Глава 4.
СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПЕКУЛЯРНОЙ КРАСНОЙ НОВОЙ ЗВЕЗДЫ V4332 СТРЕЛЬЦА ПОСЛЕ ВСПЫШКИ 1994 ГОДА

V4332 Sgr (Nova Sgr 1994 No.1) была открыта во вспышке в 24 февраля 1994 г. М. Ямомото (Хаяши и др., 1994). В момент открытия ее блеск был $8^m.9$ pg. Момент начала вспышки неизвестен, так как звезда в это время появилась на утреннем горизонте из-за Солнца. Во вспышке за 5 дней с 9 по 14 марта спектр изменился от K3–4 III–I до M3 III–I. Это спектр холодной звезды: отождествлены полосы молекулы TiO. Линии водорода наблюдались в эмиссии. К 20 марта спектр проэволюционировал до M6.5–7 III–II (Мартини и др., 1999). По фотометрии А.Ц. Джилморе на обсерватории Маунт Джон, собранной в этой работе, показатели цвета во вспышке были очень красными: $U - B = +1^m.22 \div +1^m.4$, $B - V = +1^m.65 \div +1^m.97$, $V - R = +0^m.93 \div +1^m.07$, а на спаде вспышки наблюдалось дальнейшее покраснение в цветах $V - R$ и $V - I$. Очень похожая тенденция была видна и в поведении V838 Mon.

В спектре V4332 Sgr, полученном 5 и 6 июня 1994 г. на телескопе MMT Мартини и др. (1999) сразу после вспышки, видны эмиссии бальмеровской серии водорода, многочисленные эмиссии Fe I, Fe II, отождествлена линия Mg I λ4571Å, эмиссии Na I D_2,D_1 и [O I]. Никаких следов континуума при $\lambda <$ 6000Å в спектре MMT не видно. В длиноволновом диапазоне более 7000Å виден спектр холодной звезды класса M8–9 III с глубокими полосами поглощения TiO и VO. Заметим, что в спектре V838 Mon сразу после вспышки, водородных эмиссий и эмиссий металлов не было. Спектр V4332 Sgr в желтом и красном диапазоне 2003 года, через 9 лет после вспышки (Банерджи и Ашок, 2004), уже совершенно необычен и показывает сильнейшие эмиссии в резонансном дублете Na I D_2,D_1, в резонансном дублете K I λ7665 и 7699Å, две линии Rb I λ7900 и 7948Å, а также узкие эмиссионные линии молекул TiO и VO. Эмиссия молекул сосредоточена в кантах молекулярных полос и напоминает радиолинии межзвездного молекулярного газа. Континуум очень слабый. В работе Тыленды и др. (2005б) рассматривается спектр V4332 Sgr в диапазоне 4500–7400Å, полученный в 2003 г. Дополнительно в этом диапазоне отождествлены эмиссии нейтральных атомов Fe I и Ca I, а также узкие молекулярные эмиссии AlO и ScO. Некоторые эмиссии, обнаруженные в этих работах, остаются неотождествленными.

Интересны результаты спектроскопии V4332 Sgr в ИК диапазоне. Банерджи с соавторами (2004) в полосах LM обнаружили поглощение льда H_2O на 3.05 μm и фундаментальную полосу ^{12}CO на 4.67 μm в эмиссии. Предполагается, что V4332 Sgr – молодой объект, окруженный околозвездным диском, содержащим газ, пыль и лед. В работе Банерджи и др. (2003) у V4332 Sgr в полосах JHK обнаружены многочисленные эмиссионные линии молекулы AlO (у V838 Mon наблюдаются молекулярные полосы AlO в поглощении (Линч и др., 2004)).

ИК фотометрия V4332 Sgr в полосах системы JHK в мае 1998 г. показывала чернотельный источник с температурой 3500^{o}K, относящийся к фотосфере звезды раннего подкласса класса M (Банерджи и др., 2003). В июне 2003 г. этими же авторами обнаружен ИК-избыток от нового, дополнительного источника с температурой 900^{o}K, который по предположению этих авторов является пылевой оболочкой, и она уже не связана со вспышкой 1994 г., а представляет новый, второй эпизод потери массы.

На основании анализа каталогов SuperCOSMOS, USNO B1.0 и USNO A2.0 Тыленда и др. (2005б) предположили, что до вспышки V4332 Sgr была звездой типа Солнца, и что расстояние до нее составляет примерно 1.8 кпк. В нашем распоряжении есть 3 пары снимков в полосах B и V с глубоким пределом, полученные в 1977–1986 годах на 50-см менисковом телескопе АЗТ-5 Крымской станции ГАИШ с центром в шаровом скоплении NGC 6717. V4332 Sgr хорошо видна на этих снимках. Так что у нас есть возможность проверить предположение работы Тыленды и др. Если считать, что V4332 Sgr имела такую же абсолютную величину, как и V1006/7 в M31, то расстояние до нее оценивается в 22.5 кпс. А это значит, что она расположена далеко за галактическим центром, на краю Галактики.

Исследования пекулярных красных новых быстро развиваются. В 2006 г. вышла в свет работа Кимсвенджера (2006) по результатам спектроскопии V4332 Sgr на телескопе MMT. Спектры MMT распространяются и на синий диапазон. Наши независимые отождествления самых сильных эмиссий в синей области спектра (Горанский и Барсукова, 2006б; Барсукова и Горанский, 2006), основанные на описании спектров химических элементов в астрофизических объектах в книге Меррила (1959), в основном подтверждаются результатами Кимсвенджера. Однако спектры БТА имеют более высокое разрешение, и мы отождествили большее число слабых линий. Некоторые спорные отождествления обсуждаются в нашем докладе в трудах конференции на Ла Пальме, а также в настоящей диссертации. Кимсвенджер (2006) обнаружил постепенное увеличение блеска V4332 Sgr перед вспышкой 1994 г., о котором мы докладывали еще на конференции ВАК-2004 в Москве (Горанский и др., 2004б).

Как показывают исследования другой пекулярной красной новой V838 Mon, в ее синей области спектра наблюдается горячий голубой компонент класса B3V. Поэтому мы поставили задачу исследовать спектр V4332 Sgr в этом же диапазоне. Такая задача может быть решена с помощью БТА, так как ее блеск в полосе B после вспышки меняется в диапазоне 19–20^m.

1. Спектроскопические наблюдения остатка вспышки V4332 Sgr

Наблюдения V4332 Sgr проводились на телескопе БТА со спектрографом SCORPIO 8 и 9 июня 2005 г. при очень хороших погодных условиях. Несмотря на низкое склонение объекта, –21^o, качество изображений было отличным: FWHM = $1''.1$ в первую и $1''.6$ во вторую ночь. Чтобы не потерять коротковолновую часть спектра из-за дифференциальной рефракции, шель была установлена перпендикулярно горизонту, и при этом в нее попадала звезда в $9''$ к югу от объекта – наш основной фотометрический стандарт. Ширина щели составляла $0''.5$, причем она была сдвинута так, что диапазон распространился дальше в УФ часть спектра на 90Å. Использовалась та же гризма VPGH1200g, что и при наблюдениях V838 Mon в ноябре 2004 г., дисперсия 0.87Å/pxl. Было получено то же спектральное разрешение 4.6Å. Слабый континуум объекта виден при $\lambda > 4050$Å, а на 5500Å отношение S/N в континууме составляет 25. Спектры были также калиброваны по фотометрическому стандарту и сглажены методом скользящего среднего с интервалом 4Å. Сведения по всем полученным для V4332 Sgr спектрам даны в табл. 7 (стр. 104 диссертации).

Спектр V4332 Sgr 9 июня 2005 г. (рис. 34 а) внешне напоминает спектры далеких планетарных туманностей: на фоне слабого континуума видны многочисленные эмиссионные линии. Тем не менее, спектр V4332 Sgr и спектр любой планетарной туманности не содержат ни одной общей спектральной линии. В отличие от опубликованных ранее спектров V4332 Sgr в спектрах, полученных на БТА, видно большое количество слабых эмиссионных линий и бленд. Полуширина линий равна 4.7–5.5Å, что лишь немного превышает спектральное разрешение спектрографа SCORPIO с выбранной гризмой, FWHM = 4.6Å. Эмиссии в спектре отождествляются с линиями нейтральных атомов металлов и с молекулярными линиями окислов металлов (табл. 9).

В синем диапазоне мы отождествили две слабые эмиссии Rb I λ4201.9 и 4215.6Å (рис. 34 а), и, таким образом, подтверждаем отождествление рубидия в красном диапазоне спектра 2003 г. в работе Банерджи и Ашока (2004). В спектре неожиданно оказалось большое количество линий Cr I на лучевой скорости –70 км/с. Три резонансные линии Cr I на λ4254.3, 4274.8, 4289.7Å, и бленда Cr I на λ5204Å – самые сильные линии в нашем спектральном диапазоне (рис. 34 б).

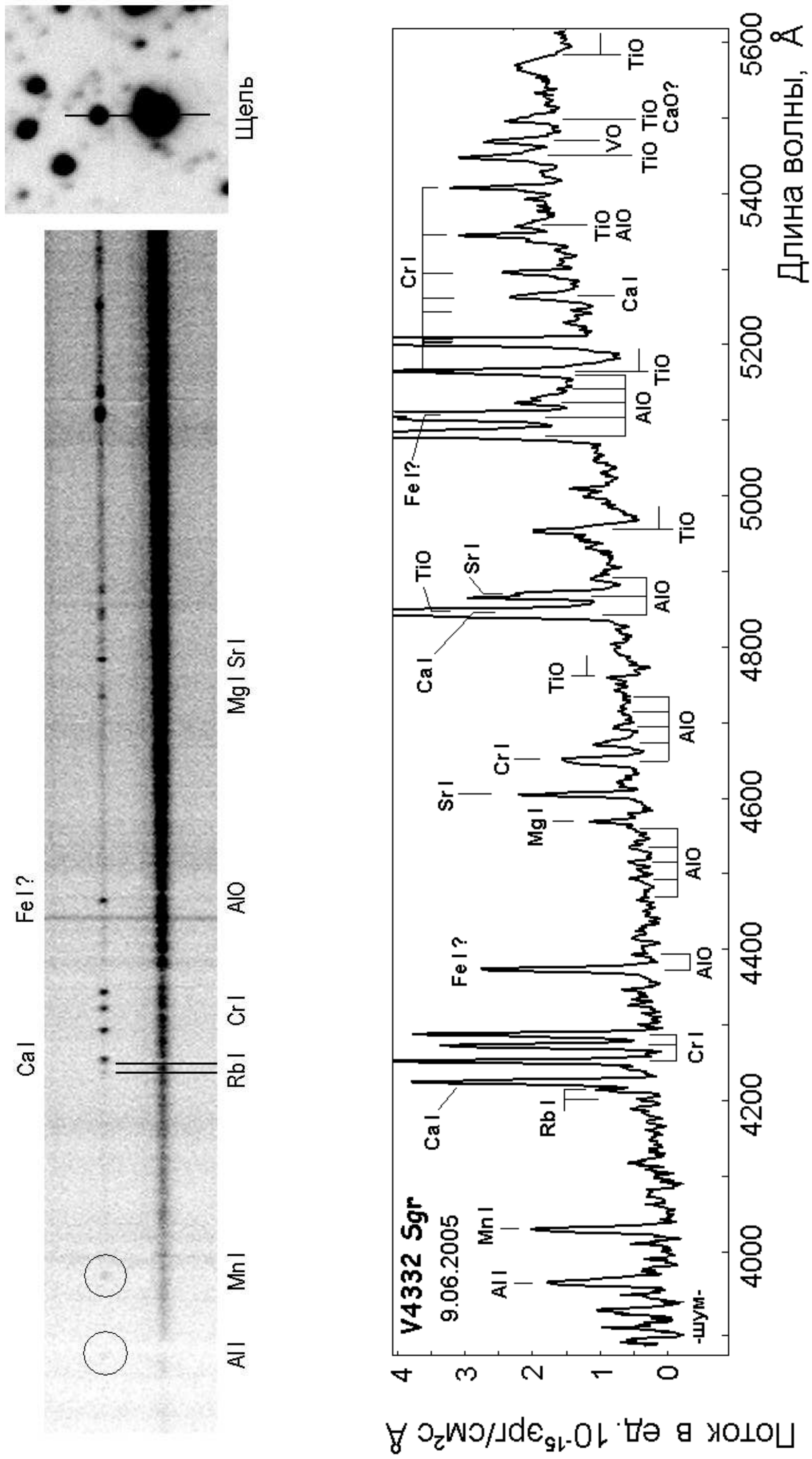

Рис. 34 а,б.

Спектр V4332 Sgr. Слева – спектральный кадр и прямое изображение, на котором показано положение щели. В щель попадает фотометрический стандарт. Справа – график спектра, отождествление атомных и молекулярных линий.

Таблица 9. Отождествление атомных и молекулярных линий в спектре V4332 Sgr.

λ(набл.) Å	EW Å	FWHM Å	Элем.	Vr км/с	Молек.	Vr км/с	Примечание
3961		10:	Al I	-80			М,резонанс.
4030	-500:	7:	Mn I	-80			М,б.,резонанс.
4201	-8:		Rb I	-70:			
4214.7	-14		Rb I	-70			
4225.2	-114	5.4	Ca I	-70			М,резонанс.
4253.0	-86	4.8	Cr I	-70			М,резонанс.
4273.7	-79	5.5	Cr I	-70			М,резонанс.
4288.2	-103	4.7	Cr I	-70			М,резонанс.
4374.4	-61	5.4	Fe I?	-70	AlO	+50	флуоресц.?
4393.6	-3				AlO		
4494.1	-3.8				AlO	+50	
4516.0	-6.4				AlO	+50	
4570.1	-7.8	4.0	Mg I	-70			М,интеркомбин.
4605.7	-24	4.5	Sr I	-110			М,[Т,не отож.]
4650.1	-29	11.4	Cr I		AlO+YO		PG,б.
4674.2	-14				AlO+ScO	+10	PG,б.
4695.1					AlO+SrO	+20	PG,б.
4760	-1.6	4.1			TiO		PG
	10	22			TiO		PG,фотосф.
4842.1	-1				AlO		PG,Т,б.***
4846.8	-68		Ca I				б.
4848.4	-42	10.7			TiO	+60	б.
4866.3	-2.3				AlO	+20	PG,Т,б.
4870.9	-23	9.6	Cr I				б.
			Sr I				
4954.7	-9.5	5.8			TiO	-30	PG,эмис.
	11	23			TiO		PG,фотосф.***
5010.7	-2.3				?		
5079.3	-2.9				AlO	+10	PG,Т,б.
5084.3	-14	11.9			TiO		б.
5102.5	-3				AlO	+10	PG,Т,б.
5109.3	-18	9.6	Fe I?	-70			Т,б.,флуоресц.?
5123.5	-2				AlO	+10	Т
5142.5	-0.4				AlO	+10	
5165.3	-16	5.2	Cr I	-50			б.
					TiO	-80	PG,б.***
			Fe I?	-60			Т,б.,флуоресц.?
	6.7	15			TiO	-80	PG,фотосф.
5204.7	-67	7.1	Cr I	-110			б.
			Fe I?				Т.,флуоресц.?

Таблица 9. Окончание.

λ(набл.) Å	EW Å	FWHM Å	Элем.	Vr км/с	Молек.	Vr км/с	Примечание
5264.8	-6.8	9.1	Cr I	-70			б.
			Ca I	-90			б.
5295.6	-4.9	6.2	Cr I	-70			[T,не отож.]
5326	-0.6		Cr I:	-130			
5337.6	-1				AlO	+30	***
5345.4	-5.4	5.6	Cr I	-70			б.
5357.4	-3	8.4			AlO	+10	б.
					TiO		б.
5378.1	-0.5				AlO	+10	
5393.9	-0.6	3.6			AlO	-60	PG
5407.9	-4.7	4.2	Cr I	-70			
			O I?	-40			
5448.4	-6.6	8.4			TiO		PG,б.***
5469.4	-3.7	7.1			VO	+10	PG
5496.7	-3.1	8.9			TiO	-10	PG

Примечание:

абс. – абсорбция; *б.* – бленда; *интеркомбин.* – интеркомбинационная линия; *M* – описана в [91]; *межзв.* – межзвездного происхождения; *резонанс.* – резонансная линия; *T* – открыта, отождествлена и описана в [136]; *[T, не отожд.]* – открыта в [136], но не отождествлена; *флуоресц.* – возможно, флуоресцентная линия Fe I; *фотосф.* – фотосферная полоса; *эмис.* – эмиссия; *PG* – в таблице кантов устойчивых полос в [110]; *** – есть также в спектре V838 Mon.

Другие сильные эмиссии в фиолетовой и синей части спектра – резонансные линии Al I λ3961Å и Ca I λ4227Å, а также резонансный триплет Mn I λ4030Å, который при нашем спектральном разрешении не разделяется на компоненты. В книге Меррила (1959) описано поведение линии Mn I у долгопериодических переменных звезд: до максимума блеска эта линия сильна и находится в поглощении, но после максимума начинают появляться тонкие полоски излучения, которые по мере развития цикла [пульсации] становятся интенсивнее, и затем начинают полностью доминировать над поглощением. Так что, у мирид эмиссия Mn I формируется в разреженном газе, выброшенном ударной волной при пульсационном цикле. Физические условия в протяженных атмосферах пульсирующих звезд, очевидно, близки к условиям в облаке разреженного газа, выброшенного при вспышке пекулярной красной новой.

Сильную эмиссию λ4606Å, не отождествленную в работе Тыленды и др. (2005б), мы приписываем резонансной линии Sr I λ4607.33Å.

В работах Тыленды и др. (2005б) и Кимсвенджера (2006) некоторые сильные линии спектра отождествлены с Fe I. Однако, наш анализ с помощью компьютерной программы и базы данных показывает, что в спектре V4332 Sgr отсутствуют сильные линии, типичные для спектра Fe I, несмотря на тот факт, что в спектрах 1994 г. сразу после вспышки были видны линии Fe I и Fe II (Мартини и др., 1999). В нашем спектре нет достаточно сильных линий Fe I общих со спектром железной дуги (см., например, в книге Пирса и Гейдона (1949) описание спектрограмм, лист 8). Поэтому мы проверили те идентификации Fe I, которые даны в двух указанных работах.

Сильная линия на λ4376Å, отождествленная Кимсвенджером с Fe I, нами отождествлена с молекулярной линией AlO(6,3). Заметим, что рядом с этой линией на λ4383Å расположена сильнейшая линия Фраунгофера Fe I d солнечного спектра (там она видна в поглощении). Линия d очень сильна и в эмиссионном спектре железной дуги, но в нашем спектре V4332 Sgr линия d совершенно не видна. И, наоборот, линия λ4376Å очень слаба в спектре Солнца и железной дуги, но сильна в спектре V4332 Sgr.

Для красного компонента бленды с максимумом на λ5109.3Å, отождествленного Тылендой и др. (2005б) как Fe I 5110.4Å, мы не нашли лучшего отождествления. Это одна из сильнейших линий в этом диапазоне спектра V4332 Sgr. Линия Fe I 5110.4Å очень слабая в спектре железной дуги и в солнечном спектре, в то время как в соседнем диапазоне λ5150–5460Å спектр Fe I железной дуги богат сильными эмиссиями, которые мы не видим в спектре V4332 Sgr.

В нашем диапазоне, как в красном и ИК диапазонах, хорошо представлены молекулярные линии AlO, TiO и VO. Три абсорбционные полосы α-системы TiO видны в красном континууме спектра V4332 Sgr с кантами на λ4760, 4955 и 5165Å, причем все они сопровождаются узкими эмиссионными компонентами в кантах этих полос (рис. 34 б). Кимсвенджер (2006) и Тыленда и др. (2005б) отождествляют один из таких эмиссионных компонентов с Fe I λ5168Å. Другой эмиссионный компонент в канте полосы TiO на λ4955Å Кимсвенджер оставил под вопросом.

Очень сильная бленда, отождествленная нами как Cr I λ5204Å, приписана Тылендой и др. (2005б) Fe I λ5204.6Å. Эта линия Fe I тоже слаба в спектре железной дуги. В нашем спектре V4332 Sgr она имеет заметно большую полуширину FWHM = 7.1Å, чем одиночные линии. Так что, это явная бленда, которая состоит из трех компонентов Cr I λ5204.5, 5206.0, 5208.4Å. К тому же в окрестностях этой бленды мы отождествляем еще несколько линий Cr I, положение которых соответствует той же лучевой скорости Cr I, равной –70 км/с в этом спектре.

Механизм усиления интенсивности эмиссионных линий Fe I λ4376, 5110, 5166 и 5204Å (которые отождествлены ненадежно) пока не ясен. Если реально это линии Fe I, то поведение этих линий напоминает флуоресценцию. В астрофизике известны аномально сильные флуоресцентные линии Fe I λ4063 и 4132Å, которые светят за счет накачки на уровень $y^3F^o_3$ эмиссией CaII H + Hϵ, и Fe I λ4202 и 4308Å – на уровень $z^3G^o_4$ эмиссией Mg II λ2795Å (Меррил, 1959). Однако перечисленные нами линии не известны как флуоресцентные. В книге Меррила (1959) некоторые из них описаны как интеркомбинационные (на диаграмме Гротриана на стр. 184) – как переходы между термами различной мультиплетности. Однако, эта схема не полна, как пишет автор книги. Интеркомбинационной линией может быть Fe I λ5166.3Å, но не близкая к ней линия Fe I λ5167.5Å, которая обсуждалась ранее. Именно она соответствует переходу $z^7D^o - a^5D$, как и линия Fe I λ5204.6Å(Стриганов и Свентицкий, 1966). Пока не ясен механизм излучения этих линий, их отождествление как линий Fe I остается как одно из альтернативных.

В наших спектрах хорошо видна интеркомбинационная линия Mg I λ4571Å. Эта эмиссия также формируется только в разреженном газе малой плотности. Так как интеркомбинационный переход маловероятен, требуется большой объем газа, чтобы наблюдать эту эмиссию.

Узкие молекулярные эмиссии AlO, TiO, и VO так же хорошо представлены в нашем спектральном диапазоне, как и в длинноволновых диапазонах, согласно работам Банерджи и Ашока (2004) и Тыленды и др. (2005б). Как уже упоминалось, три полосы TiO с кантами на λ 4760, 4955 и 5165Å видны в абсорбции на фоне красного континуума, который принадлежит фотосфере холодного компонента.

Вклад эмиссий в фотометрические полосы B и V у V4332 Sgr составляет 43% и 26%, соответственно.

2. Анализ спектроскопии V4332 Sgr в совокупности с архивной фотографической и современной ПЗС-фотометрией

Архивными источниками для фотометрического исследования V4332 Sgr служили цифровые файлы DSS, оцифрованные файлы, полученные со сканеров станции во Флагстаффе Морской обсерватории США (USNO FS) через Интернет, и оцифрованные в ГАИШ на сканере CREO снимки фототеки ГАИШ, полученные на телескопе АЗТ-5 Крымской станции ГАИШ.

Мы не нашли в литературе данных о фотометрическом стандарте около V4332 Sgr и сделали его сами. Основным стандартом служила звезда в $9''$ к югу от переменной. Звезда имеет низкое склонение для широты САО и Крымской станции ГАИШ, абсолютные привязки проводились на больших воздушных массах ($>$2.3). Это может быть причиной неточности, и потому такие привязки были повторены 4 раза. Результаты привязки даны в табл. 10. Относительно измеренного стандарта были получены величины ряда слабых звезд в окрестностях V4332 Sgr в полосах системы $UBVR_CI_C$ для построения характеристических кривых

Таблица 10. Фотометрия V838 Mon и V4332 Sgr

JD hel.24...	U	B	V	R_C	I_C	Источник
V838 Mon						
53084.26	$16.^m69$	$16.^m38$	$15.^m32$	$12.^m47$	$9.^m48$	CCD EEV 42-40
53321.50	16.65	16.59	15.52	12.96	10.15	CCD EEV 42-40
V4332 Sgr						
33475	-	19.00 ±.10	-	17.18 ±.10	-	POSS1,O,E
43311	-	-	18.05 ±.40	-	-	АЗТ-5, 4412
44435	-	18.08 ±.20	-	-	-	АЗТ-5, 5899
44436	-	-	17.60 ±.20	-	-	АЗТ-5, 5904
46255	-	-	-	16.29 ±.10	-	ESO R
46558	-	18.30 ±.20	-	-	-	АЗТ-5, 8001
46589	-	-	17.66 ±.10	-	-	АЗТ-5, 8008
46596	-	18.24 ±.15	-	-	-	АЗТ-5, 8037
46863	-	-	-	-	15.10 ±.05	POSS2,IN
47011	-	17.87 ±.20	-	-	-	DSS1
48470	-	-	-	14.68 ±.10	- -	AAO R
53530.45	20.7:	19.60	17.80	16.47	14.74	CCD EEV 42-40
53530.48	20.6:	19.61	17.82	16.47	14.71	CCD EEV 42-40
53531.47	$>$20	19.49	17.77	16.49	-	CCD EEV 42-40
Стандарт	15.68 ±0.10	14.69 ±0.03	13.30 ±0.02	12.56 ±0.03	11.40 ±0.05	$9''$ к югу от var

по архивным снимкам. В табл. 10 сведены архивные наблюдения и современные ПЗС-наблюдения, привязанные к выбранному стандарту. Исторические кривые блеска V4332 Sgr, построенные по нашим и всем опубликованным данным, показаны на рис. 35 (вспышка на этом рисунке не показана).

Из фотометрии следуют такие выводы: блеск звезды в полосе B в настоящее время на $0.^m5$ ниже, чем он был до вспышки в 1950 г., и на $1.^m3$ ниже, чем в первой половине 80-х годов. Такое понижение блеска напоминает поведение V838 Mon. В отличие от V838 Mon, у которой блеск до вспышки был постоянен, у V4332 Sgr перед вспышкой блеск звезды постепенно повышался в полосе R от $17^m.18$ в 1950 г. до $14^m.68$ в 1991 г., повышение блеска заметно и в полосе B.

Распределения энергии, построенные по этим данным, показаны на рис. 36, где заполненные кружки – средние значения 1980–1986 г., квадраты – измерения по оцифрованным фотографиям паломарского обзора 1950 г., светлые кружки - данные июня 2005 г. Величина межзвездного поглощения для V4332 Sgr определяется избытком цвета $E(B-V) = 0.^m32$ из работы Мартини и др. (1999) и общепринята в литературе. На рисунке восстановлены не искаженные межзвездным поглощением спектральные распределения. По нашим спектральным данным мы смогли учесть вклад эмиссий только в полосах B и V, причем наш спектр не охватывает полосу V полностью, и в этом фильтре оценка может быть недостаточно точной. Фотометрически определенное положение континуума в современном спектре показано крестиками. Для сравнения мы нанесли на рисунок континуум спектра 2005 года, сглаженный методом скользящего среднего. Рассогласование между спектральной и фотометрической калибровками по описанным ранее причинам составило $\Delta(lgF) \approx 0.18$, и спектральный континуум на рис. 36 сдвинут на эту величину вниз.

На рисунке видно, что распределение энергии в спектре V4332 Sgr в 1980–1986 годах было составным и содержало голубой компонент, который уже не виден в современном спектре. В спектре до вспышки еще

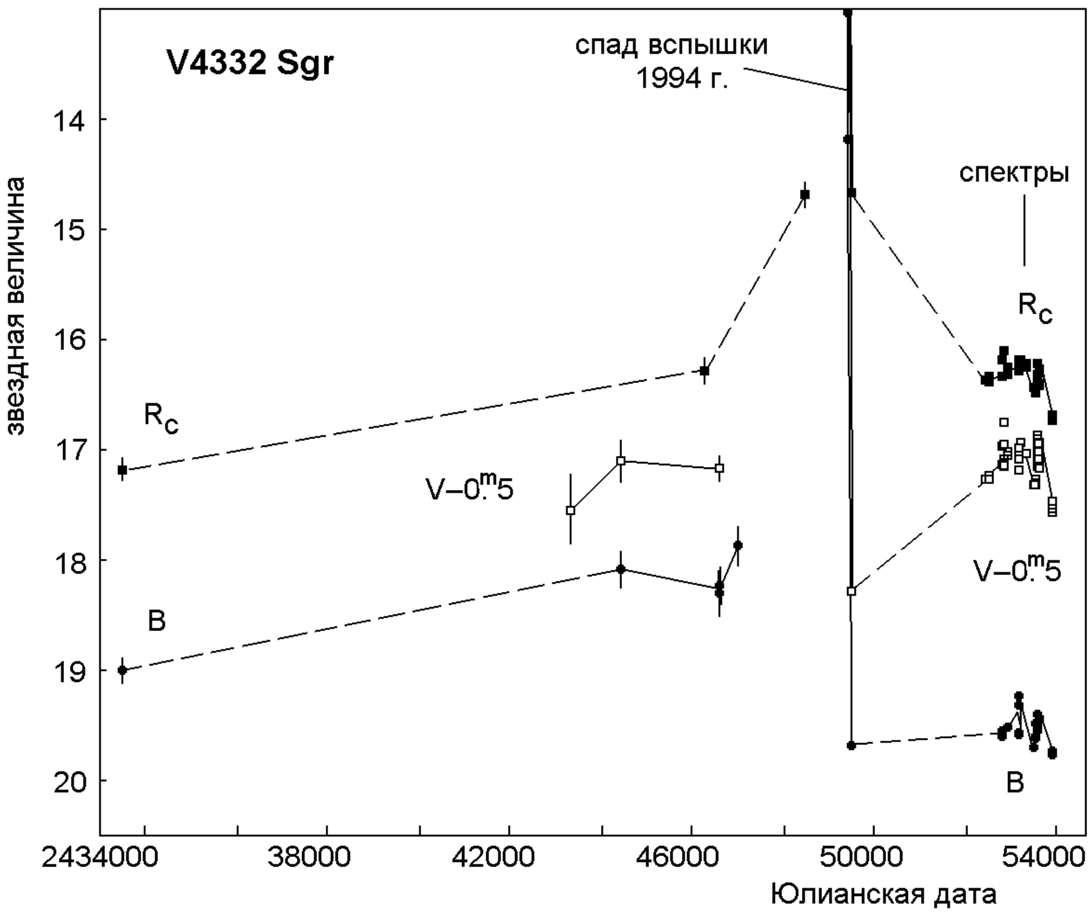

Рис. 35.

Исторические кривые блеска V4332 Sgr до и после вспышки в полосах B, V и R. Длинной вертикальной чертой отмечено положение спада вспышки по времени (сама вспышка не показана), короткой – момент получения наших спектров.

содержался красный компонент, вклад которого в современном спектре почти не изменился (хотя его блеск явно переменный). Так что V4332 Sgr была двойной системой, состоящей из голубого и красного компонента, причем после вспышки наблюдается только континуум красного компонента. Этот континуум в диапазоне $BVRI$ плохо представляется распределениями энергии нормальных M-звезд из работ Глушневой и др. (1992) и Якоби и др. (1984). Нужно отметить, однако, что распределения энергии холодных звезд в этих двух источниках совершенно не похожи и сильно отличаются систематически. Тем не менее

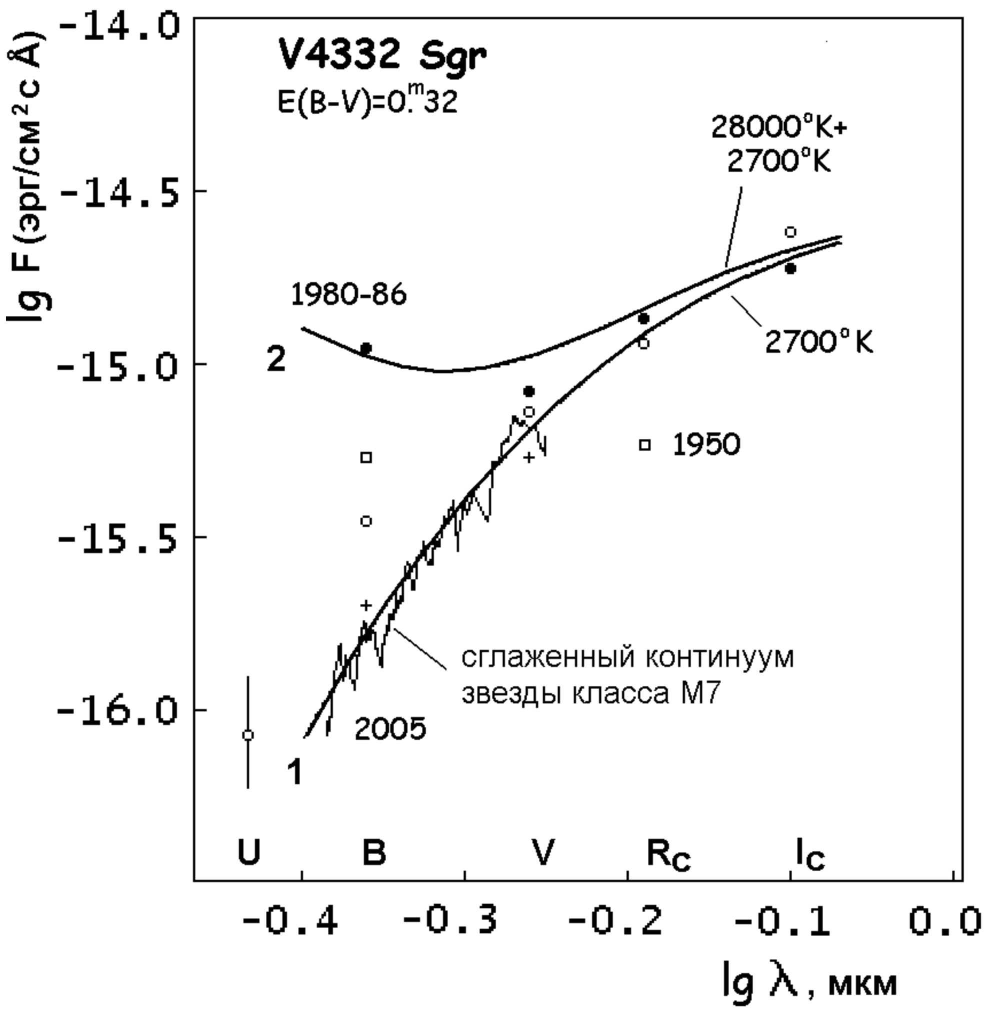

Рис. 36.

Распределение энергии в спектре V4332 Sgr. Восстановлены не искаженные межзвездным поглощением спектральные распределения с использованием указанного на рисунке избытка цвета $E(B-V)$. Заполненными кружками показано– распределение энергии в 1980–1986 годах до вспышки 1994 г. и плавной линией (2) – чернотельная модель; квадратами – распределение энергии в синем и красном диапазоне в 1950 г.; пустыми кружками – распределение энергии в июне 2005 г. по фотометрическим данным; крестами – распределение энергии в июне 2005 г. в континууме в полосах B и V с вычетом вклада эмиссионного компонента; ломаной линией нанесен сглаженный спектральный континуум в июне 2005 г. и плавной линией (1) – представление континуума чернотельной моделью. Температуры компонентов чернотельных моделей указаны на рисунках.

континуум хорошо представляется планковским чернотельным распределением с температурой 2700^oK (рис. 36). Такая температура соответствует спектральному классу M7. Заметим, что в ИК лучах для этого континуума была определена другая чернотельная температура, 3500^oK (Банерджи и др., 2003). Наблюдения 1980–1986 г. приблизительно представляются суммой двух планковских распределений с температурами 2700^oK и 28000^oK, при этом модельное отношение интенсивностей компонентов в полосе V составляет 1.6:1.

Итак, красный звездный компонент, континуум которого мы сейчас видим в спектре, не является остатком вспышки 1994 г., так как он был виден и в распределении энергии 80-х годов. Звезда близкого спектрального класса M8–9 III видна и в спектрах, полученных Мартини и др. (1999) с телескопом MMT сразу после вспышки 1994 г. На рис. 36 видно, что красный участок современного спектрального распределения энергии совпадает с наблюдениями середины 80-х годов. Фотометрические точки 50-х годов в фильтрах B и R, основанные на изображениях паломарского обзора, расположены заметно ниже (квадраты на рис. 36). Это свидетельствует о переменности обоих компонентов системы до вспышки или об изменении прозрачности околозвездной среды. Природа этих изменений пока не ясна.

В нашем спектре вообще не видно звездного остатка вспышки или какого-либо влияния его на холодный разреженный газ (в виде ионизации атомов или диссоциации молекул). Из наших наблюдений следует, что горячей звезды в системе сейчас нет. Если все-таки остаток – это другая холодная звезда, то ее спектральное распределение энергии должно совпадать с распределением энергии известного красного компонента. И тогда эта холодная звезда столь слаба, что ее излучение теряется на фоне переменности красного компонента.

Вывод о том, что до вспышки V4332 Sgr была звездой типа Солнца Тыленды и др. (2005б), или хотя бы содержала компонент солнечного типа, нашими наблюдениями не подтверждается.

Отличия спектров остатков вспышек двух пекулярных красных новых очень значительны. Это фотосферный спектр "коричневого" сверхгиганта у V838 Mon и спектр холодного оптически тонкого газа у V4332 Sgr. Общие черты этих двух спектров в том, что это спектры объектов, богатых кислородом, имеющих нормальное, близкое к солнечному содержание элементов. Возможно, причиной значительных спектральных отличий является возраст остатков, 2–3 года V838 Mon, и 11 лет V4332 Sgr. В современном спектре V4332 Sgr мы не видим каких-либо следов "коричневого" сверхгиганта, подобного остатку V838 Mon, а ИК наблюдения обзоров 2MASS и DeNIS 1998 и 1999 г. (4 и 5 лет после вспышки) не обнаружили столь сильного источника ИК излучения, как компонент sgL V838 Mon. Можно предположить также, что в системе V4332 Sgr "коричневый" сверхгигант не смог сформироваться из-за того, что эта система была более тесной, чем V838 Mon, и он разрушился из-за приливного воздействия M-звезды.

3. Основные выводы исследования V4332 Sgr

1) В спектре V4332 Sgr через 11 лет после вспышки видно облако холодного разреженного газа, состоящего из нейтральных атомов металлов и молекул окислов металлов. Молекулы TiO и AlO излучают в узких эмиссиях, локализованных в кантах молекулярных полос. В синих и желтых лучах наиболее сильны эмиссии Cr I, отождествлены резонансные линии Al I, Mn I, Ca I, Sr I. Найдены линии Rb I, которые ранее были открыты в красных лучах. Возможны идентификации нескольких эмиссий с линиями Fe I, но тогда эти линии не являются тиничными линиями спектра Fe I, а аномально усилены. Возможно, они являются флуоресцентными по природе, но флуоресценция в этих линиях ранее не наблюдалась. Эмиссионный спектр накладывается на красный континуум холодной звезды спектрального класса M7 с температурой 2700^oK, в спектре которой видны полосы TiO в поглощении.

2) Установлено, что спектр V4332 Sgr до вспышки состоял из двух компонентов: голубого и красного. По архивным фотометрическим данным

обнаружено поярчание звезды перед вспышкой. После вспышки в спектре V4332 Sgr голубой компонент не наблюдается. Так что и в системе V4332 Sgr вероятно произошел взрыв голубого компонента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Перспективы дальнейших исследований

Наши наблюдения подтвердили уникальность вспышки CI Cam 1998 г. как среди рентгеновских транзиентных источников, так и среди B[e]-звезд. Природа этой вспышки – термоядерный взрыв водорода, накопившегося на поверхности белого карлика в результате аккреции.

Для получения точных значений масс компонентов системы CI Cam необходимо получить кривую лучевой скорости массивного главного компонента – B[e]-звезды. Так как полуамплитуда лучевых скоростей эмиссий He I и Fe II мала (менее 5 км/с), нужна высокая точность определения лучевой скорости, а значит спектроскопия высокого разрешения. Так как кривая лучевой скорости CI Cam асимметрична, для измерения амплитуды достаточно пронаблюдать 3–4 ночи около фазы нижнего соединения компактного компонента. Мы уже получили время на БТА со спектрографом NES по заявке на первую половину 2006 г. и получили эшелле-спектры точно в нижнем соединении. В дальнейшем мы рассчитываем получить такие спектры в других фазах около нижнего соединения.

Получение новых спектроскопических данных в более широком диапазоне фаз около нижнего соединения интересно и для системы с черной дырой V4641 Sgr. Если наблюдавшаяся нами в 2001 г. депрессия в красном крыле профиля линии H_α до прохождения соединения принадлежит аккреционному диску, расположенному в плоскости орбиты, ожидается появление такой же депрессии в синем крыле после прохождения соединения. К сожалению, объект имеет низкое склонение, и полностью пронаблюдать это явление в течение одной ночи на наших широтах невозможно.

Пекулярные красные новые, как показало наше исследование, принципиально отличны по своей природе от классических новых и представляют новое и неизвестное ранее явление. Продолжение спектральных и фотометрических наблюдений известных галактических пекулярных красных новых очень важно. Особенно для V838 Mon, у которой в последнее время (2005–2006 г.) в спектре начались быстрые изменения. Интересно проследить за изменениями лучевой скорости звездных компонентов, и за эволюцией остатков взрыва голубых звезд. Представляет интерес также поиск объектов этого класса среди мало изученных исторических новых. У нас есть несколько таких объектов под подозрением.

Автор диссертации благодарен

В.П. Горанскому (ГАИШ) и С.Н. Фабрике (САО) за руководство работой; А.Н. Буренкову, Н.В. Борисову (САО) за проведение спектрального мониторинга CI Cam и наблюдения V838 Mon во вспышке на 1-м телескопе САО РАН; С.А. Пустильнику и А.В. Угрюмову (САО) за проведение наблюдений CI Cam во вспышке 1998 г. на БТА; А.Н. Буренкову, Н.В. Борисову, В.П. Михайлову, А.В. Моисееву, А.Г. Прамскому, С.Н. Фабрике, П.К. Аболмасову (САО) за участие и помощь в наблюдениях на телескопе БТА;

моим коллегам из Лаборатории астроспектроскопии САО В.Г. Клочковой, В.Е. Панчуку, Е.Л. Ченцову и М. Юшкину за полезное сотрудничество по спектроскопии высокого разрешения;

моим соавторам С.Ю. Шугарову (ГАИШ), Н.В. Метловой (Крымская лаборатория ГАИШ); В.М. Ларионову (Санкт-Петербургский университет) за поддержку и сотрудничество; А.В. Жаровой (ГАИШ) за проделанную работу по сканированию пластинок АЗТ-5;

моим зарубежным коллегам С. Кларку (Открытый университет, UCL, Лондон, Англия), Р.И. Хайнесу (Университет г. Саутгемптона, Англия), А.С. Мирошниченко (Пулковская обсерватория и Университет Северной Каролины в Гринсборо, США) и П. Кролю (Зоннебергская обсерватория, Германия) за совместную работу и полезные обсуждения.

Комитету по теметике 6-м телескопа и 1-м телескопа САО за регулярно предоставляемое время для наблюдений. ГАИШ за предоставленное время для фотометрических наблюдений на 60-см телескопе Крымской лаборатории ГАИШ, персоналу Крымской лаборатории ГАИШ и ее руководителю Е.А. Колотилову за гостеприимство и помощь в наблюдениях.

Российскому фонду фундаментальных исследований за поддержку грантами No. 03-02-16133, 03-02-16341, 03-02-16580, 04-02-16349, 05-02-26843з. Учредителям программы НТП "Астрономия" за финансовую поддержку темы 1.4.2.2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айяни и др., 1999 - K. Ayani, T.C. Peiris and A.C. Clarke, IAU Circ. No.7254.

2. Аккер и др., 1982 - A. Acker, M. Jashek, F. Gleizes, Astron. Astrophys. **48**, 363.

3. Асплунд и др., 1977 - M. Asplund, B. Gustaffson, D.L. Lambert, N. Kameswara Rao, Astron. Astrophys. **321**, L.17.

4. Байдельман, Кинан, 1951 - W.R. Bidelman, P.C. Keenan, Astrophys. J., **114**, 473.

5. Банерджи и др., 2003 - D.P.K. Banerjee, W.P. Varricatt, N.M. Ashok, O. Launila, Astrophys.J. **598**, L31.

6. Банерджи и Ашок, 2004 - D.P.K. Banerjee, N.M. Ashok, Astrophys. J. **604**, L57.

7. Банерджи и др., 2004 - D.P.K. Banerjee, W.P. Varricatt, N.M. Ashok, Astrophys.J. **615**, L53.

8. Бакстон и др., 2003 - M. Buxton, D. Maitra, C. Bailyn, L. Jeanty, D. Gonzalez, Astronomer's Tel. No. 170.

9. Бакстон и др., 2005 - M. Buxton, C. Bailyn, D. Maitra, Astronomer's Tel. No. 542.

10. Барсукова и др., 1998 - E.A. Barsukova, S.N. Fabrika, S.A. Pustilnik, A.V. Ugryumov, Bull. Spec. Astrophys. Obs. **45**, 145 (astro-ph/9905338).

11. Барсукова и Фабрика, 2000 - Barsukova E.A., Fabrika S.N., *Переменные звезды - ключ к пониманию строения и эволюции Галактики.* Ред. Н.Н.Самусь и А.В.Миронов, Cygnus. Нижний Архыз. Стр.154.

12. Барсукова и др., 2002a - Е.А. Барсукова, Н.В. Борисов, В.П. Горанский, В.М. Лютый, Н.В. Метлова, Астрон. журн. **79**, 309 (astro-ph/0201135).

13. Барсукова и др., 2002б - E.A. Barsukova, N.V. Borisov, V.P. Goranskij, A.V. Kusakin, N.V. Metlova, S.Yu. Shugarov, in *Classical Novae Explosions*, AIP Conf. Proc. **637**, 303.

14. Барсукова и др., 2002в - E.A. Barsukova, N.V. Borisov, S.N. Fabrika, V.P. Goranskij, N.V. Metlova, ASP Conf. Series **261**, 463.

15. Барсукова и др., 2005а - E.A. Barsukova, N.V. Borisov, A.N. Burenkov, V.G. Klochkova, V.P. Goranskij, N.V. Metlova. Astronomer's Tel. No.416.

16. Барсукова и др., 2005б - E.A. Barsukova, N.V. Borisov, A.N. Burenkov, V.G. Klochkova, V.P. Goranskij, N.V. Metlova, in *Stars with the B[e] phenomenon*, ASP Conf. Series (in print).

17. Барсукова и др., 2006а - Е.А. Барсукова, Н.В. Борисов, А.Н. Буренков, В.Г. Клочкова, В.П. Горанский, Н.В. Метлова. Астрон. журн. **83**, No.8, 745.

18. Барсукова и др., 2006б - E. Barsukova, V. Goranskij, P. Abolmasov and S. Fabrika. Astronomer's Tel. No. 803.

19. Барсукова и Горанский, 2006 - E. Barsukova E., V. Goranskij. "The nature of V838 Mon and its light echo". Programme, abstracts, and list of participants. 16-19 May 2006, La Palma, Canary Islands, Spain. P.26.

20. Бедиент, 2002 - J. Bedient, IAU Circ. No.7790.

21. Беллони и др., 1999 - T. Belloni, S. Dieters, M.E. van den Ancker, R.P. Fender, D.W. Fox, B.A. Harmon, M. van dar Klis, J.M. Kommers, W.H.G. Lewin, J. van Paradijs, Astrophys.J. **527**, 345.

22. Бергнер и др., 1995 - Yu.K. Bergner, A.S. Miroshnichenko, R.V. Yudin, K.S. Kuratov, D.V. Mukanov, T.A. Shejkina, Astron. Astrophys. Suppl. Ser. **112**, 221.

23. Браун, 2002 - N.J. Brown, IAU Circ. No.7785.

24. Бэйлин и др., 2003 - C. Bailyn, D. Maitra, M. Buxton, L. Jeantly, D. Gonzalez, Astronomer's Tel. No. 171.

25. Вагнер и Старрфилд, 1998 - R.M. Wagner, S.G. Starrfield, IAU Circ. No.6857.

26. Вагнер и др., 2002 - R.M. Wagner, J.P. Halpern, M. Jackson, IAU Circ., No.7785.

27. Вийнандс и ван дер Клис, 2000 - R. Wijnands and M. van der Klis, Astrophys.J. **528**, L93.

28. Гарсиа и др., 1998 - M.R. Garsia, P. Berlind, E. Barton, J.E. McClintock, IAU Circ. No.6865.

29. Гебалле и др., 2002 - T.R. Geballe, S.P.S. Eyres, A.Evans, V.H. Tyne, IAU Circ., No.7796.

30. Глушнева и др., 1992 - I.N. Glushneva, A.V. Kharitonov, L.N. Knyazeva, V.I. Shenavrin, Astron. Astrophys. Suppl. **92**, 1.

31. Гончарский и др., 1991 - А.В. Гончарский, С.Ю. Романов, А.М. Черепащук, *Конечно-параметрические обратные задачи астрофизики.* (Изд-во МГУ, М.), с.77.

32. Горанский В.П., 1978, Астрон. циркуляр, No.1024, 3.

33. Горанский и Лютый, 1988 - В.П. Горанский, В.М. Лютый, Астрон. журн. **65**, 381.

34. Горанский, 1990 - V.P. Goranskij, Inform. Bull. Variable Stars, No.3464.

35. Горанский, 2001 - V.P. Goranskij, Inform. Bull. Variable Stars, No.5068.

36. Горанский и др., 2002a - V.P. Goranskij, E.A. Barsukova, A.N. Burenkov, and D.N. Monin, in *New Views on Microquasars.* Eds. Ph. Durouchoux, V. Fuchs, J. Rodrigues. Center for Space Physics, Kolkata, India. P.382 (astro-ph/0209592).

37. Горанский и др., 2002б - В.П. Горанский, А.В. Кусакин, Н.В. Метлова, С.Ю. Шугаров, Е.А. Барсукова, Н.В. Борисов, Письма в Астрон. журн. **28**, 764.

38. Горанский и др., 2003 - В.П. Горанский, Е.А. Барсукова, А.Н. Буренков, Письма в Астрон. журн. **80**, 805.

39. Горанский и Барсукова, 2004 - V.P. Goranskij, E.A. Barsukova, Astronomer's Tel. No. 245.

40. Горанский и др., 2004а - V.P. Goranskij, S.Yu. Shugarov, E.A. Barsukova, P. Kroll, Inform. Bull. Var. Stars No. 5511.

41. Горанский и др., 2004б - В.П. Горанский, Е.А. Барсукова, Н.В. Борисов, А.Н. Буренков, Н.В. Метлова, С.Ю. Шугаров, Труды ГАИШ **75**, 138 (http://jet.sao.ru/∼bars/rednovae.htm).

42. Горанский и Барсукова, 2006а - V. Goranskij, E. Barsukova E.A. "The nature of V838 Mon and its light echo". Programme, abstracts, and list of participants. 16-19 May 2006, La Palma, Canary Islands, Spain. P.23.

43. Горанский В.П., Барсукова Е.А., 2006б, Астрон. журн. (в печати).

44. Даунс, 1984 - R.A. Downes, Publ. Astron. Soc. Pacific. **96**, 807.

45. Дегучи и др., 2005 - Sh. Deguchi, N. Matsunaga, H. Fukushi, Publ. Astron. Soc. Japan **57**, L25.

46. Делла Валле и Иидзима, 2002 - M. Della Valle, T. Iijima, IAU Circ. No.7786.

47. Джорговский и др., 1999 - S.G. Djorgovski, R.R. Gal, A. Mahabal, T. Galama, J. Bloom, R. Rutledge, S. Kulkarni, F. Harrison, Astronomer's Tel. No.44.

48. Диминг и др., 1975 - Deeming T.J., Astrophys. Space Sci. **36**, 173.

49. Жорец, 1998 - J. Zorec, *B[e] stars.* Ed. A.M. Hubert, C. Jaschek. (Kluwer. Dordrecht, Holland), p.27.

50. Зач, 1989а - L.A. Zach, Сообщ. САО РАН, Вып.60, 70.

51. Зач, 1989б - L.A. Zach, Сообщ. САО РАН, Вып.63, 160.

52. Зач, 1990 - L.A. Zach, Сообщ. САО РАН, Вып.65, 45.

53. Зикграф, 2003 - F.-J. Zickgraf, Astron. Astrophys. **408**, 257.

54. Ибен, 1982 - I. Iben, Astrophys.J. **259**, 244.

55. Ибен и Тутуков, 1992 - I. Iben, Jr., A.V. Tutukov, Astrophys.J. **389**, 369.

56. ин't Занд и др., 1999 - J. in't Zand, J. Heize, A. Bazzano, M. Cocchi, L. di Coilo, J.M. Muller, IAU Circ., No.7119.

57. ин't Занд и др., 2000 - J.J.M. int'Zand, E. Kuulkers, A. Bazzano, R. Cornelisse, M. Cocchi, J. Heise, J.M. Muller, L. Natalucci, M.J.S. Smith, P. Ubertini, Astron. Astrophys., **357**, 520.

58. Ишида и др., 2004 - M. Ishida, K. Morio, Y. Ueda, Astrophys. J. **601**, 1088.

59. Камерон, Фаулер, 1971 - A.G.W. Cameron, W.A. Fowler, Astrophys. J., **164**, 111.

60. Като и др., 1999 - T. Kato, M. Uemura, R. Stubbings, T. Watanabe, B. Monard, Inform. Bull. Variable Stars, No. 4777.

61. Като и Уемура, 2001 - T. Kato, M. Uemura, Inform. Bull. Var. Stars. No.5081.

62. Като, 2002 - T. Kato, IAU Circ. No. 7786.

63. Карицкая и др., 2001 - Е.А. Карицкая, И.Б. Волошина, В.П. Горанский, К.Н. Гранкин, Э.Б. Джаниашвили, О.В. Ежкова, Н. Кочиашвили, М.И. Кумсиашвили, А.В. Кусакин, В.М. Лютый, С.Ю. Мельников, Н.В. Метлова, Астрон. журн. **78**, 408.

64. Кемпбелл-Вильсон и Ханстед, 2002 - D. Campbell-Wilson and R.W. Hunstead, IAU Circ. No.7908.

65. Кимсвенджер, Ледерле, 2002а - S. Kimswenger, C. Lederle, IAU Circ. No.7796.

66. Кимсвенджер, Ледерле, 2002б - S. Kimswenger, C. Lederle, IAU Circ., No.7812.

67. Кимсвенджер, 2006 - S. Kimeswenger, Astron. Nachrichten **327**, 44.

68. Кимсвенджер и Айрес, 2006 - S. Kimeswenger and S.P.S. Eyres, Inform. Bull. Var. Stars No. 5708.

69. Киппер и др., 2004 - T. Kipper, V.G. Klochkova, K. Annuk, A. Hirv, I. Kolka, L. Leedjarv, A. Puss, P. Skoda, M. Slechta, Astron. Astrophys. **416**, 1107.

70. Кларк и др., 1999 - J.S. Clark, I.A. Steele, R.P. Fender, M.J. Coe, Astron. Astrophys. **348**, 888.

71. Кларк и др., 2000 - J.S. Clark, A.S. Miroshnichenko, V.M. Larionov, V.M. Lyuty, R.I. Hynes, G.G. Pooley, M.J. Coe, M. McCollogh, S. Dieters, Yu.S. Efimov, J. Fabregat, V.P. Goranskij, C.A. Haswell, N.V. Metlova, E.L. Robinson, P. Roche, V.I. Shenavrin, W.F. Welch, Astron. Astrophys. **356**, 50.

72. Колуцци, 1993 - R. Coluzzi, Bull. Inform. CDS **43**, 7.

73. Койфл и др., 2002 - H.U. Kaeufl, G. Locurto, F. Kerber, B.Heiligers, IAU Circ., No.7831.

74. Краузе и др., 2003 - L.A. Crause, W.A. Lawson, D. Kilkenny, F. van Vyk, F. Marang, A.F. Jones, Monthly Not. Roy. Astron. Soc. **341**, 785.

75. Краузе и др., 2005 - L.A. Crause, W.A. Lawson, J.W. Menzies, F. Marang, Monthly Not. Roy. Astron. Soc. **358**, 1352.

76. Кристи, 1966 - R. Christy, Astrophys.J. **144**, 108.

77. Ле Боргне и др., 2003 - J.-F. Le Borgne, G. Bruzual, R. Pello, A. Lancon, B. Rocca-Volmerange, B. Sanahuja, D. Schaerer, C. Soubiran, R. Vilchez-Gomez, Astron. Astrophys. **402**, 433.

78. Ламерс и др., 1998 - H.J.G.L.M. Lamers, F.-J. Zickgraf, D. de Winter, L. Houziaux, J. Zorec, Astron. Astrophys. **340**, 117.

79. Лаулор, 2005 - T.M. Lawlor, Monthly Not. Roy. Astron. Soc. **361**, 695.

80. Линдстрем и др., 2005 - C. Lindstrom, J. Griffin, L.L. Kiss, M. Uemura, A. Derekas, Sz. Meszaros, P. Szekely, Monthly Not. Roy. Astron. Soc. **363**, 882.

81. Линч и др., 2004 - D.K. Lynch, R.J. Rudy, R.W. Russell, S. Mazuk, C.C. Venturini, W. Dimpfl, L.S. Bernstein, M.L. Sitko, S. Fajardo-Acosta, A. Tokunaga, R. Knacke, R.C. Puetter, P.R. Brad, Astrophys.J. **607**, 460.

82. МакКлур, 1983 - R.D. McClure, Astrophys.J., **268**, 264.

83. Марквардт и др., 1999 - C.B. Markwardt, J.H. Swank and F.E. Marshall, IAU Circ. No.7120.

84. Марквард и Сванк, 2002 - C.B. Markwardt and J.H. Swank, IAU Circ., No.7906.

85. Мартини и др., 1999 - P. Martini, R.M. Wagner, A. Tomaney, R.M. Rich, M. della Valle, P.H. Hauschildt, Astrophys.J. **118**, 1034.

86. Мартынов Д.Я., 1971, *Курс общей астрофизики.* М., Наука, с. 173.

87. Медушевски и Рупен, 2004 - A.J. Mioduszewski, M.P. Rupen, Astrophys. J. **615**, 432.

88. Мейнел и др., 1969 - A.B. Meinel, A.F. Aveni, M.W. Stockton, *Catalog of emission lines in astrophysical objects.* Ed.II. Tucson, Univ. of Arizona.

89. Меррил и др., 1932 - P.W. Merrill, M.L. Humasson, C.G. Burwell, Astrophys.J. **76**, 156.

90. Меррил, 1933 - P.W. Merrill, Astrophys.J. **77**, 44.

91. Меррил, 1959 - П. Меррил. *Линии химических элементов в астрономических спектрах.* ИЛ. М.

92. Миколаевски и др., 2003 - M. Mikolajewski, T. Tomov, R. Kurtev, L. Georgiev, A. Wolszczan, IAU Circ. No.8253 and 8256.

93. Миннарт М., 1971, *Практическая астрономия.* (М. Мир), с.197.

94. Мирошниченко, 1994 - A.S. Miroshnichenko, Odessa Astron. Publ. **7**, 76.

95. Мирошниченко, 1995 - A.S. Miroshnichenko, Astron. Astrophys. Trans. **6**, 251.

96. Мирошниченко и др., 2002 - A.S. Miroshnichenko, V.G. Klochkova, K.S. Bjorkman, V.E. Panchuk, Astron Astrophys. **390**, 627.

97. Моро и Мунари, 2000 - D. Moro, U. Munari, Astron. Astrophys. Suppl. Series **147**, 361.

98. Моррисон, 2002 - N.D. Morrison, IAU Circ., No.7829.

99. Мунари и др., 2002а - U. Munari, A. Henden, R.M.L. Corradi, T. Zwitter, in *Classical Novae Explosions*, AIP Conf. Proc. **637**, 52.

100. Мунари и др., 2002б - U. Munari, S. Desidera, A. Henden, IAU Circ. No. 8005.

101. Мунари и др., 2002в - U. Munari, A. Henden, S. Kiyota, D. Laney, F. Marang, T. Zwitter, R.L.M. Corradi, S. Desidera, P.M. Marrese, E. Giro, F. Boshi, M.B. Schwartz, Astron. Astrophys. **389**, L51 (http://ulisse.pd.astro.it/V838_Mon).

102. Мунари и др., 2005 - U. Munari, A. Henden, A. Vallenari, H.E. Bond, R.L.M. Corradi, L. Crause, S. Desidera, E. Giro, P.M. Marrese, S. Ragaini, A. Siviero, R. Sordo, S. Starrfield, T. Tomov, S. Villanova, T. Zwitter, R.M. Wagner, Astron. Astrophys. **434**, 1107.

103. Орландини и др., 2000 - M. Orlandini, A.N. Parmar, F. Frontera, N. Masetti, D. Dal Fiume, A. Orr, A. Piccioni, G. Raimondo, A. Santanegro, G. Valentini, T. Belloni, Astron. and Astrophys. **356**, 163.

104. Орос, 2000 - J. Orosz, Inform. Bull. Variable Stars, No.4921.

105. Орос и др., 2001 - J. Orosz, E. Kulkers, M. van der Klis, J.E. McClintock, M.R. Garcia, P.J. Callanan, C.D. Bailyn, R.K. Jain, R.A. Remillard, Astrophys.J. **555**, 489.

106. Остерброк, 1974 - D.E. Osterbrock, *Astrophysics of Gaseous Nebulae*, Freeman & Co., San Francisco.

107. Панчук и др., 2002 - В.Е. Панчук, Н.Е. Пискунов, В.Г. Клочкова, М.В. Юшкин М.В., С.В Ермаков, Препринт Спец. астрофиз. обсерв. No.169.

108. Панчук и др., 2003 - В.Е. Панчук, М.В. Юшкин, И.Д. Найденов, Препринт Спец. астрофиз. обсерв. No.179.

109. Пармар и др., 2000 - A.N. Parmar, T. Belloni, M. Orlandini, D. Dal Fiume, A. Orr, N. Mazetti, Astron. Astrophys. **360**, L.31.

110. Пирс и Гейдон, 1949 - Р. Пирс и А. Гейдон. *Отождествление молекулярных спектров.* ИЛ, Москва.

111. Раух и др., 2002 - T. Rauch, P. Hauschildt, M. Asplund, R. Gredel, H.-U. Kaufl, F. Kerber, M. Rosa, S.G. Starrfield, R.M. Wagner, R.E. Williams, in *Exotic Stars as Challenges to Evolution*, ASP Conf. Series **279**, p.345.

112. Ревнивцев М.Г. и Сюняев Р.А., 2002, Письма в Астрон. журн., **28**, 83.

113. Ревнивцев и др., 2002а - M. Revnivtsev, R. Sunyaev, M. Gilfanov and E. Churazov, Astron. Astrophys. **385**, 904.

114. Ревнивцев и др., 2002б - M. Revnivtsev, M. Gilfanov, E. Churazov and R. Sunyaev, Astron. Astrophys., **391**, 1013.

115. Реттер и Маром, 2003 - A. Retter, A. Marom, Monthly Not. Roy. Astron. Soc. **345**, L25.

116. Рич и др., 1989 - R.M. Rich, J. Mould, A. Picard, J.A. Frogel, R. Davies, Astrophys.J. **341**, L51 .

117. Робинсон и др., 1998 - E.L. Robinson, W.F. Welch, M.T. Adams, M.E. Cornell, IAU Circ. No.6862.

118. Робинсон и др., 2002 - E.L. Robinson, I.I. Ivans, W.F. Welsh, Astrophys.J. **565**, 1169.

119. Рупен и др., 2002а - M.P. Rupen, A.J. Mioduszewski, R.M. Hjellming, *New Views of Microquasars.* Ed. Ph. Dourouchoux, et al., Center for Space Physics, Kolkata, India, p.221.

120. Рупен и др., 2002б - M. Rupen, V. Dhavan and A. Mioduszewski, IAU Circ., No.7928.

121. Рупен и др., 2003 - M. Rupen, A. Mioduszewski and V. Dhavan, Astronomer's Tel. No. 172.

122. Рупен и др., 2004 - M. Rupen, A. Mioduszewski and V. Dhavan, Astronomer's Tel. No. 296.

123. Сванк, 2004 - J. Swank, Astronomer's Tel. No. 295.

124. Сванк и др., 2005 - J.H. Swank, E.A. Smith, C.B. Markwardt, Astronomer's Tel. No. 536.

125. Смит и др., 1984 - V.V. Smith, G. Wallerstein, K. Ebneter, E. Olmstead, Astron. Astrophys. Suppl. Ser. **55**, 439.

126. Смит и др., 1998 - D. Smith, R. Remillard, J. Swank, T. Takeshima, E. Smith, IAU Circ. No. 6855.

127. Смит и др., 1999 - D.A. Smith, A.M. Levine and E.H. Morgan, IAU Circ. No.7253.

128. Сокер и Тыленда, 2003 - N. Soker, R. Tylenda, Astrophys.J. **582**, L105.

129. Стаббингс, 1999 - R. Stubbings, IAU Circ., No.7253.

130. Страйжис В., 1977, *Многоцветная фотометрия звезд.* (Мокслас, Вильнюс).

131. Страйжис В., 1982, *Звезды с дефицитом металлов.* (Мокслас, Вильнюс).

132. Стриганов А.Р. и Свентицкий Н.С., 1966 - *Таблицы спектральных линий нейтральных и ионизованных атомов.* Атомиздат. М. 1966.

133. Томсик и др., 2002 - J.A. Tomsick, M.P. Rupen, S. Corbel, V. Dhavan, R. Fender, P. Kaaret, E. Kuulkers, J.M. Miller, A.J. Mjoduszewski, J.A. Orosz, T. Tzioumis, R. Wijnands, Astronomer's Tel. No.105.

134. Тримбл и Ашванден, 2004 - V. Trimble and M.J. Aschwanden, Publ. Astron. Soc. Pacific **116**, 187.

135. Тыленда и др., 2005а - R. Tylenda, N. Soker, R.Szczerba, Astron. Astrophys. **441**, 1099.

136. Тыленда и др., 2005б - R. Tylenda, L.A. Crause, S.K. Gorny, M.R. Schmidt, Astron. Astrophys. **439**, 651.

137. Уеда и др., 1998 - Y. Ueda, M. Ishida, H. Inoue, T. Dotani, J. Greiner, W.H.G. Lewin, Astrophys.J.**508**, L167.

138. Уемура и др., 2002 - M. Uemura, T. Kato, R. Ishioka, K. Tanabe, S. Kiyota, B. Monard, R. Stubbings, P. Nelson, T. Richards, C. Bailyn, R. Santallo, Publ. Astron. Soc. Japan **54**, 79 (astro-ph/ 0208146).

139. Уемура и др., 2005 - M. Uemura, R. Mennickent, R. Stubbings, G. Bolt, B. Monard, L. Cook, P. Williams, R. Ishioka, A. Imada, T. Kato, D. Nogami, D. Starkey, H. Maehara, K. Nakajima, Sz. Meszaros, P. Szekely, L. Kiss, C. Lindstrom, J. Griffin, Inform. Bull. Variable Stars No. 5626.

140. фон Цейпель, 1924 - von Zeipel H., Monthly Not. Roy. Astron. Soc. **84**, 665.

141. Хазен и др., 2000 - M.L. Hazen, D. Hoffleit, B.L. Welther and D.B. Williams, AAVSO Journal, **28**, 99.

142. Хайнес и др., 1998 - R.I. Hynes, P. Roche, C.A. Haswell, J. Telting, M. Lehnert, Y. Simis, IAU Circ. No.6871.

143. Хайнес и др., 2002 - R.I. Hynes, J.S. Clark, E.A. Barsukova, P.J. Callanan, P.A. Charles, A. Collier Cameron, S.N. Fabrika, M.R. Garcia, C.A. Haswell, K. Horne, A. Miroshnichenko, I. Negueruela, P.Reig, W.F. Welch, D.K. Witherick, Astron. Astrophys. **392**, 991 (astro-ph/0207026).

144. Хамитов и др., 2005 - I. Khamitov, M. Parmaksizoglu, Z. Tunca, Z. Aslan, R. Burenin, M. Revnivtsev, M. Pavlinsky, R. Sunyaev, I. Bikmaev, N. Sakhibullin, Astronomer's Tel. 540.

145. Хаяши и др., 1994 - S.S. Hayashi, M. Yamamoto, K. Hirosawa, IAU Circ. No.5942.

146. Хенден и др., 2002 - A. Henden, U. Munari, M. Schwartz, IAU Circ., No.7859.

147. Хеунг и др., 2000 - S. Hyung, L.H. Aller, W.A. Feibelman, W.B. Lee, A. de Koter, Monthly Notices Roy. Astron. Soc. **318**, 77.

148. Хьелминг и Медушевски, 1998a - R.M. Hjellming and A.J. Mioduszewski, Sky and Telescope **96**, No.2, 22.

149. Хьелминг и Медушевски, 1998b - R.M. Hjellming, and A.J. Mioduszewski, IAU Circ. No.6872.

150. Хьелминг, 2000 - R.M. Hjellming, Astronomer's Tel. No.62.

151. Хьелминг и др., 2000 - R.M. Hjellming, M.P. Rupen, R.W. Hunstead, D. Campbell-Wilson, A.J. Mjoduszewski, B.M. Gaensler, D.A. Smith, R.J. Sault, R.P. Fender, R.E. Spencer, C.J. de la Force, A.M.S. Richards, S.T. Garrington, S.A. Trushkin, F.D. Ghigo, E.B. Waltman, M. McCollough, Astrophys.J. **544**, 977 (2000).

152. Цвиттер, Мунари, 2002 - T. Zwitter, U. Munari, IAU Circ., No.7812.

153. Чарльз и др., 1999 - P.A. Charles, T. Shahbaz and T. Geballe, IAU Circ., No.7267.

154. Чати и др., 2001 - S. Chaty, I.F. Mirabel, J. Marti and L.F. Rodriguez, Astrophys. Space Sci. Series, **276**, 153 (astro-ph/0102105).

155. Черепащук А.М., 2001, в сб. *Ультрафиолетовая вселенная*, М, Наука, с.133.

156. Черепащук А.М., 2003, Успехи физ. наук **173**, 345.

157. Ченцов и др., 1999 - E.L. Chentsov, V.G. Klochkova, N.S. Tavolganskaya, Bull. Spec. Astrophys. Obs. **48**, 21.

158. Чхиквадзе Я.Н., 1970, Астрофизика, **6**, 65.

159. Шакура и Сюняев, 1973 - N.I. Shakura, R.A. Sunyaev, Astron. Astrophys. **24**, 337.

160. Шаров А.С., 1990, Письма в Астрон. журн., **16**, 199.

161. Шаров А.С., 1993, Письма в Астрон. журн., **19**, 82.

162. Шварцман В.Ф., 1971, Астрон. журн., **48**, 479.

163. Эванс и др., 2003 - A. Evans, T.R. Geballe, M.T. Rushton, B. Smalley, J.Th. van Loon, S.P.S. Eyres, V.H. Tyne, Monthly Not. Roy. Astron. Soc. **343**, 1054.

164. Юшкин М.В. и Клочкова В.Г., 2004, Препринт Спец. астрофиз. обсерв. No.206.

165. Якоби и др., 1984 - G.H. Jakoby, D.A. Hanter, and C.A. Christian, Astrophys.J. Suppl. Ser. **56**, 257.