

УДК 524.338

**С. О. Меджидова, Б. Н. Рустамов,
Х. М. Микаилов, И. А. Алекберов**

Шамахинская астрофизическая обсерватория им. Н. Туси НАН Азербайджана,
P.O.Box No153, Central Post Office, Baku, AZ-1000, Azerbaijan

Линия H в спектре звезды WW Vul

Приведены результаты исследований линии H в спектре звезды WW Vul типа UX Ori. Сравнение с данными других исследований показало, что режим истечения с переменной мощностью у звезды WW Vul в целом сохраняется в течение длительного времени. По спектрам двух ночей (18 и 23 июля 2006 г.) обнаружено увеличение интенсивности красного эмиссионного компонента, при этом его лучевая скорость сильно не изменилась, а с уменьшением V/R лучевая скорость центральной абсорбции сильно изменилась в сторону отрицательных значений. В течение одной ночи (08 июля 2006 г.) на двух спектрах обнаружено «удвоение» синего эмиссионного компонента.

ЛІНІЯ H У СПЕКТРІ ЗІРКИ WW Vul, Меджидова С. О., Рустамов Б. Н., Микаїлов Х. М., Алекберов І. А. — Приведено результати досліджень лінії H у спектрі зірки WW Vul типу UX Ori. Порівняння з даними інших досліджень показало, що режим витікання із змінною потужністю у зірки WW Vul в цілому зберігається протягом тривалого часу. За спектрами двох ночей (18 і 23 липня 2006 р.) виявлено збільшення інтенсивності червоного емісійного компонента, при цьому його променева швидкість сильно не змінилась, а із зменшенням V/R променева швидкість центральної абсорбції сильно змінилась у бік від'ємних значень. Протягом однієї ночі (08 липня 2006 р.) на двох спектрах виявлено «подвоєння» синього емісійного компонента.

THE H LINE IN THE SPECTRUM OF STAR WW Vul, by Majidova S. O., Rustamov B. N., Mikayilov Kh. M., Alekberov I. A. — Some results of investigations of the emission line H in spectra of the star WW Vul of UX Ori type are presented. Our comparison with the results of other investigators shows that variable matter ejections from the star WW Vul persist for a

long time. The spectra obtained over two nights (18 and 23 July 2006) point to some increase in intensity of the red emission component, whereas radial velocity of this component is not changed strongly. Moreover, while V/R ratio decreases, the radial velocity of the central absorption drifts to negative values. Two spectra obtained during one night (08 July 2006) show that the blue emission component was doubled.

ВВЕДЕНИЕ

Переменная звезда WW Vul относится к небольшой группе молодых звезд с алголоподобным ослаблением блеска, так называемым звездам типа UX Ori (UXOR). Звезды типа UX Ori показывают ряд признаков звезд типа Ae/Be Хербига, где эмиссионная линия H δ , как правило, имеет двухкомпонентный аккреционный профиль и высокую фотополяриметрическую активность, отличающуюся от других нестационарных молодых звезд. По современным представлениям звезды типа UX Ori — это молодые звезды, околозвездные (CS) аккреционные диски которых наклонены под небольшим углом к наблюдателю (почти с ребра). Звезды типа UX Ori состоят в основном из звезд Ae Хербига, но среди них встречаются также и звезды типа T Тау.

WW Vul спектрального класса A3e [8, 14] является изолированной звездой типа Ae Хербига, не связанной видимым образом с туманностью.

В работе [19] на основе многолетних фотометрических наблюдений звезды WW Vul была установлена строгая прямая корреляция между изменениями блеска в оптической (полоса V) и ближней инфракрасной (полосы JHKL) областях спектра. Следует отметить, что данная корреляция прослеживается от полосы J, в которой основной вклад в излучение дает сама звезда, вплоть до полосы L, в которой основной вклад в излучение дает околозвездный диск. Этот наблюдательный факт указывает на то, что оптическая фотометрическая переменность звезды WW Vul связана с нестабильностью самих внутренних слоев газопылевых аккреционных дисков.

В работе [18] в результате анализа 30-летнего массива данных фотометрических наблюдений (1980—2010 гг.) на кривой V-блеска WW Vul были обнаружены замечательные затмения. Было выявлено три похожих эпизода затмений с продолжительностью 2-3 года и повторяющийся с периодом 13.9 лет. Необычная особенность затмений состояла в том, что в самой глубокой части затмения блеск звезды внезапно увеличивался примерно на 1^m , и в таком состоянии звезда находилась около месяца. Анализ изменений показателей цвета во время затмения показал, что эти увеличения яркости звезды не являются вспышками, а связаны с кратковременным уменьшением экстинкции в центре протяженной газопылевой структуры, периодически пересекающей луч зрения.

Эмиссионная линия H является неизбежным атрибутом практически всех известных молодых нестационарных звезд [17]. H -эмиссия, как правило, сильна в спектрах молодых звезд, и длина волны этой линии практически совпадает с областью максимума чувствительности ПЗС-матриц, что позволяет наблюдать относительно слабые молодые звезды телескопами средних размеров. Благодаря особой ориентации аккреционных CS -дисков, излучение UXOR до наблюдателя проходит сквозь околзвездный диск и частично в нем поглощается. Поэтому исследование профиля H -эмиссии у этих звезд в различных стадиях фотометрической активности является весьма актуальным. Изучая профиль линий H , можно получить важную информацию как о структуре, так и о кинематике околзвездного газа вокруг молодых звезд.

Согласно наблюдениям с относительно средним [2, 3, 5, 16] и высоким спектральным разрешением [6, 7, 10, 11, 13, 20] в спектре WW Vul наблюдается эмиссионная линия H переменной интенсивности. Двухкомпонентный профиль эмиссии в H изменяется от ночи к ночи, а также и в течение ночи. Выявлена корреляция между потоком излучения в линии H и блеском, а также показателем цвета $U - B$ [3]. Чем ярче и голубее звезда, тем сильнее излучение в линии. Однако связь между блеском и переменностью профиля линии H неоднозначна. Обнаружены значительные изменения как интенсивности, так и профиля линии H при относительно постоянном блеске звезды [2]. В работе [11] подробно анализируется переменность параметров эмиссионной линии H в спектре WW Vul на основе материалов одновременных спектральных и фотометрических наблюдений за время более чем 10 лет. В частности, было установлено, что с увеличением блеска в лучах R центральная абсорбция смещается в сторону отрицательных лучевых скоростей и расширяется [11]. Однако следует отметить, что на рассматриваемом наблюдательном материале диапазон изменения блеска звезды небольшой, и данный результат не является убедительным. В настоящей работе приводятся результаты спектральных наблюдений, проведенных в июле — августе 2006 г.

НАБЛЮДЕНИЯ И ИХ ОБРАБОТКА

Спектральные наблюдения были проведены на 2-м телескопе Шамахинской астрофизической обсерватории (ШАО) НАН Азербайджана в июле — августе 2006 г. Спектры были получены на эшелле-спектрометре в касегреновском фокусе с помощью ПЗС-камеры 580

530 пкл [4]. В течение каждой из 14 наблюдательных ночей были получены по два спектра исследуемой и стандартной звезд в области длин волн $\lambda = 440 \dots 680$ нм с дисперсией 1.05 нм/мм (спектральное разрешение $R = 14000$). Обстоятельства наблюдений приведены в таблице. Наблюдения и обработка эшелле-спектров выполнены с помо-

щью пакета программ DECH-20, разработанных в САО РАН [1]. С целью очищения спектров от следов космических частиц, последовательные пары спектров, полученные в одну ночь, как правило, усреднялись, и обрабатывался результирующий спектр для каждой ночи (№ 3—15 в таблице). В спектрах, полученных 8 июля 2006 г., была обнаружена переменность профиля линии H в течение ночи. Поэтому эти спектры (№№ 1 и 2) не усреднялись, а обрабатывались отдельно после тщательной очистки от следов космических частиц. Время UT и юлианские даты вычислены для середины экспозиции. Для каждого спектра приведены отношения сигнала к шуму (S/N). Для калибровки шкалы длин волн использован спектр дневного неба того же дня. Для учета инструментальных сдвигов длин волн в спектре исследуемой звезды был использован спектр стандартной звезды HD 183058, в которой хорошо заметны теллурические линии.

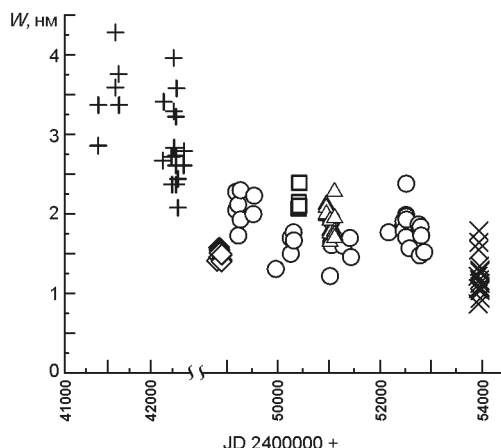
Для всех имеющихся спектров по профилям эмиссионной линии H были измерены следующие параметры: лучевые скорости H на уровне половинной интенсивности и у континуума ($V_{1/2}^{bre}$, V_{cont}^{bre}), лучевые скорости синего и красного эмиссионного пика и центральной абсорбции (V^{be} , V^{re} , V^a), эквивалентные ширины линии H и двух эмиссионных компонентов (W , W^{be} , W^{re}), интенсивности в единицах непрерывного спектра компонентов линии (I^{be} , I^{re}) и их отношение I/R . Полученные значения параметров профиля линии H в спектре WW Vul приведены в таблице. Средняя ошибка измерений лучевых скоростей составляет 2 км/с, эквивалентных ширин — около 2-3 %, а интенсивностей — не более 1 %.

Эквивалентная ширина эмиссионной линии H и его компонентов были измерены как энергия, пропорциональная площади заключенной под профилями линий выше континуума. А в работах [3, 11, 16] предполагалось, что эквивалентная ширина бальмеровских абсорбционных линий не сильно отличается от таковых у стандартных звезд того же спектрального класса, и эквивалентная ширина эмиссионной линии H переменной звезды определялась как сумма эквивалентных ширин эмиссии переменной и абсорбционной линии, найденной из фотосферного профиля стандартной звезды. В работе [3] эквивалентная ширина абсорбционной линии H измерена по спектру стандартной звезды A0V — A3V. В работе [11] фотосферный профиль был вычислен по синтетическому спектру с параметрами звезды $T_{\text{эф}} = 8500$ К, $\lg g = 3.5$ и $V \sin i = 150$ км/с. Эквивалентная ширина абсорбции H стандартной звезды с этими параметрами по Куруцу [12]: $W = 1.274$ нм. Поэтому измеренные нами эквивалентные ширины H - эмиссии в спектре WW Vul примерно на 1.3 нм меньше по сравнению с опубликованными данными. В таблице это не было учтено, а только приведены измеренные значения эквивалентных ширин. На рис. 1 показано поведение эквивалентной ширины W эмиссионной линии H, за период времени 1972—2006 гг. в спектре WW Vul. Наибольшее значение эквивалентных ширин H - эмиссии в спектре WW Vul отме-

Обстоятельства спектральных наблюдений WW Vul

<i>N</i>	Дата, 2006 г.	UT	JD 2450000+	<i>t</i> , с	<i>S/N</i>	$V_{1/2}^{be}$, км/с	V_{cont}^{be} , км/с	V^{be} , км/с	V^{re} , км/с	V^a , км/с	<i>W</i> , нм	W^{be} , нм	W^{re} , нм	I^{be}	I^{re}	<i>V/R</i>
1	8 июля	18 ^h 58 ^m	3925.2903	1200	40	-76.79	-73.77	-182.8;	65.03	-58.65	0.87	0.42	0.43	2.19	2.2	0.99
2	8 июля	19 19	3925.3049	1200	40	-11.21	-26.38	-170.71;	87.13	-56.71	1.22	0.42	0.80	2.12	2.68	0.79
3	12 июля	19 19	3929.3049	1800	50	-21.53	-13.7	-173.4	67.05	-50.21	1.06	0.42	0.65	2.12	2.45	0.87
4	17 июля	22 36	3934.4417	1800	70	-38.02	-24.62	-164.74	99.62	-36.1	1.55	0.74	0.81	2.86	3	0.95
5	18 июля	21 20	3935.3889	1800	70	-33.39	-12.82	-175.85	80.48	-42.76	1.79	0.73	1.06	2.85	3.28	0.87
6	23 июля	19 45	3940.3229	2400	50	-15.81	-12.91	-195.43	66.25	-83.44	1.65	0.37	1.20	2.31	3.81	0.61
7	5 августа	19 47	3953.3243	2400	70	-22.78	-25.5	-156.21	93.83	-25.5	1.17	0.54	0.64	2.28	2.54	0.90
8	6 августа	20 39	3954.3604	2400	70	4.51	-13.6	-144.82	94.48	-25.69	1.34	0.57	0.75	2.58	2.69	0.96
9	7 августа	20 23	3955.3493	2400	70	16.89	18.67	-155.82	91.38	-32.85	1.28	0.44	0.83	2.34	2.81	0.83
10	8 августа	19 23	3956.3076	2400	70	-28.87	-40.05	-174.00	78.19	-40.05	1.07	0.45	0.61	2.24	2.78	0.81
11	11 августа	20 06	3959.3375	2400	70	-6.24	-2.42	-69.31	102.63	-27.29	1.08	0.43	0.64	2.25	2.45	0.92
12	12 августа	19 36	3960.3167	2400	70	-23.8	-61.4	-157.72	78.34	-34.26	1.29	0.60	0.69	2.51	2.81	0.89
13	13 августа	20 02	3961.3347	2400	70	-23.87	-25.66	-148.05	80.13	-29.25	1.13	0.50	0.63	2.44	2.56	0.95
14	15 августа	19 57	3963.3313	2400	70	-28.54	-11.97	-150.35	78.1	-37.75	0.95	0.42	0.51	2.29	2.16	1.06
15	16 августа	19 53	3964.3285	2400	70	-11.04	-32.5	-155.29	89.82	-38.75	1.04	0.43	0.61	2.27	2.39	0.95

Рис. 1. Многолетние (1972—2006 гг.) изменения эквивалентной ширины W эмиссионной линии H в спектре WW Vul: крестики — данные [3], ромбики — [10], кружки — [11], квадратики — [6], треугольники — [13], косые крестики — настоящая работа



чено в работе [3], данные нашей работы показывают наименьшее значение, данные работ [6, 10, 11] — промежуточное. Наши измерения неплохо согласуются с близкими по спектральному разрешению данными [6, 10, 11] (если учесть выше упомянутую поправку). Наилучшее согласие имеется с данными работы [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ

Были получены пять спектров в июле и девять спектров в августе 2006 г. В период наших спектральных наблюдений профиль линии H представлял собой двухкомпонентный эмиссионный профиль с центральным поглощением типа P Cyg III — типичный профиль вращающейся звезды с дискообразной оболочкой (рис. 2). Как видно из таблицы, в период наших спектральных наблюдений все измеренные параметры профиля эмиссионной линии H показывают переменность. Профили эмиссионной линии H, соответствующие спектральным наблюдениям в июле, показывают более сильные изменения, чем в августе (см. рис. 2). По двум спектрам, полученным в ночь 8 июля 2006 г., выявлено «удвоение» синего эмиссионного компонента, т. е. в синем крыле эмиссионной линии H появился эмиссионный компонент с лучевой скоростью $V^{be1} = 280.05$ км/с, $V^{be1} = 290.24$ км/с. В спектрах 18 и 23 июля 2006 г. резко увеличилась интенсивность красного эмиссионного компонента I^{re} (рис. 2, б, таблица). В результате увеличилась эквивалентная ширина. 23 июля 2006 г. отношение V/R было минимальным ($V/R = 0.6$), и с уменьшением отношения V/R лучевая скорость центральной абсорбции увеличилась примерно в два раза в сторону отрицательных лучевых скоростей, и при этом в лучевой скорости красного эмиссионного компонента такого резкого изменения не произошло. Профили эмиссионной линии H, полученные из спектральных наблюдений в августе 2006 г., характерны тем, что отношение интенсивностей синего и красного компонентов близки к единице ($V/R \approx 1$), и только в одном случае оно больше единицы

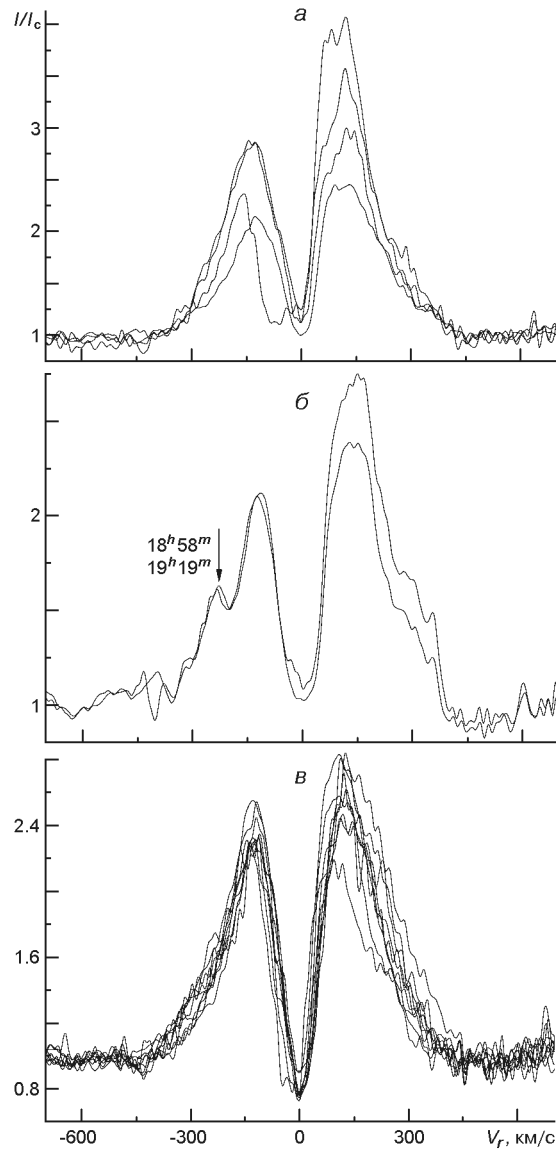


Рис. 2. Профили эмиссионной линии H в спектре звезды WW Vul в июле (а), 8 июля (б) и в августе 2006 г. (в), нормированные к уровню континуума; стрелкой указан второй эмиссионный компонент на синем крыле линий (см. текст)

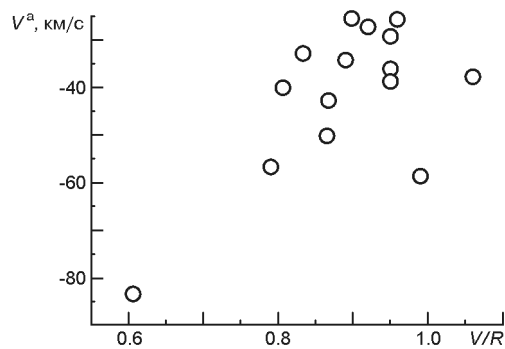


Рис. 3. Зависимость лучевой скорости центральной абсорбции V^a от отношения V/R интенсивностей синего и красного эмиссионного компонента

(15 августа 2006 г.), а по спектрам, полученным в июле, оно меньше единицы. На рис. 3 приведена зависимость V/R от величины V^a . Зависимость этих величин, по видимому, указывает на то что, переменность V^a связана с движениями в околозвездной оболочке, где формируется линия H .

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В настоящей работе приведены результаты спектральных наблюдений эмиссионной линии H в спектре WW Vul (около 100 спектров) за период более тридцати лет (1972—2006 гг.).

В работах [2, 3, 5—7, 10, 11, 13, 16, 20] спектральные наблюдения в основном сопровождались широкополосной *UBV*-фотометрией. Для наших спектральных наблюдений значения блеска заимствованы из работы [15] (рис. 4). Как видно, несмотря на большой разброс данных блеск звезды в данном периоде времени в целом не сильно изменился (см. также [19]).

Работа [3] выделяется богатым разнообразием приведенных профилей линии H и большим диапазоном изменений оптического блеска звезды, включая глубокий минимум.

Профили линий H в спектре WW Vul, приведенные в этих работах, представляют собой эмиссионные профили с двумя пиками и с центральным поглощением. В абсолютном большинстве случаев интенсивность синего эмиссионного пика меньше интенсивности красного компонента ($V/R < 1$), во многих случаях $V/R \approx 1$, и только в единичных случаях $V/R > 1$ (шесть профилей из 100). По современным представлениям линия H у звезд типа UX Ori формируется в быстро-вращающейся дискообразной оболочке [6, 7, 10, 11, 20]. В терминах представлений о звездной нестационарности величины $V/R < 1$ означают истечение или выброс вещества, а $V/R > 1$ — аккрецию вещества на звезду. Если в оболочке в осесимметричном поле скоростей не содержится крупномасштабных неоднородностей, то в формировании линии определяющую роль играет вращение, и тогда $V/R \approx 1$ [10]. Не-

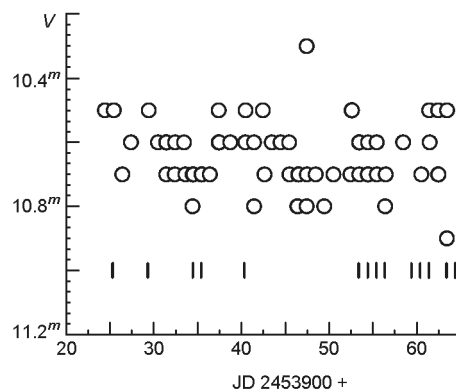


Рис. 4. Кривая визуального блеска WW Vul за июль — август 2006 г. по данным [15]. Вертикальные черточки — моменты наших наблюдений

смотря на большую переменность интенсивностей V - и R -компонентов в целом, для каждой звезды типа UX Ori характерен один из этих случаев. Так, к примеру, для UX Ori характерно значение $V/R > 1$, для RR Tau — $V/R \approx 1$, а для WW Vul — $V/R < 1$ [6]. По-видимому, из-за особой ориентации околос звездного диска по отношению к наблюдателю для WW Vul мы имеем дело с уникальным случаем, одновременно с переменным истечением иногда наблюдается и аккреция вещества на звезду.

Как было отмечено выше, 8 июля 2006 г. по двум спектрам в течение ночи обнаружен второй эмиссионный компонент на синем крыле линии $H\alpha$. Появление вторичного синего компонента качественно отмечено в работе [3] на двух спектрах WW Vul, полученных в разные ночи. У звезды Ae Хербига HD 31468 в эмиссионной линии $H\alpha$ на синем крыле наряду с постоянными двумя абсорбционными компонентами в течение нескольких ночей появлялся переменный (с характерным временем в несколько часов) третий абсорбционный компонент со скоростью -350 км/с, и при этом этот высокоскоростной компонент обнаружен в максимуме интенсивности эмиссионной линии [9]. Эта деталь подобна обнаруженному нами в спектре WW Vul вторичному синему компоненту. Лучевая скорость была измерена нами как лучевая скорость эмиссионного пика, а в работе [9] приведена лучевая скорость абсорбции между эмиссионными пиками.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате сравнительного анализа профилей эмиссионной линии $H\alpha$ в спектре WW Vul на основе полученных нами спектров в 2006 г. и с привлечением опубликованных данных за период 1972—2003 гг. можно прийти к следующим выводам.

1. Все измеренные параметры профиля эмиссионной линии $H\alpha$ в спектре WW Vul показывают переменность. Вместе с тем режим нестационарного истечения у звезды WW Vul в целом сохраняется в течение длительного времени (по крайней мере в 1972—2006 гг.), и эпизодически наблюдается возвращение части выброшенного вещества обратно на звезду.

2. Выявлено увеличение интенсивности красного эмиссионного компонента линии $H\alpha$ по спектрам двух ночей. В результате с уменьшением отношения V/R лучевая скорость центральной абсорбции смещается в сторону отрицательных лучевых скоростей, и при этом лучевая скорость красного эмиссионного компонента не сильно на это реагирует.

3. На двух спектрах, полученных в течение одной ночи, обнаружен второй эмиссионный компонент в синем крыле эмиссионной линии $H\alpha$ в спектре WW Vul с лучевыми скоростями ($\approx 280... 290$) км/с.

1. *Галазутдинов Г. А.* Система обработки эшеле-спектров DECH 20. — Нижний Архыз, 1992. — 52 с.—(Препринт / РАН, Спец. астрофиз. обсерватория; № 92).
2. *Зайцева Г. В., Тарасов А. Е., Щербаков А. Г.* О переменности эмиссии H в максимуме блеске WW Vul // Изв. Крым. астрофиз. обсерватории.—1985.—**72**.—Р. 85—89.
3. *Колотилов Е. А.* Линии H и H в спектрах WW Vul, VX Cas и UX Ori // Астрофизика.—1977.—**13**.—С. 33—49.
4. *Микаилов Х. М., Халилов В. М., Алекберов И. А.* Эшеле-спектрометр фокуса касегрена 2-метрового телескопа ШАО НАН Азербайджана // Циркуляр Шемахин. астрофиз. обсерватории.—2005.—**109**.—С. 21—29.
5. *Finkenzeller U., Mundt R.* The Herbig Ae/Be stars associated with nebulosity // *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.*—1984.—**55**.—P. 109—141.
6. *Grinin V. P., Kozlova O. V., Natta A., et al.* Optical spectra of five UX Orionis-type stars // *Astron. and Astrophys.*—2001.—**379**.—P. 482—495.
7. *Grinin V. P., Kozlova O. V., The P. S., Rostopchina A. N.* The Pictors phenomenon among young stars. III. The Herbig Ae stars WW Vulpecuale, RR Tauris and BF Orionis // *Astron. and Astrophys.*—1996.—**309**.—P. 474—480.
8. *Herbig G. H., Robbin Bell K.* Third catalog of emission line stars of Orion population // *Lick Obs. Bull.*—1988.—N 1111.—P. 1—90.
9. *Kozlova O. V.* Influence of stellar wind on the longterm variability emission line. The case of the Herbig Ae-star HD 31648 // *Astrophysics.*—2006.—**49**.—P. 70—77.
10. *Kozlova O. V., Grinin V. P., Rostopchina A. N.* Spectroscopic evidense of sporadik gaz accretion onto the Herbig Ae stars with non-periodic algol-type minima // *Astron. and Astrophys. Transactions.*—1995.—**8**.—P. 249—259.
11. *Kozlova O. V., Shakhovskoy D. N., Rostopchina A. N., Alekseev I. Yu.* Structure of the inner regions of the circumstellar gaz envelopes of young hot stars. I. The isolated Ae Herbig star WW Vul // *Astrophysics.*—2006.—**49**.—P. 151—163.
12. *Kurucz R. L.* Model atmospheres for G, F, A, B, and O stars // *Astrophys. J. Suppl. Ser.*—1979.—**40**.—P. 1—340.
13. *Mendigutia I., Eiroa C., Montesinos B., et al.* Optical spectroscopic variability of Herbig Ae/Be stars // *Astron. and Astrophys.*—2011.—**529**, A34.—P. 43.
14. *Merrill P. W., Burwell C. G.* Second supplement to the Mount Wilson catalogue and bibliography of stars of classes B and A whose spectra have bright hydrogen lines // *Astrophys. J.*—1949.—**110**.—P. 387—419.
15. *Percy J. R., Palaniappan R.* Analysis of AAVSO visual measurements of T Tauri variable stars // *J. Amer. Assoc. Var. Star Observ.*—2006.—**35**, N 1.—P. 290—305.
16. *Pugach A. F.* Radiation power of some antflare stsr in the line H // *Astrophysics.*—1988.—**29**, N 3.—P. 682—687.
17. *Reiputh B., Pedrosa A., Lago M. T. V. T.* H emission pre-main sequece stars. I. An atlas of line profiles // *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.*—1996.—**120**.—P. 229—256.
18. *Rostopchina-Shakhovskaja A. N., Grinin V. P., Shakhovskoi D. N.* Unusual recurrent eclipses of the UX Ori star WW Vul // *Astrophysics.*—2012.—**55**.—P. 147—155.
19. *Shenavrin V. I., Grinin V. P., Rostopchina-Shakhovskaya A. N., et al.* Photometric activity of UX Ori stars and related objects in the near infrared and visual. BF Ori, CQ Tau, WW Vul, and SV Cep // *Astron. Reports.*—2012.—**56**.—P. 379—394.
20. *Tambovtseva L. V., Grinin V. P., Kozlova O. V.* Non-LTE models of accretion disks of UX Ori type stars // *Astrophysics.*—1999.—**42**.—P. 54—63.

Статья поступила в редакцию 25.06.13