанная зависимость.

Таким образом, в данной работе собраны и проанализированы наиболее полные на сегодняшний день данные о массе и металличности оболочек новых. Кроме того, мы рассмотрели зависимости массы и металличности

оболочек от скорости падения блеска отдельно для новых с СО и ONeMg белыми карликами. На наш взгляд такое разделение имеет смысл, поскольку такие новые могут иметь разные свойства, т.е. различаться по химическому составу и массе оболочки, а также иметь разную структуру оболочки и, возможно, разную заполняемость веществом.

Таблица 1

СКОРОСТЬ ПАДЕНИЯ БЛЕСКА, МАССА И МЕТАЛЛИЧНОСТЬ
ОБОЛОЧЕК НОВЫХ С СО БЕЛЫМИ КАРЛИКАМИ

Звезда	t_3	Ссылка	$M_{\text{env}}, 10^{-5}$	Ссылка	Z	Ссылка
1	2	3	4	5	6	7
OS And	22	Warner, 1995	3.9	Kato, Hachisu, 2007		
	23	Strope, Schaefer, 2010	3.6	Cassatella et al., 2005		
	20	Schwarz et al., 1997				
V1425 Aql	79	Strope, Schaefer, 2010	2.5-4.2	Lyke et al., 2001	0.228	Lyke et al., 2001
	23	Kamath et al., 1997	40	Kamath et al., 1997	0.154	Архипова и др., 2002
			21-32	Mason et al., 1996		
V1494 Aql	16	Strope, Schaefer, 2010	1.8-28	Eyres et al., 2005	0.191	
	16±0.5	Kiss, Thomson, 2000	4.7-6.2	Iijima, Esenoglu, 2003		
			0.6	Kamath et al., 2005		
V1723 Aql	24.5	Тарасова, 2019	20	Weston et al., 2014		
	38.4	Nagashima et al., 2013				
T Aur	84	Strope, Schaefer, 2010			0.13	Gallagher et al., 1981
	50	Downes, Duerbeck, 2000				
V705 Cas	67	Strope, Schaefer, 2010	5.2	Cassatella et al., 2005	0.261	Архипова и др., 2000
	90	Mason et al., 1998	1	Mason et al., 1998		
V723 Cas	299	Strope, Schaefer, 2010	0.5	Iijima, 2006		
	173±5	Chochol, Pribulla, 1997	2.6-43	Evans et al., 2003		
			1.13	Heywood et al., 2005		
			3.6	Hachisu, Kato, 2004		
			1.1	Takeda et al., 2018		
V842 Cen	48	Downes, Duerbeck, 2000	3	Pacheco et al., 1989	0.36	Andrea et al., 1994
	37	Тарасова, 2019				
	121	Shafter, 1997				
IVCep	37	Warner, 1995	8.7	Pacheco, 1977	0.39	Pacheco, 1977
NCep 2014	42±1	Srivastava et al., 2015	0.5-13	Srivastava et al., 2015		
V1668Cyg	23	Warner, 1995	2	Gehrz, 1988	0.32	Stickland et al., 1981
	26	Strope, Schaefer, 2010	6	Stickland et al., 1981	0.35	Andrea et al., 1994
	30	Gehrz, 1988	5.8	Kato, Hachisu, 2007		
	25	Cassatella et al., 1979				
V1819Cyg	181	Strope, Schaefer, 2010	9	Hjellming, 1996		
	89	Downes, Duerbeck, 2000				
	87-104	Gehrz et al., 1993				
V2467Cyg	20	Strope, Schaefer, 2010	8.5	Тарасова, 2014	0.19	Тарасова, 2014
	15.1	Lynch et al., 2009				
	14.6±3.5	Poggiani, 2009				
	18	Shugarov et al., 2010				

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7
V2468Cyg	20	Shugarov et al., 2010	1.7	Iijima, Naito, 2011	0.09	Тарасова, 2013
	13	Тарасова, 2013	5	Тарасова, 2013		
V2659Cyg	150	Тарасова, 2016	0.3-1	Raj et al., 2015	0.05	Тарасова, 2016
	230	Warner, 1995	30	Тарасова, 2016	0.077	Tylenda, 1979
HRDel			33	Malakpur, 1973		
			9	Anderson et al., 1977		
V339Del			1.1-1.5	Hartwick et al., 1978		
			10	Tylenda, 1979		
V339Del	27	Тарасова, 2019	90	Moraes, Diaz, 2009		
	18	Chochol et al., 2014	8.6	Hjellming, 1996		
DQ Her	23.5	Munari et al., 2015	7.5	Gehrz et al., 2015	0.06	Тарасова, 2016
			7	Тарасова, 2016		
DQ Her	94	Warner, 1995	2-3	Shore et al., 2016		
	100	Strope, Schaefer, 2010	0.05-0.17	Evans, 2017		
V827 Her	86	Downes, Duerbeck, 2000	5	MacDonald, 1983	0.57	Williams et al., 1978
	96	Harrison et al., 2013	0.7	Pottasch, 1959	0.57	Petitjean et al., 1990
CP Lac	53	Strope, Schaefer, 2010			0.38	Martin, 1989
	55	Gehrz et al., 1993	4.6	Hjellming, 1996	0.35	Andrea et al., 1994
GQ Mus	60	Andrea et al., 1994				
	10	Warner, 1995	3.7	Pottasch, 1959	0.14	Ferland, 1979
V2214 Oph	9	Strope, Schaefer, 2010				
	9.8	Downes, Duerbeck, 2000				
RR Pic	40	Warner, 1995	≤ 0.2	Gehrz, 1988	0.42	Hassall et al., 1990
	45	Gehrz, 1988	50	Diaz et al., 1995	0.24	Morisset, Pequignot, 1996
V445Pup	48	Whitelock, 1984	12.5 ± 1.5	Morisset, Pequignot, 1996		
	122	Hachisu, Kato, 2008	2.8	Pacheco, Codina, 1985		
V574 Pup	89	Strope, Schaefer, 2010			0.37	Andrea et al., 1994
	100	Warner, 1995				
LW Ser	92	Andrea et al., 1994				
	150	Warner, 1995	30	MacDonald, 1983	0.043	Williams, Gallagher, 1979
FH Ser	122	Strope, Schaefer, 2010	1	Pottasch, 1959	0.039	Gehrz et al., 1993
	127	Downes, Duerbeck, 2000				
V1280 Sco	136	Harrison et al, 2013				
	240	Strope, Schaefer, 2010	7-18	Kato et al., 2008		
V1186 Sco	25±2	Naik et al., 2010	0.2-1.8	Naik et al., 2010		
	27	Strope, Schaefer, 2010				
V1186 Sco	58	Siviero et al, 2005				
	50	Warner, 1995	2	Gehrz, 1988		
V1186 Sco	52	Strope, Schaefer, 2010				
	55	Gehrz, 1988				
V1186 Sco	59	Downes, Duerbeck, 2000	1.04	Hartwick, Hutchings, 1978		
	62	Gehrz, 1988	4.5	Hjellming, 1996		
V1186 Sco			4.7	Della Valle et al., 1997		
	34.3	Hounsell et al., 2010	10	Chesneau et al., 2008		
V1186 Sco	20-40	Das et al., 2008	10	Naito et al., 2013		
	62	Strope, Schaefer, 2010	6.5	Schwarz et al., 2007		

Таблица 1 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7
V1324 Sco	70 29.5	Schwarz et al., 2007 Munari et al., 2015	1.8±0.6	Finzell et al., 2018		
V1535 Sco	19±1 21.1	Srivastava et al., 2015 Munari et al., 2017	0.05-26	Srivastava et al., 2015		
V443 Sct	60 80 39 46±9	Strope, Schaefer, 2010 Shafter, 1997 Andrea et al., 1994 Anupama et al., 1992	3.5	Anupama et al., 1992	0.06	Andrea et al., 1994
V463 Sct	25	Тарасова, 2019	2.1-5.7	Hachisu, Kato, 2004		
V496 Sct	100±5	Тарасова, 2019	6.3±0.2	Raj et al., 2012		
V5114 Sgr	21	Ederoclite et al., 2006	0.01-0.1	Ederoclite et al., 2006		
V5558 Sgr	170	Poggiani, 2010	60±15	Das et al., 2015		
V5584 Sgr	46	Raj et al., 2015	0.015	Raj et al., 2015		
V5589 Sgr	10.9±0.7 12.8±1.5	Thompson, 2017 Weston et al., 2016	2.6	Weston et al., 2016		
V5668 Sgr	158	Тарасова, 2019	2.7-5.4	Banerjee et al., 2016		
PW Vul	147 116 126 100 140	Andrea et al., 1994 Strope, Schaefer, 2010 Downes, Duerbeck, 2000 Gehrz, 1988 Saizar et al., 1991	0.32 5.9 16 5.3 0.6	Gehrz, 1988 Cassatella et al., 2005 Schwarz et al., 1997 Saizar et al., 1991 Andrea et al., 1991	0.3 0.14	Andrea et al., 1994 Schwarz et al., 1997
NQ Vul	50 53 65	Strope, Schaefer, 2010 Downes, Duerbeck, 2000 Yamashita et al., 1977	10 10	Gehrz, 1988 Ney et al., 1978		
QV Vul	60 47 53 61	Warner, 1995 Strope, Schaefer, 2010 Downes, Duerbeck, 2000 Andrea et al., 1994	12.3	Gehrz et al., 1992	0.053	Andrea et al., 1994
N LMC	40	Schwarz et al., 1998	2.4	Cassatella et al., 2005		
1988-03a	38.4	Hearnshaw et al., 2004				
N LMC	8	Schwarz et al., 2001	30	Schwarz et al., 2001		
1991-04a			2.6	Cassatella et al., 2005		
N LMC	18	Cassatella et al., 2005	2.9	Cassatella et al., 2005		
1992-11a	13.77±1.6	Hearnshaw et al., 2004				

Для анализа мы исследовали зависимость массы и металличности оболочки от параметра t_3 и сравнили эту зависимость с теоретической, которая представлена в работе [1]. Параметр t_3 является интервалом времени, в течение которого блеск звезды падает на 3 зв. величины и таким образом характеризует скорость падения блеска. В анализе часто используют этот параметр, потому что он, помимо того что показывает интервал времени, в течение которого происходит сброс 85% массы оболочки, он еще косвенно характеризует массу белого карлика. В некоторых работах использовался другой параметр t_2 , который подобно параметру t_3 , характеризует скорость падения блеска и равен интервалу времени, в течение которого происходит падение блеска новой от

Таблица 2

**СКОРОСТЬ ПАДЕНИЯ БЛЕСКА, МАССА И МЕТАЛЛИЧНОСТЬ
ОБОЛОЧЕК НОВЫХ С ONeMg БЕЛЫМИ КАРЛИКАМИ**

Звезда	t_3	Ссылка	$M_{\text{env}}, 10^{-5}$	Ссылка	Z	Ссылка
1	2	3	4	5	6	7
V1370Aql	13	Warner, 1995	0.7	Snijders et al., 1987	0.86	Andrea et al., 1994
	28	Strope et al., 2010			0.32,	Snijders et al., 1987
	10	Gehrz, 1988			0.84,	
	21	Тарасова, 2019			0.97	
V1065Cen	26	Evans et al., 2014	16	Helton et al., 2010	0.45	Helton et al., 2010
	26	Helton et al., 2010				
V693CrA	12	Warner, 1995	2-2.7	Kato, Hachisu, 2007	0.33	Vanlandingham et al., 1997
	18	Strope et al., 2010	6.8	Vanlandingham et al., 1996	0.65	Andrea et al., 1994
	14	Vanlandingham et al., 1996			0.39	Williams, et al., 1985
CP Cru	10	Lyke et al., 2003	3.9	Lyke et al., 2003	0.07	Lyke et al., 2003
V1500Cyg	4	Strope et al., 2010	4.3-6.5	Ferland, Shields, 1978	0.3	Ferland, Shields, 1978
	3.7	Downes, Duerbeck, 2000	14	Seaquist et al., 1980	0.16	Lance et al., 1988
	6	Gehrz, 1988	1.8	Hartwick, 1978		
			0.5-80	Gehrz, 1988		
			5-15	Lance et al., 1988		
			24	Hjellming, 1996		
V1974Cyg	42	Warner, 1995	20	Vanlandingham et al., 2005	0.49	Austin et al., 1996
	37	Downes, Duerbeck, 2000	31	Hjellming, 1996	0.60	Архипова и др., 1997
	43	Strope et al., 2010	5	Austin et al., 1996	0.13	Hayward et al., 1996
			20-50	Woodward et al., 1997	0.15	Vanlandingham et al., 2005
			3.9-4.8	Kato, Hachisu, 2007	0.18	Schwarz et al., 2007
V2491Cyg	16	Strope et al., 2010	1.5	Тарасова, 2014	0.17	Тарасова, 2014
	13	Тарасова, 2014	0.53	Munari et al., 2011	0.14	Munari et al., 2011
	16.8	Takei et al., 2011				
KT Eri	9	Raj et al., 2013	2.4-7.4	Raj et al., 2013		
	13.6	Hounsell et al., 2010				
	14.3	Imamura, Tanabe, 2012				
V838 Her	3.2	Warner, 1995	9-64	Woodward et al., 1992	0.09	Vanlandingham et al., 1996
	4	Strope et al., 2010	18	Vanlandingham et al., 1996	0.12	Schwarz et al., 2007
	5	Woodward et al., 1992	0.73	Schwarz et al., 2007		
			10.1	Hjellming, 1996		
			0.4	Harrison, Stringfellow, 1994		
			1.3	Chandrasekhar et al., 1992		
			1-10	Lloyd et al., 1992		
V959Mon	≤ 21	Тарасова, 2014	23	Тарасова, 2014	0.13	Тарасова, 2014
			≤ 6	Shore et al., 2013	0.14	Peretz et al., 2016
			1.8	Peretz et al., 2016		
V2944 Oph	11	Тарасова, 2019	9.5-19	Srivastava et al., 2016		
CP Pup	8	Downes, Duerbeck, 2000			0.48	Warner, 1995
	8	Strope et al., 2010				
	6.5	Balman et al., 1995				
V351Pup	26	Shafter, 1997	3.1	Kato, Hachisu, 2007	0.38	Saizar et al., 1996
			0.02	Saizar et al., 1996		

Таблица 2 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7
USco	3 3.6 7.0	Strope et al., 2010 Schaefer et al., 2011 Shafter, 1997	101	Hjellming, 1996	0.08	Andrea et al., 1994
			0.63	Wendeln et al., 2017		
			0.46	Anupama et al., 2013		
			2.3	Banerjee et al., 2010		
			0.027	Evans et al., 2001		
			0.01	Anupama, Dewangan, 2000		
			0.01	Williams et al., 1981		
			0.43	Schaefer et al., 2011		
			0.3	Diaz et al., 2010		
			0.21	Pagnotta et al., 2015		
V745 Sco	9	Banerjee et al., 2014	0.03-0.09	Ijima, 2002	0.08	Andrea et al., 1994
			0.01	Banerjee et al., 2014		
V977 Sco	8	Shafter, 1997	0.01	Drake et al., 2016	0.08	Andrea et al., 1994
V1187 Sco	17	Strope et al., 2010	10	Lynch et al., 2006	0.2	Schwarz et al., 2007
	15	Lynch et al., 2006				
V4160 Sgr	3	Strope et al., 2010	3.6	Schwarz et al., 2007		
V3890 Sgr	14	Strope et al., 2010	0.01	Harrison et al., 1993		
	14.4	Schaefer, 2010	0.03	Anupama, Sethi, 1994		
	18	Anupama, Sethi, 1994			0.02	Augusto, Diaz, 2003
	17	Kato, Hachisu, 2007				
V382 Vel	13	Strope et al., 2010	18-50	Schwarz et al., 2007		
	9	Della Valle et al., 2002	40-50	Shore et al., 2003	0.07	Shore et al., 2003
	12.3	Liller, Jones, 2000	0.65	Della Valle et al., 2002	0.074	Schwarz et al., 2007
QUVul	40	Warner, 1995	80	Taylor et al., 1987	0.1	Saizar et al., 1992
	36	Strope et al., 2010	48	Hjellming, 1996	0.41	Andrea et al., 1994
	49	Downes, Duerbeck, 2000	2-150	Saizar et al., 1992	0.44	Austin et al., 1996
	28	Andrea et al., 1994	35	Schwarz, 2002	0.07	Schwarz et al., 2007
			30	Gehrz et al., 1998		
			40	Shin et al., 1998		
V458 Vul	15	Poggiani, 2008	1.4	Tapасова, 2015	0.01	Тарасова, 2013
	21	Hounsell et al., 2016	40	Rajabi et al., 2012		
	18	Тарасова, 2008				

максимума на 2 зв. величины. Зависимость массы оболочки от параметра t_2 исследовалась ранее в работе [3], однако в ней не было разделения по типу белого карлика и не проводились сравнения с теоретическими наблюдениями. Кроме того, в нашей работе представлен более обширный материал, охватывающий более 60 звезд. Данные для массы оболочки и металличности с СО белыми карликами представлены в табл.1, а для новых с ONeMg белыми карликами в табл.2.

2. *Параметр t_3 .* Значение параметра t_3 было взято, в основном, из работ [2,4,5]. В случае, когда для одной новой известно было более одного значения параметра t_3 , мы использовали среднее значение. Кроме того, для

тех новых, у которых этот параметр был неизвестен, мы определили его, используя кривые блеска AAVSO. В некоторых случаях был известен только параметр t_2 , и кривая блеска была недоступна. В этих случаях для расчета параметра t_3 мы использовали соотношение $t_3 = 2.75t_2^{0.88}$ [2]. Значение параметра t_3 приведено во 2-й колонке табл.1 и табл.2, там же, после значения этого параметра в следующей колонке приведены неполные ссылки на источник.

Из таблиц видно, что значения параметра t_3 для новых с СО белыми карликами находятся в пределах от 8 до 240 сут., для новых с ONeMg белыми карликами - от 3 до 40 сут. Таким образом, несколько новых с СО белыми карликами имеют нехарактерные для такого типа достаточно малые значения $t_3 < 20$ сут. Это V1494 Aql ($t_3 = 16$), CP Lac ($t_3 = 9.6$), V5589 Sgr ($t_3 = 11.9$), NLMC1 1991-04a ($t_3 = 8$) и NLMC1 1992-11a ($t_3 = 15.9$), V2467 Cyg ($t_3 = 16.9$), V2468 Cyg ($t_3 = 16.5$). По-видимому, только три новые NLMC1 1991-04a, NLMC1 1992-11a и V5589 Sgr являются исключением. У V1494 Aql предполагается, что белый карлик может быть также и ONeMg. CP Lac - это новая 1936г., и для оценки массы белого карлика данных недостаточно. А у новых V2467 Cyg и V2468 Cyg более корректным может быть не среднее значение параметра t_3 , а значение равное $t_3 = 20$ сут. [6]. Новая V5589 Sgr является гибридной новой. У таких новых, чаще всего, - достаточно массивный белый карлик. Не исключено, что и новая V5589 Sgr может быть новой с ONeMg белым карликом.

Среди ONeMg, две новые V1974 Cyg и QU Vul имеют значение параметра t_3 , превышающее граничное значение $t_3 = 20 - 25$ сут. для таких новых. Однако, если тщательнее проанализировать величину параметра t_3 у этих новых, то оказывается, что она может быть близка к этому граничному значению. У V1974 Cyg мы заново проанализировали визуальную кривую блеска этой звезды, взятую из базы данных AAVSO, и обнаружили, что разброс величин параметра t_3 находится в интервале от 13 до 43 сут. Рассмотрев немногочисленные данные кривой блеска AAVSO в полосе V , мы получили величину этого параметра, равную около 20 суток. Поэтому для этой звезды был взят параметр t_3 , равный 20 суткам. Для новой QU Vul мы взяли значение параметра $t_3 = 28$ сут. [7].

3. Массы оболочек. В данной работе собраны все доступные на сегодняшний день данные о массах оболочек для 62 новых, которые приведены в третьей колонке в табл.1 для новых с СО белым карликом и для новых с ONeMg белым карликом в табл.2. В следующем столбце приведены неполные ссылки на источник.

Для некоторых новых было получено несколько значений масс оболочек разными методами и в разных спектральных областях. Некоторые методы

давали только приближенную оценку массы оболочки, иногда точность такого определения находилась в пределах одного порядка величины. Поэтому для анализа, там где это было возможно, мы использовали среднюю величину.

Опишем кратко методы, с помощью которых были получены массы оболочек. Достоверно, за редким исключением, нам неизвестно как распределено вещество в оболочке новой. Из наблюдений некоторых старых новых в случаях, где можно рассмотреть детали оболочки, можно заметить, что вещество в оболочке сосредоточено в отдельных сгустках и форма оболочки несферическая. Кроме того, есть основание считать, что оболочка, скорее всего, имеет некоторую толщину. В каждом из предлагаемых методов вычисления массы оболочки по-своему решается (или не решается) проблема распределения плотности вещества, ее толщина и геометрия. Чаще всего, принимается, что оболочка имеет сферическую форму.

Методы определения масс оболочек можно разделить по спектральному диапазону, в котором были получены данные для определения массы оболочки. Это оптический, инфракрасный, радиодиапазон, и в редких случаях - рентгеновский. Наиболее часты определения в оптическом диапазоне. Основных методов, фактически два. Один из них наиболее полно учитывает все особенности оболочки. Это метод, в котором для определения содержания химических элементов рассматриваются фотоионизационные модели. В нем в качестве параметров, в частности, используются: распределение плотности вещества вдоль радиуса, доля оболочки, заполненная веществом (коэффициент заполнения), ее внутренний и внешний радиусы. Однако во многих случаях в этих моделях рассматривалась сферическая оболочка и, не редко, коэффициент заполнения принимался равным 1.

Другой метод существенно проще. В нем предполагается, что оболочка оптически тонкая и весь водород ионизирован. Масса ионизированной оболочки определяется как произведение массы атома водорода, электронной плотности и объема оболочки, заполненного веществом. То есть $M(H^+) = N_e m_H fV$, где m_H - масса атома водорода, N_e - электронная плотность, V - объем оболочки, $V = 4\pi R^2 \delta$, где $R = vt$ - радиус оболочки, $\delta = Rv_{\text{theor}}/v$ - толщина оболочки, $v_{\text{theor}} = (3kT/m_p)^{1/2}$, m_p - масса протона, f - коэффициент заполнения оболочки. Электронная плотность вычисляется в этом методе сопоставлением наблюдаемых и теоретических отношений потоков в запрещенных линиях. Коэффициент заполнения вычисляют, в основном, сопоставляя наблюдаемую и теоретическую светимости в эмиссионных бальмеровских линиях $H\alpha$ и $H\beta$. Чаще используют линию $H\beta$, так как линия $H\alpha$ блендирована линиями запрещенного азота. В некоторых случаях учитывается толщина оболочки. Таким образом, коэффициент заполнения может быть получен из соотношения $4\pi D^2 F(H\beta) = 4\pi \alpha_{H\beta} N_e^2 fV$, где D - расстояние до новой, $F(H\beta)$ - поток в

линии $H\beta$, $\alpha_{H\beta}$ - объемный коэффициент излучения. Отсюда $f = D^2 F(H\beta) / \alpha_{H\beta} N_e^2 V$. Масса оболочки, в результате, равна $M(H^+) = 4 N_e m_H \pi R^2 f \delta$. Толщина оболочки учитывалась не во всех работах, но в тех, в которых она вычислялась [8], она составляла 0.2-0.3 радиуса оболочки. Коэффициенты заполнения были от 10^{-5} до 1.

Для получения полной массы оболочки необходимо знать содержание химических элементов или, по крайней мере, содержание гелия. Тогда полная масса равна $M_{tot} = 1/X M(H^+)$, где $M(H^+)$ - масса водородной оболочки, а X - долевое содержание водорода в оболочке новой. Если известно только содержание гелия, то полная масса оболочки $M_{tot} = (4 + 1/Y) M(H^+)$, где Y - долевое содержание гелия в оболочке новой. Основные недостатки этого метода, это предположения, что оболочка полностью ионизирована, и электронная плотность во всех частях оболочки одна и та же.

Существуют два метода определения массы оболочки в инфракрасной области [9-11]. Первый метод может быть доступен, если наблюдения проводятся с хорошим временным разрешением и есть возможность получить распределение энергии в спектре звезды в момент, когда оно начинает отличаться от распределения абсолютно черного тела. В этом случае непрозрачность оболочки будет, в основном, связана с томсоновским рассеянием. Тогда масса оболочки может быть вычислена из соотношения: $M_{env} = 2\pi v^2 t_0 k_T^{-1}$, где k_T - коэффициент непрозрачности томсоновского рассеяния, v - скорость расширения оболочки, t_0 - время в сутках от начала вспышки до окончания фазы излучения как абсолютно черного тела.

Во втором методе используется связь между электронной плотностью и некоторой "пороговой" длиной волны λ_c , у которой происходит переход от оптически толстой оболочки к оптически тонкой. Эта длина волны определяется из наблюдений. В этом случае масса оболочки равна: $M_{env} = 1.5 \times 10^{-12} f(vt)^{5/2} \lambda_c^{-1}$, где f - отношение толщины оболочки к ее радиусу, v - скорость расширения оболочки.

Из радионаблюдений масса оболочки может быть вычислена как $M_{env} = \mu m_H E / N_e$, $E = N_e^2 V$ [12], где μ - средний молекулярный вес оболочки, E - мера эмиссии. Если оболочка несферическая, то $V = \Omega R^3 / 3$, $\Omega = 4\pi \sin \phi$, Ω - телесный угол, под которым видна оболочка для наблюдателя, ϕ - угол наклона плоскости орбиты к наблюдателю.

Масса оболочки также рассчитывалась с использованием, как радио, так и оптических наблюдений [13]. Вначале определялась масса ионизированного водорода как $M(H^+) = m_H L(H\beta) / (\alpha(H\beta) n_{loc})$, где $\alpha(H\beta)$ - объемный коэффициент излучения в линии $H\beta$, n_{loc} - локальная плотность, которая характерна для ионизированной зоны и принадлежит более плотным областям. Она может быть получена из оптических наблюдений. Полная масса может быть

определена как $M(\text{tot}) = \mu_e m_H n_{\text{loc}} f V = \mu_e m_H n_{\text{rms}} f^{1/2} V$, где n_{rms} - среднеквадратичная плотность, которая вычисляется из радионаблюдений, f - коэффициент заполнения, равный отношению локальной плотности к некоторой среднеквадратичной $f = n_{\text{loc}}^2 / \langle n_{\text{rms}}^2 \rangle$.

Таким образом, несмотря на неоднородность данных по массам оболочек, нами была предпринята попытка проанализировать и сравнить эти данные с теоретическими, а также сделать некоторые предположения о причинах расхождения.

4. *Исследование корреляции между массой оболочки и параметром t_3 .* Теоретические [1] и наблюдаемые массы оболочек и соответствующие им параметра t_3 показаны на рис.1. Наблюдаемые значения представлены крупными значками. Причем новые с СО белыми карликами показаны заполненными кружками, а новые с ONeMg белыми карликами - открытыми кружками. Теоретическая зависимость массы оболочки от параметра t_3 представлены на рис.1 мелкими значками. В подписях к этому рисунку даны пояснения, для каких масс белого карлика приведены теоретические значения массы оболочки и параметра t_3 . Разброс теоретических значений масс оболочек в пределах одной и той же массы обусловлен разной температурой белого карлика и темпом аккреции. Температура белого карлика находится в пределах $10^7 < T_{\text{wd}} < 5 \times 10^7$, а темп аккреции - $10^{-12} < dM/dt < 10^{-7}$. Оси на рисунке для наглядности изображены в логарифмической шкале. Пунктирные горизонтальные линии показывают границу между быстрыми и медленными новыми, которая расположена в области 20-25 суток.

В первую очередь на себя обращает внимание, радикальное расхождение между наблюдаемыми и теоретическими массами оболочек у быстрых новых ($t_3 \leq 20 - 25$ суток), которые преимущественно являются новыми с ONeMg белыми карликами. Согласно теоретической кривой, массы быстрых новых должны быть, по крайней мере, на два порядка меньше. Заметные расхождения наблюдаются и для новых с СО белыми карликами, наблюдаемые массы оболочек у таких новых должны быть на порядок величины меньше теоретических. И только у 5 новых массы оболочек белых карликов близки к теоретическим. Это новая V1370 Aql с ONeMg белыми карликами и 4 новые V5114 Sgr, V574 Pup, V5668 Sgr, V723 Cas с СО белыми карликами. Следует отметить, что оба типа новых имеют массы оболочек, которые находятся в одних и тех же границах, от $10^{-5} M_{\odot}$ до $6 \times 10^{-4} M_{\odot}$ и только три новых имеют массы, которые не укладываются в общую картину. Среди них две повторные новые U Sco, V3890 Sgr с ONeMg белыми карликами и одна новая V5584 Sgr с СО белыми карликами показывают массы, которые меньше теоретических.

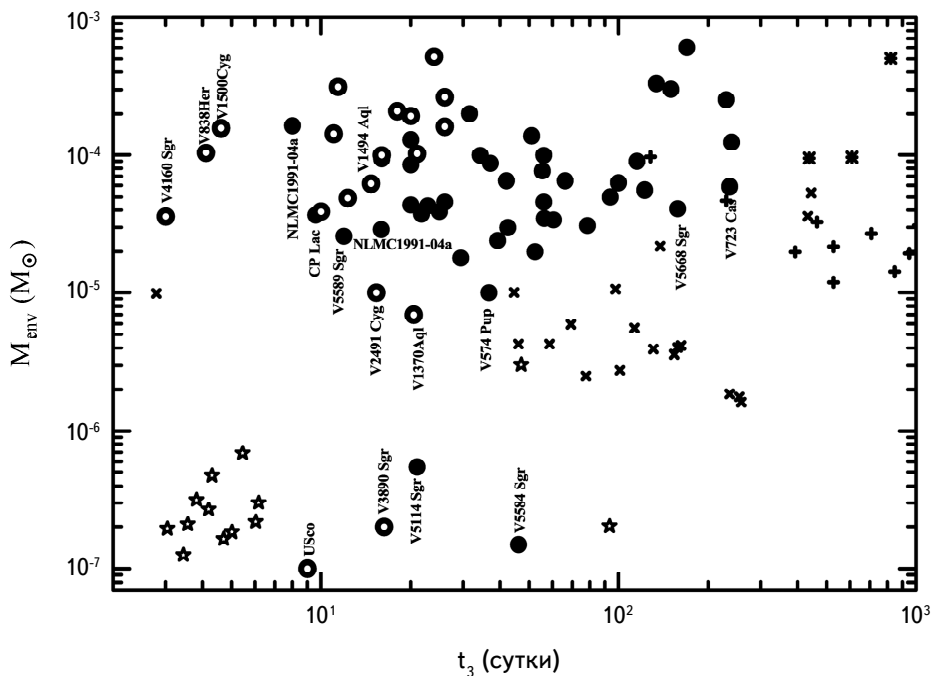


Рис.1. Сравнение теоретических [1] и наблюдаемых масс оболочек новых. Теоретические массы оболочек представлены как зависимость от параметра t_3 . Наблюдаемые значения представлены с соответствующими параметрами t_3 и обозначены крупными значками. Для новых с СО белыми карликами эта зависимость представлена заполненными кружками, для новых с ONeMg белыми карликами - открытыми кружками. Теоретическая зависимость массы оболочки от параметра t_3 представлена разными мелкими значками, которые соответствуют разным массам белого карлика: звездочками для масс белых карликов $1.4 M_{\odot}$, крестиками - для $1.25 M_{\odot}$, плюсами - для $1 M_{\odot}$.

Кроме того, обращает на себя внимание тот факт, что почти все наблюдаемые массы оболочек новых с ONeMg белыми карликами (на рис.1 они представлены открытыми кружками) находятся в области теоретических масс оболочек с предельно большими массами белых карликов в $1.4 M_{\odot}$ (на рисунке они представлены звездочками). То же самое и для новых с СО белыми карликами - наблюдаемые массы оболочек преимущественно находятся в области, где расположены теоретические массы оболочек с массами белых карликов от 1.25 (на рис.1 они представлены крестиками) до $1.4 M_{\odot}$. Однако принято считать, что массы СО белых карликов не превышают $1.2 M_{\odot}$. Возможно, причина такого противоречия, с одной стороны, в том, что неточно определено наблюдаемое значение параметра t_3 , которое вычисляется по наблюдаемой кривой блеска новой, не редко показывающей пульсации на фоне плавного падения блеска. С другой стороны, несоответствие может быть связано с тем, что в теоретических расчетах использовалась зависимость

между массой белого карлика и параметром t_3 , которая не до конца правильно отражает реальное соотношение между этими параметрами.

5. *Исследование корреляции между металличностью оболочки и параметром t_3 .* В табл.1 мы собрали все доступные на сегодняшний день данные о металличности новых с СО белыми карликами, а в табл.2 - с ONeMg белыми карликами, всего для 38 звезд. Там же, в таблицах после значений металличности в следующей колонке приведены неполные ссылки на источник. На рис.2 показана теоретическая зависимость металличности новых от параметра t_3 . Теоретические зависимости металличности от параметра t_3 взяты из работы [1]. Там же представлены наблюдаемые металличности для исследуемых новых с полученным из наблюдений параметром t_3 . Обозначения на этом рисунке такие же, как и на рис.1. Металличности новых с СО белыми карликами обозначены заполненными кружками, металличности новых с ONeMg белыми карликами - открытыми кружками. Теоретическая зависимость металличности оболочки от параметра t_3 представлена на рис.1 мелкими значками. В подписи к этому рисунку даны пояснения, для каких масс белого карлика приведены теоретические значения металличности оболочки

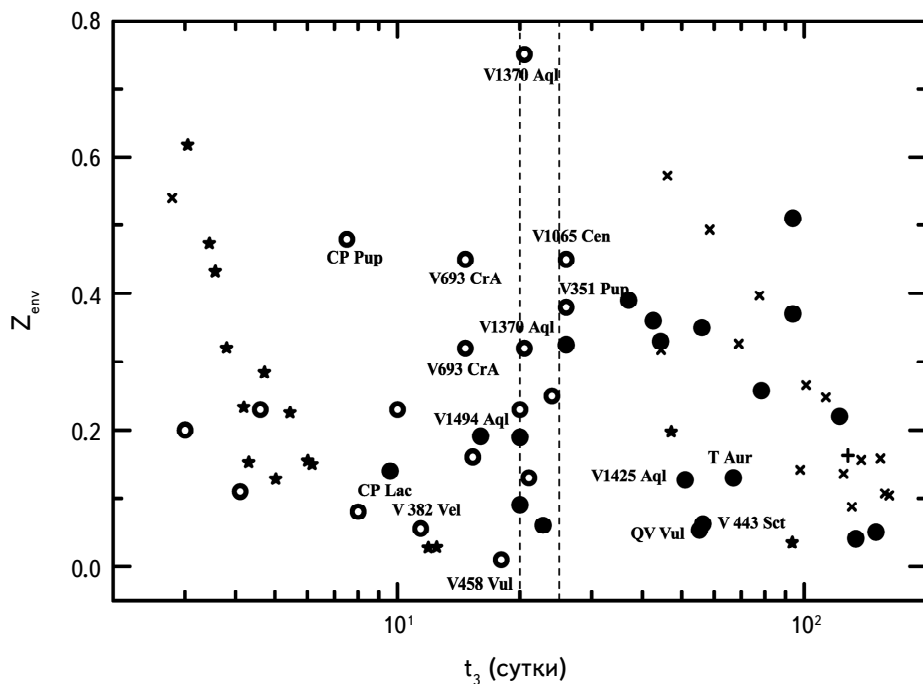


Рис.2. Сравнение теоретических [1] и наблюдаемых металличностей оболочек новых. Теоретические металличности представлены как зависимость от параметра t_3 . Наблюдаемые значения представлены с соответствующими параметрами t_3 и обозначены крупными значками. Обозначения те же, что и на рис.1.

и параметра t_3 . Разброс металличности для каждой массы белого карлика связан с разным темпом аккреции, который исходя из теоретических расчетов, находится в пределах от 10^{-12} до 10^{-6} . Ось абсцисс, показывающая изменения параметра t_3 , представлена для наглядности в логарифмической шкале. Двумя пунктирными линиями, также как и на рис.1, отмечена граница, разделяющая новые на быстрые и медленные.

Для тех новых, для которых было получено несколько оценок металличности, на рис.2 приведены средние значения. Из рисунка видно, что металличность, полученная из наблюдений, показывает достаточно большой разброс как для новых с CO, так и с ONeMg белыми карликами. Однако пределы, в которых находятся значения металличности для новых с разными типами белых карликов, практически одни и те же, от 0.04 до 0.5. Несколько звезд не попадают в эти границы. Прежде всего, это новая V1370 Aql с ONeMg белым карликом. У нее средняя величина металличности в полтора раза превышает верхний предел, а максимальная 0.97 превышает его же почти в два раза. Однако следует отметить, что предельные значения для этой металличности 0.97 и 0.32 были получены в работе [14] при разных температурах и плотностях. Но наилучшим приближением по металличности автор выделил величину 0.97. Кроме того, другое значение металличности, полученное этим же автором и равное 0.84, практически совпадает с металличностью, полученной Андреа и др. [7]. Исходя из того, что все значения металличности могут быть вероятными, мы на рис.2 привели среднее значение. Другая новая с ONeMg белым карликом, которая не попадает в указанные пределы металличностей, это V458 Vul. Однако металличность этой новой, скорее всего, нами была недооценена из-за того, что в спектре отсутствовал достаточный набор спектральных линий для корректного определения температуры и плотности, а также содержания химических элементов в выброшенной оболочке.

Из рисунка также видно, что около половины новых как с CO, так и с ONeMg белыми карликами с некоторым разбросом повторяют ход теоретических зависимостей металличности от параметра t_3 . Оставшаяся половина новых попадает преимущественно на границу, разделяющую быстрые и медленные новые. На рис.2 она отмечена вертикальными пунктирными линиями и соответствует $20 \leq t_3 \leq 25$ суток. В окрестности этой границы, к сожалению, отсутствуют теоретические расчеты зависимости металличности от параметра t_3 , поэтому ничего нельзя сказать о соответствии теоретических и наблюдаемых металличностей для новых у этой границы. Наибольшее отклонение от теоретической зависимости среди новых с ONeMg белыми карликами показывают новые CP Pup, V693 CrA, V1065 Cen и V351 Pup, помимо V1370 Aql. Следует отметить, что у V1370 Aql и V693 CrA можно понизить металличность, взяв не средние значения, а значения, полученные

Снайдерс и др. [14] и Ванландигхам и др. [15] и равные 0.32. Новые положения этих новых показаны на рис.2 серыми незаполненными кружочками. Новые V1065 Cen и V351 Pup попадают на границу, разделяющую быстрые и медленные новые, где отсутствуют теоретические расчеты.

Среди новых с СО белыми карликами наибольшее отклонение от теоретической зависимости показывают QV Vul, V443 Sct, V1425 Aql, T Aur и DQ Her, за исключением новых, которые попадают на граничную полосу, разделяющую быстрые и медленные новые. CP Lac попадает в область быстрых новых. Мы причислили ее к новым с СО белыми карликами, но как уже упоминалось раньше, она является достаточно старой новой, информации об этой звезде мало, и не исключено, что она может быть новой с ONeMg белым карликом. У новых V1425 Aql, T Aur и, особенно, у QV Vul и V443 Sct металличность меньше теоретической, в отличие от новой DQ Her, у которой она больше. Однако, если у новых QV Vul, V443 Sct, V1425 Aql, T Aur взять наибольшие, а не средние значения параметра t_3 , то металличность у этих звезд, за исключением QV Vul, будет близка к теоретической зависимости. Новые положения этих новых показаны на рис.2 серыми заполненными кружочками. Кроме того, если у новой V1425 Aql взять не среднее значение металличности, а значение, полученное Лайк и др. [16], то ее металличность будет очень хорошо совпадать с ходом теоретической зависимости.

6. Выводы.

1. Используя большую выборку новых звезд как с СО, так и с ONeMg белыми карликами, мы подтвердили расхождение между наблюдаемыми и теоретическими массами оболочек новых. Явной зависимости между наблюдаемыми массами оболочки новой и параметром t_3 , подобной теоретической, также не обнаружено. В своем подавляющем большинстве наблюдаемые массы на порядок величины и более превышают теоретические для определенных масс белого карлика, и находятся в достаточно узком диапазоне от $10^{-5} M_{\odot}$ до $6 \times 10^{-4} M_{\odot}$. Однако в большинстве случаев массы оболочек новых с ONeMg белыми карликами значительно сильнее отличаются от теоретических, чем массы оболочек новых с СО белыми карликами. Мы предположили, что это связано с тем, что оболочки новых с ONeMg белыми карликами заполнены веществом значительно меньше, чем оболочки новых с СО белыми карликами, т.е. коэффициент заполнения значительно больше недооценен у новых с ONeMg белыми карликами, чем у новых с СО белыми карликами.

2. Металличности новых с СО и ONeMg белыми карликами заметно не различаются и заключены, практически, в одних и тех же пределах от 0.04 до 0.5. Явной зависимости между металличностью и скоростью падения блеска также не обнаружено, однако для около половины новых ход наблю-

даемой зависимости металличности от параметра t_3 с некоторым разбросом соответствует ходу теоретической, отдельно для новых с СО белыми карликами и отдельно с ONeMg белыми карликами. У границы $20 \leq t_3 \leq 25$ суток, разделяющей быстрые и медленные новые, и там где отсутствуют теоретические расчеты, наблюдается наибольший разброс металличностей как для новых с СО белыми карликами, так и для новых с ONeMg белыми карликами.

Крымская астрофизическая обсерватория РАН,
e-mail: taya_tarasova@mail.ru

MASSSES AND A METALLICITY (Z) OF THE NOVA ENVELOPES WITH CARBON-OXYGEN (CO) AND OXYGEN-NEON-MAGNESIUM (ONeMg) WHITE DWARF

T.N.TARASOVA

The observed masses (62 stars) and metallicities Z (38 stars) of the nova envelopes with CO and ONeMg white dwarfs are analyzed. Comparison of observed masses and metallicities of an envelope with theoretical dependence from t_3 parameter is carried out. The observed masses and metallicities of the nova envelopes did not show dependence from t_3 parameter, similar that which is obtained from theoretical calculations. The masses of envelopes for a certain mass of the white dwarf, in the overwhelming majority, more than order of magnitude exceed theoretical, and are ranging from $7 \times 10^{-6} M_{\odot}$ up to $6 \times 10^{-4} M_{\odot}$. Metallicity of the nova with CO and ONeMg white dwarfs considerably do not differ and are in the same range $Z = 0.04 - 0.5$.

Keywords: *double stars:nova stars:mass and metallicity Z of the envelope*

ЛИТЕРАТУРА

1. O.Yaron, D.Prialnik, M.M.Shara et al., Astron. J., **623**, 398, 2005.
2. B.Warner, Cataclysmic variable stars, Cambridge University Press, 1995.
3. M. Della Valle, L.Pasquini, D.Daou et al., Astron. Astrophys., **390**, 155, 2002.
4. R.J.Strope, B.E.Schaefer, A.A.Henden, Astrophys. J., **140**, 34, 2010.

5. *R.A.Downes, H.W.Duerbeck*, *Astron. J.*, **120**, 2007, 2000.
6. *J.Andrea, H.Drechsel, M.A.J.Snijders et al.*, *Publ. Astron. Soc. Pacif.*, **244**, 111, 1991.
7. *J.Andrea, H.Drechsel, S.Starrfield*, *Astron. Astrophys.*, **291**, 869, 1994.
8. *A.Ederoclite, E.Mason, M. Della Valle et al.*, *Astron. Astrophys.*, **459**, 875, 2006.
9. *R.D.Gehrz*, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, **26**, 377, 1988.
10. *R.D.Gehrz, J.W.Truran, R.E.Williams et al.*, *Publ. Astron. Soc. Pacif.*, **110**, 3, 1998.
11. *R.D.Gehrz, A.Evans, L.A.Helton et al.*, *Astrophys. J.*, **812**, 132, 2015.
12. *A.R.Taylor, E.R.Seaquist, J.M.Hollis et al.*, *Astron. Astrophys.*, **183**, 38, 1987.
13. *C.M.Lance, M.L.McCall, A.K.Uomoto*, *Astrophys. J. Suppl.*, **66**, 151, 1988.
14. *M.A.J.Snijders, T.J.Batt, P.F.Roche et al.*, *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, **228**, 329, 1987.
15. *K.M.Vanlandingham, S.Starrfield, S.N.Shore*, *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, **290**, 87, 1997.
16. *J.E.Lyke, R.D.Gehrz, C.E.Woodward et al.*, *Astron. J.*, **122**, 3305, 2001.

