

Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası

AZƏRBAYCAN ASTRONOMİYA JURNALI

Cild 7 – № 4 – 2012

Azerbaijan National Academy of Sciences

Национальная Академия Наук Азербайджана

AZERBAIJANI
ASTRONOMICAL
JOURNAL

АСТРОНОМИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ
АЗЕРБАЙДЖАНА

Volume 7 – No 4 – 2012

Том 7 – № 4 – 2012

Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının “AZƏRBAYCAN ASTRONOMIYA JURNALI” Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası (AMEA) Rəyasət Heyətinin 28 aprel 2006-cı il tarixli 50-saylı Sərəncamı ilə təsis edilmişdir.

Baş Redaktor: Ə.S. Quliyev

Baş Redaktorun Müavini: E.S. Babayev

Məsul Katib: P.N. Şustarev

REDAKSIYA HEYƏTİ:

Cəlilov N.S.	AMEA N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası
Hüseynov R.Ə.	Bakı Dövlət Universiteti
İsmayilov N.Z.	AMEA N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası
Qasimov F. Q.	AMEA Fizika İnstitutu
Quluzadə C.M.	Bakı Dövlət Universiteti

Texniki redaktor: Əsgərov A.B.

İnternet səhifəsi: <http://www.shao.az/AAJ>

Ünvan: Azərbaycan, Bakı, AZ-1001, İstiqlaliyyət küç. 10, AMEA Rəyasət Heyəti

Jurnal AMEA N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasında (www.shao.az) nəşr olunur.

Məktublar üçün: ŞAR, Azərbaycan, Bakı, AZ-1000, Mərkəzi Poçtamt, a/q №153

e-mail: aaj@shao.az

tel.: (+99412) 439 82 48

faks: (+99412) 497 52 68

© 2012 Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası.
© 2012 AMEA N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası.
Bütün hüquqlar qorunmuşdur.
Bakı – 2012

“Астрономический Журнал Азербайджана” Национальной Академии Наук Азербайджана (НАНА).
Основан 28 апреля 2006 г.

Web- адрес: <http://www.shao.az/AAJ>

Главный редактор: А.С.Гулиев

Заместитель главного редактора: Э.С.Бабаяев

Ответственный секретарь: П.Н.Шустарев

Редакционная коллегия:

Джалilov Н.С. (Шамакhинская Астрофизическая Обсерватория)

Гусейнов Р.Ə. (Бакинский Государственный Университет)

Исмаилов Н.З. (Шамакhинская Астрофизическая Обсерватория)

Гасимов Ф.К. (Институт физики НАНА)

Гулузаде Дж.М. (Бакинский Государственный Университет)

Технический редактор: Аскеров А.Б.

Адрес редакции:

Азербайджан, Баку, AZ-1001, ул. Истиглалийат 10, Президиум НАНА

Журнал издается в Шамакhинской Астрофизической Обсерватории (ШАО) им. Н.Туси НАНА

Адрес для писем: Азербайджан, Баку, AZ-1000, Главпочтамт, а/я №153, ШАО

e-mail: aaj@shao.az

тел.: (+99412) 439 82 48

факс: (+99412) 497 52 68

© Национальная Академия Наук Азербайджана, 2012 г.

© Шамакhинская Астрофизическая Обсерватория им. Н.Туси НАНА, 2012 г. Все права защищены.

Баку - 2012

Azerbaijani Astronomical Journal of the Azerbaijan National Academy of Sciences (ANAS) is founded in 28 April 2006.

Online version: <http://www.shao.az/AAJ>

Editor-in-Chief: A.S. Guliyev

Associate Editor-in-Chief: E.S. Babayev

Secretary: P.N. Shustarev

Editorial board:

Jalilov N.S. (Shamakhy Astrophysical Observatory)

Huseynov R.A. (Baku State University)

Ismayilov N.Z. (Shamakhy Astrophysical Observatory)

Gasimov F.G. (Institute of Physics of ANAS)

Guluzade J.M. (Baku State University)

Technical Editor: Asgarov A.B.

Editorial Office address:

ANAS, 10, Istiglaliyyat Street, Baku, AZ-1001, the Republic of Azerbaijan

Journal is published in the Shamakhy Astrophysical Observatory named after N.Tusi of ANAS.

Address for letters: ShAO, P.O.Box No153, Central Post Office, Baku, AZ-1000, Azerbaijan

e-mail: aaj@shao.az

tel.: (+99412) 439 82 48

fax: (+99412) 497 52 68

© 2012, Azerbaijan National Academy of Sciences.

© 2012, Shamakhy Astrophysical Observatory named after N.Tusi, ANAS. All rights reserved..

Baku -2012

MÜNDƏRİCAT

HİPERBOLİK KOMET ORBİTLƏRİ BARƏDƏ

Ə.S. Quliyev, Ş.A. Nəbiyev

5

T BUGA VƏ ONA QOHUM OLAN QOŞA ULDUZLARIN KATALOQU.

I. SPEKTRAL VƏ TUTULAN QOŞA ULDUZLAR

N.Z. İsmayilov, H.A. Abdi, G.B. Məmmədxanova

10

WW VUL ULDUZUNUN SPEKTRAL MUŞAHİDƏSİ.

II. H α ŞUALANMA XƏTTİ 2007–2010-CU İLLƏRDƏ

S.O. Məcidova, B.N. Rustəmov, X.M. Mikayılov, İ.Ə. Ələkbərov

20

POST-AGB HD 161796 ULDUZU SPEKTRİNDƏ H α XƏTTİNİN TƏDQIQI

Ə.M. Xəlilov, Ə.R. Həsənova, Y.M. Məhərrəmov, Ə.Ş. Baloglanov

32

CCD MATRİSA İLƏ TƏCHİZ OLUNMUŞ YENİ FOTOMETR – POLYARİMETR

B.İ. Abdullayev, İ.A. Ələkbərov, N.İ. Gülmaliyev, S.O. Məcidova,

X.M. Mikayılov, B.N. Rustəmov

39

CONTENTS

ON HYPERBOLIC COMET ORBITS A.S. Guliyev, Sh.A. Nabyev	5
CATALOGUE OF YOUNG BINARY T TAURI AND RELATED OBJECTS. 1. SPECTROSCOPIC AND PHOTOMETRICAL BINARIES N.Z. Ismailov, H.A. Abdi, G.B. Mamedkhanova	10
SPECTRAL OBSERVATIONS OF STAR WW VUL II. H α EMISSION LINE IN 2007-2010 S.O. Majidova, B.N. Rustamov, Kh.M. Mikayilov, I.A. Alekberov	20
RESEARCH OF LINES H α IN THE SPECTRUM OF STAR POST-AGB HD 161796 A.M. Khalilov, A.R. Hasanova, Y.M. Maharramov, A.Sh. Baloqlanov	32
A NEW PHOTOMETER- POLARIMETER COUPLED WITH CCD B.I.Abdullayev, I.A.Alekberov, N.I. Gulmaliyev, S.O.Majidova, Kh.M. Mikayilov, B.N. Rustamov	39

СОДЕРЖАНИЕ

О ГИПЕРБОЛИЧЕСКИХ КОМЕТНЫХ ОРБИТАХ А.С. Гулиев, Ш.А. Набиев	5
КАТАЛОГ ДВОЙНЫХ ЗВЕЗД ТИПА Т ТЕЛЬЦА И РОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ. 1. СПЕКТРАЛЬНЫЕ И ЗАТМЕННЫЕ ДВОЙНЫЕ Н.З. Исмаилов, Г.А. Абди, Г.Б. Мамедханова	10
СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ WW VUL II. ЭМИССИОННАЯ ЛИНИЯ H α в 2007-2010гг. С.О. Меджидова, Б.Н. Рустамов, Х.М. Микаилов, И.А. Алекберов	20
ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНОЙ ЛИНИИ H α В СПЕКТРЕ ЗВЕЗДЫ POST-AGB HD 161796 А.М. Халилов, А.Р. Гасанова, Я.М. Магеррамов, А.Ш. Балогланов	32
НОВЫЙ ФОТОМЕТР – ПОЛЯРИМЕТР С ПЗС- КАМЕРОЙ Б.И. Абдуллаев, И.А. Алекберов, Н.И. Гюльмалиев, С.О. Меджидова, Х.М. Микаилов, Б.Н. Рустамов	39

О ГИПЕРБОЛИЧЕСКИХ КОМЕТНЫХ ОРБИТАХ

© 2012 г. А.С.Гулиев¹, Ш.А.Набиев^{1,2}

¹Шаммахинская Астрофизическая Обсерватория им Н.Туси НАН Азербайджана
(e-mail: ayub54@yahoo.com)

²Университет "Кавказ", г.Баку, (e-mail: snebiyev@qu.edu.az)

Рассматриваются некоторые аспекты гипотезы о связи гиперболических комет с большими койперовыми телами, имеющими диаметр больше 200 км, а также с неизвестными планетами, существование которых в транснептуновой зоне предполагается. Для 37 гиперболических комет и 91 транснептунового планетного тела значения MOID посчитаны. Показано, что гиперболические кометы, по сравнению с другими, имеют большую близость с ТНО. Такая же задача решена относительно гиперболических комет и неизвестных планет. Результаты расчетов показывают, что гиперболические кометы могут играть значительную роль в поиске таких планет.

Ключевые слова: гиперболические кометы, орбита, MOID, ТНО

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа является логическим продолжением исследования [1], где была сделана попытка найти связь между долгопериодическими кометами (ДПК) и транснептуновыми объектами (ТНО). Известно, что часть орбит долгопериодических комет оказываются слегка гиперболическими. Однако анализ оскулирующих орбит ДПК, с учетом возмущений со стороны больших планет, показывает, что чаще всего они, до вхождения в планетную систему, имели эллиптические орбиты с $e < 1$. Действительно, изучение «первоначальных» орбит 500 ДПК с высокоточными орбитами лишь в 37 случаях (около 7 процентов) удалось установить истинные гиперболические избытки параметра e ([1]). Причины существования таких избытков можно классифицировать следующим образом.

1. Физические процессы, происходящие в ядрах ДПК. Они могут быть источником увеличения гелиоцентрической скорости. В кометной физике такие силы получили название «негравитационные» ([2]).
2. Ошибки в определении орбит.
3. Межзвездное происхождение комет ([3]).
4. Влияние внешних источников гравитации, в том числе ТНО, неизвестных планет и т.д. ([1]).

Первый фактор достаточно изучен в кометной физике. Однако против этого фактора свидетельствует то обстоятельство,

что у 5 из 37 комет с весьма большими перигелийными расстояниями (4 а.е. и больше) также наблюдаются «негравитационные» составляющие скорости, хотя на таких расстояниях кометные ядра практически находятся в состоянии покоя ([5], [6], [7]). Второй механизм нами не рассматривается, однако он представляется маловероятным. Межзвездное происхождение комет в настоящее время не доказано, к тому же, при его справедливости, в современных кометных каталогах должны были бы фигурировать значительное количество комет с большими эксцентриситетами орбит (например, 1.5, 2 и т.д.). Четвертый фактор выдвинут одним из авторов настоящей статьи и является наиболее малоизученным, однако заранее можно сказать, что он не находится в противоречии с другими вышеперечисленными факторами.

ПОСТАНОВКА ВОПРОСА

Настоящая работа посвящается исследованию качественных аспектов четвертого из вышеперечисленных факторов, допускающего возможность ускорения ДПК за счет импульсов, полученных со стороны известных ТНО, а также неизвестных планет, существование которых предполагается. Логика нашего подхода заключается в том, что если этот механизм близок к истине, то по распределению значений MOID (межорбитальное минимальное расстояние) относительно орбит ТНО, гиперболические

кометы должны заметно выделяться среди общей совокупности ДПК. Напомним, что

приблизительное значение MOID вычисляется по формуле

$$r^2 = \left(R^2(dn) + \left[\frac{q(1+e)}{1+e\cos v} \right]^2 - 2R(dn) \frac{q(1+e)}{1+e\cos v} \sqrt{1 - \sin^2 i \times \sin^2(\omega - v)} \right),$$

где $R(dn)$ является расстоянием TNO в направлении удаленного узла кометной орбиты, q и e -неинвариантные элементы кометной орбиты, i и ω –угловые элементы кометной орбиты, v – истинная аномалия кометы. Заметим, что последние три элемента отсчитываются относительно плоскости орбиты TNO, а не эклиптики, причем точкой отсчета является ее восходящий узел. Формула получена из основных преобразований сферических треугольников и требования нахождения скалярной величины вектора TNO-комета в треугольнике Солнце-TNO-комета.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАСЧЕТОВ И ИХ РЕЗУЛЬТАТЫ

В качестве исходного материала в настоящей работе использованы данные, взятые из каталога [6], где систематизированы кометные параметры до середины 2008 года. Материалы позднейшего периода заимствованы из многочисленных номеров электронного циркуляра Центра Малых Тел Международного Астрономического Союза за 2008-2012 годы (по неизвестной нам причине данные по ГК в этих циркулярах после 2010 года не публикуются). Значения MOID вычислены для 3 категорий комет: все ДПК, за исключением сангрейзеров и фрагментов вторичных ядер распавшихся комет (1054 кометы); ДПК с наиболее высокими точностями орбит (495 комет) и гиперболические кометы. Совокупность данных по MOID вычислена и составлена по 91 койперовскому телу, абсолютный блеск которого превышает 5^m . Для облегчения сравнения суммарная Таблица 1 составлена в процентах.

Как видно из таблицы, в рамках интервала $r < 0.2$ a.e., результаты носят неопределенный характер. Причина, по-видимому, в том, что этот интервал охватывает считанные единицы

комет и сравнение основано на неуверенной статистике. Однако, начиная с этого рубежа, гиперболические кометы доминируют над ДПК с точными орбитами, а те, в свою очередь, над общей совокупностью (за исключением одного случая).

ГИПЕРБОЛИЧЕСКИЕ КОМЕТЫ И ГИПОТЕТИЧЕСКИЕ ПЛАНЕТЫ

Гиперболические кометы представляют большую ценность также и в плане проверки гипотез о неизвестных планет или койперовых тел([4]). Известно, что в таких гипотезах в явной и неявной форме допускается, что неизвестные планетные тела должны быть массивнее известных TNO. Некоторые ДПК, оказавшиеся вблизи таких планет, могут изменить эксцентриситет орбиты и стать слегка гиперболическими. Обычными расчетами такие сближения кометы до их открытия невозможно выявить, так как в соответствующих алгоритмах данные о неизвестных планетах не заложены. Здесь можно использовать косвенные факторы, в частности, данные о MOID. В этом плане ниже рассмотрим некоторые гипотезы, принадлежащие одному из авторов данной статьи. Заранее отметим, что мы отдаем себе отчет о концептуальности нижеприведенных данных, несмотря на то, что они основаны на конкретных расчетах.

Итак, согласно одной из этих гипотез в зоне Нептун-Плутон может существовать все еще не открытое планетное тело, движущееся в плоскости

$$I_p = 26^0.5; \quad \Omega_p = 286^0.5.$$

Если допустить, что оно имеет $a = 36.5$ a.e. и нулевой e , то у 3 из 37 известных (8 процентов) гиперболических комет значение MOID составит $r < 0.5$ a.e.

Таблица 1. Распределение значений MOID относительно трех категорий комет и 91 ТНО.

MOID	r<0.1	r<0.2	r<0.3	r<0.4	r<0.5	r<0.6	r<0.7	r<0.8	r<0.9	r<1
LPC	0.03	0.1	0.21	0.36	0.54	0.76	1.05	1.36	1.76	2.11
LPC-high pr.	0.02	0.1	0.2	1	0.61	0.89	1.2	1.57	2.02	2.42
HC	0	0.03	0.3	0.42	0.74	1.01	1.34	1.69	2.2	2.64

Это, как минимум, на порядок превышает аналогичные данные по 91 ТНО, приведенные в таблицу. Проявляем другую возможность. Если бы планета имела большую полуось, эксцентриситет и ω равными 33.5 *a.e.*, 0.134 и 185°, соответственно, то две из рассматриваемых ГК по отношению к ней могли бы иметь MOID, меньше 0.2 и 0.6 *a.e.*, соответственно. Это также превышает пределы, следующие из данных Табл.1. Возможно, слегка варьируя параметры I_p и Ω_p в пределах согласно их среднеквадратическим отклонениям, можно было бы достичь более значительного эффекта.

Наши расчеты относительно второй гипотетической планеты, движущейся в плоскости $I_p = 29^\circ.3$; $\Omega_p = 289^\circ.5$ и на расстояниях от 49 до 57 *a.e.*, показали следующее. Если бы планета имела большую полуось, равную 53 *a.e.* и эксцентриситет, равный 0.075 и ω от 266 до 272 то одна из 37 ГК по отношению к ней могла бы иметь MOID, меньше 0.5 *a.e.* Это также превысило бы данные Табл.1 как минимум в три раза.

В статье [4] установлено наличие концентрации удаленных узлов ГК вблизи плоскости с параметрами $I_p = 18^\circ.6$; $\Omega_p = 287$ и на интервале от 122 до 137 *a.e.* Расчеты показывают, что можно подобрать такие наборы значений a , e и ω , когда на расстоянии всего лишь в 2 *a.e.* пройдут орбиты 3-х ГК. Вряд ли можно допустить, что подобные соответствия являются случайными.

Приведенные цифровые данные демонстрируют, что ГК могут играть также и ключевую роль в теоретических поисках неизвестных планетных тел в солнечной системе.

При анализе возможности формирования орбит ГК в транснептуновой зоне

представляет определенный интерес сравнение их гелиоцентрических скоростей на различных расстояниях. Известно, что такие скорости определяются по формуле:

$$V = 29.78(2/r-1/a)^{0.5},$$

где 29.78 км/с является гелиоцентрической скоростью Земли, r и a - расстояние и большая полуось кометной орбиты, соответственно. Теперь представим себе типичную ГК со следующими элементами орбиты:

$$q = 1.5 \text{ a.e.}; e = 1.005.$$

Гелиоцентрические скорости такой кометы на различных r представлены в Таблице 2.

В этой таблице для сравнения приводятся пять расстояний – Юпитера, типичных ТНО, и трех предполагаемых неизвестных планет. Видно, что по мере увеличения расстояния увеличивается и разность ΔV и в абсолютной мере и в процентном отношении. Видимо поэтому количество оскулирующих гипербола, образующихся в основном из-за гравитации Юпитера, практически на порядок больше, чем «первоначальное». По-видимому, такое соотношение этих двух систем ГК будет сохраняться и далее.

Таблица 2. Сравнение параболической и гиперболической скоростей типичной ГК на различных гелиоцентрических расстояниях

	$q = 1.5 \text{ a.e.}; e = 1.005$				
r	5.2	35	55	110	335
$V_{\text{тип}}$	18.55	7.32	5.93	4.37	2.87
$V_{\text{пар}}$	18.47	7.11	5.68	4.02	2.3
$\Delta V, \text{ км/сек}$	0.08	0.21	0.25	0.35	0.57
$\Delta V, \%$	0.4	2.96	4.4	8.71	24.8

ДИСКУССИЯ

Полученные в настоящей работе количественные данные по ГК могут сыграть определенную роль в понимании истоков таких комет. Однако, одни только статистические характеристики и данные по MOID не позволяют полностью и без внутренних противоречий судить об их истоках. Малые значения MOID также должны сопровождаться реальными сближениями ГК с ТНО. Для выявления таких сближений требуются тщательные небесно-механические расчеты. Полученные нами данные могут сыграть роль ориентиров для таких расчетов. Здесь возникает также и проблема точности динамических параметров самих ТНО, так как некоторые из них наблюдались всего лишь несколько лет. Кроме того, вполне возможно, что причиной возникновения гиперболических избытков параметра e в ряде случаев действительно являются физические процессы в ядрах комет. В любом случае, возрастание численности реальных ГК, а также количества массивных ТНО, в ближайшем будущем может внести большую ясность в рассматриваемую проблему. Кроме того, ГК как отмечено выше, могут сыграть ключевую роль в поиске неизвестных планетных тел в транснептуновой зоне солнечной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гулиев А.С., Набиев Ш.А., Гулиев Р.А., Дадашов А.С.. К вопросу о связи комет с койперовыми телами. **Азербайджанский Астрономический Журнал**. 2012, т.7.№1, с.5-12.
2. S.Yabushita On the effect of non-gravitational processes on the dynamics of nearly parabolic comets. **Mon. Not. R. Astron. Soc.** 1996, v.283, p.347-352.
3. Marsden B.G.,Williams G.V. **Catalogue of Cometary Orbits**, 16th edition. SAO, Solar, Stellar & Planetary Science Division. Cambridge. 2008. 197p
4. Guliyev A.S., Dadashov A.S. On hyperbolic comets. **Proceedings of the International Astronomical Union**. 2010. v.5, Symposium S263. August 2009, p. 81-84.
5. Królikowska, M. A study of the original orbits of "hyperbolic" comets. **Astronomy and Astrophysics**, 2001,v.376, p.316-324.
6. Huges D.W. On hyperbolic comets. **J.Br.Astron.Accos**. 1991, v.101,n. 2, p.101-119.
7. Sosa, Andrea, Fernández, Julio A., Masses of long-period comets derived from non-gravitational effects – analysis of the computed results and the consistency and reliability of the non-gravitational parameters, **MNRAS**, 2011, v. 416, Issue 1, p. 767-782.

ON HYPERBOLIC COMET ORBITS

A.S.Guliyev, Sh.A.Nabiyev

Some aspects of hypotheses about relation of hyperbolic comets (HC) with large Kuiper bodies having diameters more than 200 km and unknown planet bodies probably existing in the trans-Neptunian zone are investigated. Values of MOID for 37 HC relatively to 91 TNO are calculated. It was found out that HC have more closing to TNO than other ones. Same task was solved concerning HC and some unknown planets existing, which have suggested by one of authors. Results of calculations demonstrate that HC might have significant role in searching for such bodies in the solar system.

Key words: hypothetical planet, orbit, comets, MOID, TNO

HİPERBOLİK KOMET ORBİTLƏRİ BARƏDƏ

Ə.S.Quliyev, Ş.A.Nəbiyev

Hiperbolik kometlərin diametri 200 km-dən böyük olan Kuiper Cisimləri və Trans – Neptun zonasında fərz olunan naməlum planetlərlə mümkün əlaqəsi tədqiq olunur. 91 trans-Neptun obyektləri ilə məlum 37 hiperbolik kometlərin MOİD qiymətləri hesablanmışdır. Digər uzun periodlu kometlərlə müqayisədə hiperbolik kometlərin TNO-larla daha yaxın əlaqəsi mümkünlüyü aşkarlanmışdır. Müəlliflərdən birinin daha əvvəllər də irəli sürdüyü HK və Naməlum Planet əlaqəsi məsələsi də eyni metodla tədqiq olunaraq mühüm nəticələr əldə edilmişdir. Hesablamalardan alınan nəticələr əsasında demək olar ki, HK - lərin TNO – larla mümkün əlaqəsi mövcuddur və bu kometlər Naməlum Planet axtarışında açar kimi istifadə oluna bilər.

Aparıcı sözlər: hipotetik planet, orbit, komet, MOİD, TNO

КАТАЛОГ ДВОЙНЫХ ЗВЕЗД ТИПА Т ТЕЛЬЦА И РОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ. 1. СПЕКТРАЛЬНЫЕ И ЗАТМЕННЫЕ ДВОЙНЫЕ

© 2012 г. Н.З.Исмаилов¹, Г.А.Абди¹, Г.Б. Мамедханова²

¹Шамахинская Астрофизическая Обсерватория НАН Азербайджана
(e-mail: ismailovn@yahoo.com, hasan.abdi@yahoo.com)

²Институт Физики НАН Азербайджана
(e-mail: gunel-mamedxanova@rambler.ru)

В работе составлен наиболее полный каталог молодых спектрально- и затменно-двойных звезд типа Т Тельца и родственных объектов. Приведены, собранные по литературным данным, основные элементы орбиты двойных. Для проведения статистического анализа характеристик двойных систем использовано значение эксцентриситета и периода молодых звезд. Полученные диаграммы распределения были сопоставлены с аналогичными данными для стандартных спектрально-двойных звезд позднего спектрального класса. Получена систематическая завышенность эксцентриситета у молодых звезд в интервале $e = 0.2-0.5$.

Ключевые слова: молодые звезды, двойственность, орбитальные элементы

ВВЕДЕНИЕ

Для понимания физических процессов, происходящих на ранней стадии эволюции звезд, в настоящее время наиболее актуально исследование таких вопросов, как: 1) происхождение и начальное количество массы протозвезд; 2) время жизни, образования и диссипации околозвездного диска и образования планет; 3) распределение первоначального углового момента звезды, его эволюция со временем, а также зависимость этой эволюции от первичной массы, темпа аккреции вещества и т.д.

Определение более точных значений масс у звезд до Главной Последовательности (ГП) очень важно для понимания процесса формирования и эволюции звезд. Существующие различные теоретические модели эволюции звезд для данной температуры, светимости и химического состава дают значительно различающиеся значения массы. Это различие особенно заметно у звезд с массами $1 M_{\odot}$ [1, 2].

Типичным продуктом процесса звездообразования, чаще всего, является двойная или кратная звезда. Исследование молодых двойных систем позволяет непосредственно определить массы звезд сразу после их «рождения» из материнского протозвездного облака.

Звездные массы могут быть определены на основании следующих наблюдательных методы: а) построении кривых лучевых скоростей отдельных компонент у спектрально-двойных по спектральным линиям обеих компонент и определение массы компонент, обремененных фактором $\sin i$, а затем, из кривой блеска, получение относительных радиусов и светимостей, угла наклона орбиты к лучу зрения i ; б) определение методом астрометрии пространственно-разрешенной визуальной орбиты системы, определение большой полуоси и массы отдельных компонент; в) картированием изображения в субмиллиметровом диапазоне кеплеровского вращения околозвездного диска и определение массы центральной звезды.

Для молодых звезд малых масс из-за небольшой оси орбиты и малой амплитуды изменения лучевых скоростей, не всегда удается выделить спектры отдельных компонент и часто отношение масс компонент остается неизвестным. В случае довольно широкой пары, чтобы построить орбиту приходится выполнять наблюдения годами. Тем не менее, изучение орбиты молодой двойной системы является своего рода уникальной лабораторией определения массы отдельных компонент.

Несмотря на важности этой задачи, к настоящему времени в литературе приведено очень мало результатов исследований таких двойных звезд. В последние 20 лет был достигнут значительный прогресс в определении масс компонент молодых двойных систем. Используя ИК-интерферометрические наблюдения, сделано картирование орбит молодых двойных систем [3-6]. Кроме того, в оптическом диапазоне, в работах Мэтью и др. [1,7], были идентифицированы 12 спектрально-двойных со спектрами обеих компонент (SB2s) и 13 спектрально-двойных со спектром одного компонента (SB1s). С появлением работ по инфракрасной спектроскопии высокого разрешения [6, 8, 9, 10, 11, 12], значительно увеличилось количество двойных среди спектрально-двойных систем. Сакко и др. [13] открыли 6 затменно-двойных, используя оптический спектрограф FLAMES с высоким разрешением ($R \sim 17000$) и телескоп VLT в диапазоне $\lambda 6470-6790 \text{ \AA}$. В настоящее время назрел вопрос о собирании полученных разными авторами данных и проведении определенных статистических исследований полученных орбитальных параметров молодых двойных систем. Это и является основной целью настоящей работы.

В этой работе мы обобщаем данные для всех известных спектрально- и затменно-двойных систем, находящихся в областях звездообразования. Кроме того, мы проводим анализ распределения значения эксцентриситетов и орбитальных периодов у молодых звезд, а также сравниваем эти данные с данными для нормальных двойных звезд позднего спектрального класса.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

Для накопления более полной информации о молодых двойных звездах, начиная с публикации [1], где приводятся таблицы A1 и A2, мы собрали данные из разных списков, опубликованных к настоящему времени (см. например, [1, 2, 9,14]).

В Табл.1 составлен полный список, содержащий данные о 73-х молодых двойных системах. Табл.1 была разбита на три части. В

первой части Табл.1 (по столбцам) приведены: порядковый номер, название объекта, экваториальные координаты α_{2000} , δ_{2000} , спектральный класс главного компонента, период, эксцентриситет, номер ссылки, откуда взяты данные для соответствующего объекта. Звездочками обозначены тройные системы.

Во второй части Табл.1 приведены: порядковый номер, большая полуось орбиты компонент - $a_1 \sin i$ и $a_2 \sin i$, функция масс $f(m)$, γ -скорость центра массы, ω - угол периастра, амплитуды изменений лучевых скоростей компонент - K_1, K_2 .

В третьей части Табл.1 приведены: порядковый номер, отношение масс q , массы первого $M_1 \sin i$ и второго $M_2 \sin i$ компонент, угол наклона орбиты к лучу зрения i , тип переменности, ассоциация, к которой входит данный объект

Для проведения статистического анализа мы использовали те данные, которые для всех молодых звезд приведены в литературе.

На Рис.1 приведено распределение значений периода в сутках и эксцентриситета как для молодых двойных систем (верхние две панели), так и для двойных звезд из каталога [43] (нижние две панели). По ординате приведено относительное количество объектов в процентах. По абсциссе для периодов приведен интервал 100 - 2000 дней, с шагом 100 дней. А для эксцентриситета интервал охватывает значения 0.05 -1, с шагом 0.05. Для сравнительного изучения некоторых орбитальных параметров мы использовали данные для спектрально-двойных звезд позднего типа, взятые из каталога "15th Complementary catalogue of SBs Pedoussaut+1989" [43]. Были использованы данные для 204 спектрально-двойных спектральных классов F-G-K-M и класса светимости III-V. Подавляющая часть этих двойных имеют спектральные классы G-K III-V.

Таблица1 (часть I). Общий каталог спектрально- и затменно-двойных молодых звезд

№	Название объекта	α_{2000} "h:m:s"	δ_{2000} "d:m:s"	Sp. класс	P (дн)	e	Ref
1	2M0535 05	05 35 22	-5 46 09	M6.5	9.78	0.32	15
2	AK Sco	16 54 45	-36 53 19	F5	13.61	0.47	16
3	ASAS J052821+0338.5	05 28 21	+03 38 33	K1	3.87	0.00	17
4	BS Indi*	21 20 60	-52 28 40	K0	1222	0.60	18
5	Cru-3	12	-59	K5	58.27	0.07	19
6	DQ Tau	04 46 52	+16 59 54	M0	15.8	0.58	29
7	EK Cep	21 41 21	+69 41 34	A1	4.43	0.11	38
8	GG Ori	05 43 10	-00 41 15	A2	6.63	0.22	41
9	GSC 06209-00735	16 08 15	-19 08 33	K2	2045	0.20	26
10	GSC 06213-00306	16 13 18	-22 12 48	K1	167	0.23	26
11	GW Ori	05 29 08	+11 52 12	G5	241.9	0.04	28
12	Haro 1-14c	16 31 04	-24 04 33	K5	591	0.62	34
13	HD 34700	05 19 41	+05 38 43	G0	23.49	0.25	39
14	HD 98800A	11 22 05	-24 46 40	K5	262.15	0.48	40
15	HD 98800B	11 22 05	-24 46 39	K5	315.15	0.78	40
16	HD155555	17 17 25	-66 57 04	G5	1.68	0.00	31
17	HIP50796*	10 22 18	-10 32 15	K5	570	0.61	39
18	ISOY J053446.01-044922.1	05 34 46	-04 49 22	K5	0.54		27
19	ISOY J053454.31-045413.0	05 34 54	-04 54 13	M4	5.12		27
20	ISOY J053505.71-052354.1	05 35 06	-05 23 54	M5	20.48		27
21	ISOY J053515.55-052514.1	05 35 15	-05 25 14	K4			27
22	ISOY J053518.03-052205.4	05 35 18	-05 22 05	K0	5.62		27
23	ISOY J053526.88-044730.7	05 35 27	-04 47 31	K0	3.91		27
24	ISOY J053605.95-050041.2	05 36 06	-05 00 41		3.57		27
25	JW 380	05 35 12	-05 31 39	M5	5.3	0.00	13
26	Lk Ca 3*	04 14 48	27 52 35	M1	12.94	0.20	1
27	LOri-030	5 35 12	9 55 19	M1.5			13
28	MLL 53	14 58 37	-35 40 30	K2	2.1		12
29	MO Lup*	15 24 03	-32 09 51	K7	11.95	0.40	24
30	NTT 045251+3016	04 56 02	+30 21 03	K7	2530	0.46	6
31	NTTS 155808-2219	16 01 05	-22 27 31	M3	16.93	0.10	1
32	NTTS 155913-2233	16 02 10	-22 41 28	K4	2.42	0.02	7
33	NTTS 160814-1857	16 11 09	-19 04 45	K2	144.7	0.26	7
34	NTTS 160905-1859	16 11 59	-19 06 53	K1	10.4	0.17	7
35	NTTS 162814-2427	16 31 16	-24 34 08	K7	35.95	0.48	7
36	NTTS 162819-2423S	16 31 20	-24 30 05	G8	89.1	0.41	7
37	oriNTT 429	05 34 41	-02 33 54	K3	7.46	0.27	1
38	oriNTT 569	05 44 29	-00 10 30	K4	4.25	0.00	1
39	Parenago 1540	05 34 41	-05 24 36	K3	33.73	0.12	14
40	Parenago 1771	05 35 10	-05 23 27	K4	149.5	0.57	32
41	Parenago 1802	05 35 11	-05 36 51	M2	4.67	0.02	21
42	Parenago 1925	05 35 18	-05 22 37	K3	32.94	0.55	32
43	Parenago 2486	05 37 09	-05 10 39	G5	5.19	0.16	1
44	Parenago 2494	05 37 09	-06 06 16	K0	19.48	0.26	34
45	ROXR1 14	16 26 03	-24 17 46	M1	5.72	0.02	35
46	RS Cha	08 43 12	-79 04 12	A7V	1.67	0.00	20

№	Название объекта	α_{2000} "h:m:s"	δ_{2000} "d:m:s"	Sp. класс	P (дни)	e	Ref
47	RX J0350.5-1355	03 50 33	-13 55 19	K0	9.28	0.00	23
48	RX J0441.0-0839	04 40 60	-08 40 02	G3	13.56	0.22	23
49	RX J0529.3+1210	05 29 19	+12 09 30	K8	462	0.88	2
50	RX J0529.4+0041	05 29 22	+00 41 09	K1	3.04	0.00	23
51	RX J0530.7-0434	05 30 43	-04 34 59	K2	40.57	0.32	23
52	RX J0532.1-0732	05 32 06	-07 32 44	K2	46.85	0.47	23
53	RX J0541.4-0324	05 41 24	-03 24 43	G5	4.99	0.00	23
54	RX J1603.8-3938	16 03 52	-39 39 01	K3	7.56	0.00	25
55	RX J1622.7-2325Nw	16 22 47	-23 25 33	M1	3.23	0.30	35
56	RXJ 1559.2-3814	15 59 16	-38 14 42	M1.5	474	0.34	26
57	RXJ1220.6-7539	12 20 341	-75 39 29	K2	613.9	0.23	26
58	S29	5 38 511	-2 36 21	K9.5	8.72		13
59	S53	5 38 43	-2 32 01	M4.5	8.5		13
60	S84	5 39 30	-2 38 27	M2.5	6.07		13
61	S85	5 38 51	-2 27 46	M1	12.78		13
62	S89	5 38 09	-2 35 41	K2	13.82		13
63	S96	5 38 33	-2 31 16		3.9		13
64	theta1 Ori E	05 35 16	-05 23 10	G2	9.89		27
65	TY CrA	19 01 41	-36 52 34	B9	2.88	0.01	22
66	UZ Tau E	04 32 43	+25 52 31	M1	19.97	0.14	15
67	V1174 Ori	05 34 28	-05 41 38	M0	2.6	0.00	36
68	V4046 Sgr	18 14 10	-32 47 34	K5	2.42	0.00	37
69	V773 Tau*	04 14 13	+28 12 12	K3	51.07	0.27	42
70	V826 Tau	04 32 16	+18 01 39	K7	3.89	0.00	33
71	VSBI11	06 41 04	+09 51 50	G8	879	0.80	1
72	VSBI26	06 41 08	+09 44 03	K0	12.92	0.18	1
73	W134	06 40 59	+09 55 20	G5	6.35	0.00	30

Таблица 1 (часть II). Общий каталог спектрально- и затменно-двойных молодых звезд.

№	$a_1 \sin i$ (a.e.)	$a_2 \sin i$ (a.e.)	f(m) $M_{\odot}$	γ ($\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$)	ω (град)	K1 ($\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$)	K2 ($\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$)
1		0.04		14.90	218.00	15.50	58.20
2		0.14		22.80			
3		0.07		13.80	10.50	32.60	43.10
4		2.70		5.73	1.9.5	22.54	24.07
5	0.17			24.10	215.40		
6	0.03		0.02	25.60			
7		0.08		17.50			
8	0.06	0.12	0.27		-6.00		
9	0.53			2.74		85.20	91.56
10	0.23						
11	0.10			20.20	131.00		
12		0.36		1.38		40.33	43.53
13	0.08		0.04	26.30			
14	0.14		0.00	17.00			
15	0.41			26.00			

№	$a_1 \sin i$ (a.e.)	$a_2 \sin i$ (a.e.)	$f(m)$ $M_\odot$	γ ($\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$)	ω ($^\circ$)	K1 ($\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$)	K2 ($\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$)
16	0.01			18.99	0.00	80.58	110.31
17	0.86			-0.20	299.30		
18				21.90	54.30	60.00	58.10
19			0.01	25.90			
20				20.00			
21			0.08	293.00	293.00	34.85	49.75
22				-7.98	3.87	42.66	43.94
23				15.90		136.10	138.90
24				-2.12	0.00	64.58	70.20
25		0.04					
26	0.03		0.03	14.90			
27			0.02			25.40	41.70
28							
29		0.04		21.03	358.10	38.83	39.33
30	1.60			25.27		77.75	107.41
31	0.05						
32		0.01	0.00	-6.40	301.00		
33		0.19		-6.10			
34		0.02	0.02				
35		0.27		25.00			
36		0.10		29.00			
37		0.10				90.00	112.00
38		0.04	0.09	14.90	216.70	7.53	13.52
39	0.08						
40	0.16			33.44	287.00	47.51	47.56
41		0.05		14.72	34.61	32.38	33.96
42	0.05			23.39	55.11	43.25	45.61
43		0.07	0.05	-5.00			
44		0.06		-6.75	133.45	78.71	80.31
45	0.02			2.00		13.40	14.20
46		0.04		-1.10			
47	0.06			-10.90			
48	0.06			14.13		96.80	96.60
49	0.45			30.40			
50	0.02		0.00	-7.62	8.10	2.87	
51	0.17			-6.76		15.10	15.65
52	0.16		0.00	28.10	71.00		
53	0.03		0.02	-8.70	233.00		
54	0.03		0.01	12.75	64.40	6.81	
55	0.02		0.02	2.74	171.70	7.15	
56	0.55						
57	0.40						
58	0.02		0.02			29.10	32.10
59	0.02		0.05			43.80	43.80
60	0.02		0.06			35.30	43.00

№	$a_1 \sin i$ (a.e.)	$a_2 \sin i$ (a.e.)	$f(m)$ $M_\odot$	γ ($\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$)	ω ($^\circ$)	K1 ($\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$)	K2 ($\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$)
61	0.04		0.49			69.80	86.50
62	0.09		0.03			43.40	
63	0.02						
64		0.15		18.85	114.51	46.61	57.13
65		0.02		22.40	230.60	21.60	22.40
66		0.27				32.80	56.90
67		0.04	0.19	-4.40	227.00		
68		0.02		-6.80			
69	0.15		0.26	24.77	313.75		
70		0.01		22.56	0.00	65.16	96.63
71	0.60		0.06	-2.30	325.00		
72	0.02		0.05	-6.60	254.00		
73		0.10		18.38	1.80	22.76	31.25

Таблица 1 (часть III). Общий каталог спектрально- и затменно-двойных молодых звезд.

№	q	$M1 \sin^3 i$ ($M_\odot$)	$M2 \sin^3 i$ ($M_\odot$)	i (град)	Тип PMS	Расположе ние
1		0.60	0.16	54.00	SB1	Tau-Aur
2	0.95			83.70	EB	
3	1.32	1.17	0.83		SB2	Tau-Aur
4	0.83	0.53			SB2	isolated
5	0.63			88.80	EB2	
6	0.34				SB1	Trapeziym
7	1.02				SB2	Tau-Aur
8	0.88				SB1	Indus
9		0.50	0.46		SB2	
10					EB	Orion
11	1.32				SB2	Trapeziym
12	0.93	0.24	0.22		SB2	
13					SB1	NGC2264
14					SB1	NGC2264
15	1.04				SB2	NGC2264
16	0.73	1.26	0.92		EB2	Orion
17	0.76				ST3	Lupus
18	0.97	0.40			EB2	Orion
19	0.31				SB1	Trapeziym
20	1.04				SB2	Trapeziym
21	1.41	0.65	0.45		SB2	Trapeziym
22	0.97				SB2	Oph
23	0.98	1.82	1.78	83.20	EB2	Cha
24	0.92	1.23	1.13		SB2	Ori
25					EB	Ori
26					SB1	Tau-Aur
27	1.64				SB2	σ Ori
28					EB	Ori
29	0.99				SB2	

№	q	$M1 \sin^3 i$ ($M_{\odot}$)	$M2 \sin^3 i$ ($M_{\odot}$)	i (grad)	Тип PMS	Расположе ние
30		1.01	0.73		EB2	
31					SB2	λ Ori
32					SB1	Sco-Cen
33	1.10				SB2	ϱ Oph
34					SB1	ϱ Oph
35	1.00				SB2	Ori
36	1.00				SB2	Ori
37	0.80			83.10	EB	Cen
38	0.56				SB1	Tau-Aur
39					EB	Ori
40	1.00	1.54	1.54		SB2	Ori
41	0.95	0.90	0.86		SB2	
42	0.95	1.20	1.14		SB2	Ori
43					SB1	Sco-Cen
44	0.98				SB2	Oph
45	0.95	0.44	0.42		SB2	
46	0.99	1.07	1.05		EB	
47	1.81				EB2	Cep
48	1.00	2.28	2.30		EB	Ori
49	0.06	0.83	0.05	88.80	EB	Ori
50					SB1	
51	0.97	0.25	0.24		SB2	
52					SB1	B30
53					SB1	ϱ Oph
54			0.18		SB1	isolated
55					SB1	
56					EB	Ori
57					EB	Ori
58	1.10				SB2	σ Ori
59	1.00				SB2	σ Ori
60	1.22				SB2	σ Ori
61	1.24				SB2	σ Ori
62					SB1	σ Ori
63	1.00	2.81	2.80	73.70	EB	Orion
64	0.82	0.80	0.66		SB2	Orion
65	0.97	0.39	0.37		SB2	Tau-Aur
66	0.56	0.25	0.15	80.42	EB2	Ori
67	0.52	3.03	1.58		EB2	CrA
68	1.07				SB2	isolated
69				85.00	SB1	
70	0.67	1.31	0.88		SB2	Ori
71					SB1	
72					SB1	Sco-Cen
73	0.73	0.45	0.33		SB1	

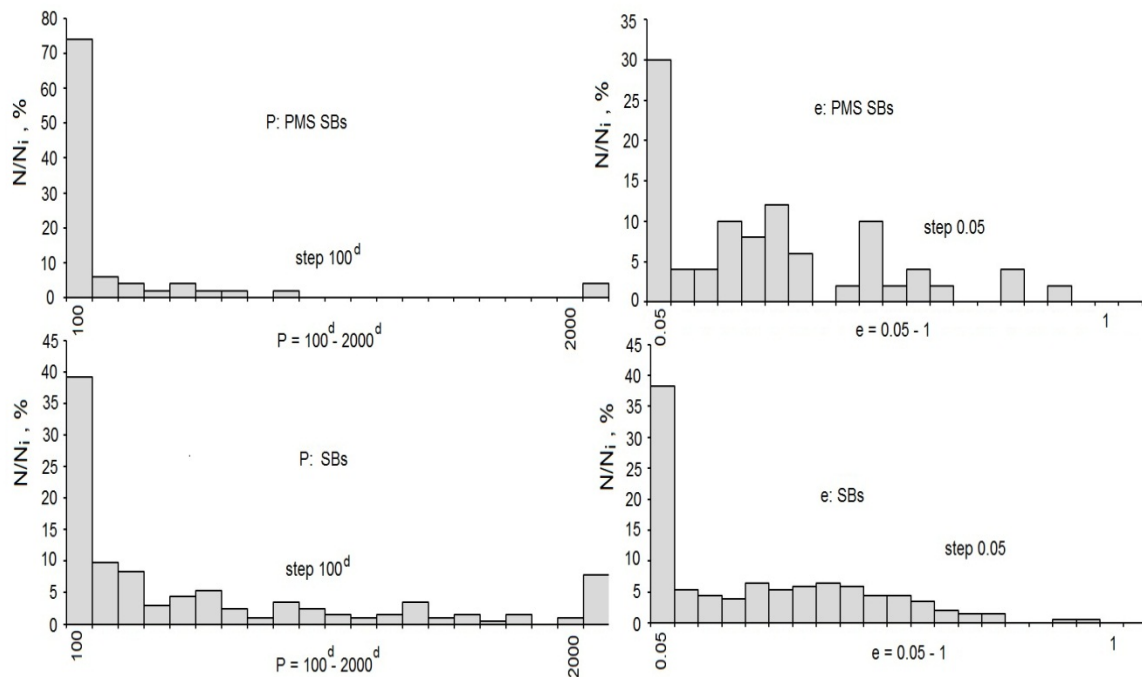


Рис.1. Распределение значений периода и эксцентриситета для молодых двойных систем (верхние две панели), и для обычных двойных систем позднего типа (нижние две панели). По ординате приведено относительное количество объектов в процентах. По абсциссе указан общий интервал соответствующих параметров и величина одного шага.

Из Рис.1 видно, что у молодых двойных звезд количество двойных с периодами меньше, чем 100 дней, оказалось примерно вдвое больше, чем у обычных двойных систем. В то же время, относительное количество двойных с периодами 200-300 дней среди молодых звезд равно примерно 5%, а у звезд стандартов оно составило около 10%.

В распределении эксцентриситета мы наблюдаем обратную картину. Для молодых двойных звезд относительное количество двойных с эксцентриситетом до 0.05 равно примерно 30%, в то время как у обычных двойных этот параметр составляет более 35%. В распределении эксцентриситета у молодых двойных с $e = 0.2 - 0.5$ относительное количество звезд примерно вдвое больше, чем у обычных двойных систем. Кроме того, наблюдается разрыв в распределении эксцентриситета у молодых звезд при $e = 0.5$, где нет ни одного объекта, когда у обычных двойных при этом значении наблюдается второй максимум распределения. Вышеуказанная отличительная особенность в распределении этих параметров у молодых и

проэволюционировавших систем может иметь определенный эволюционный смысл. Если это предположение верно, то, возможно, со временем, у молодых двойных систем значение орбитальных периодов должно увеличиваться, а эксцентриситеты - уменьшаться. Это, скорее, может быть связано с диссипацией околозвездного диска и образованием планетной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mathieu R. D., Pre-Main-Sequence Binary Stars, **Ann. Rev. Astron. Astrophys.**, 1994.v. 32, p. 465-530.
2. Schaefer G. H., Fundamental Properties of Young Binary Stars, preprint **arXiv**: 1108. 4051, 2011.v.1, p.1-8.
3. Schaefer G. H., Dutrey A., Guilloteau S., Simon M., White R. J., A Millimeter-wave Interferometric Study of Dust and CO Disks Around Late Spectral Type Stars in Taurus-Auriga. **Astrophys.J.**, 2009.v.701, p. 698-709.
4. Ghez A. M., Simon M., White R. J., High Spatial Resolution Imaging of Pre-Main Sequence Binary Stars: Resolving the Relationship between Disks and Close Companions. **Amer. Astron. Soc.**, 1995.v. 27, p.1436-1439.
5. Simon M., Holfeltz S. T., Taff L. G., Measurement of T Tauri Binaries Using the Hubble Space Telescope Fine Guidance Sensors., **Astrophys.J.**, 1996.v. 469, p.890-897.

6. Steffen et al., A Dynamical Mass Constraint for Pre-Main-Sequence Evolutionary Tracks: The Binary NTT 045251+3016, **Astron.J.**, 2001.v. 122, p. 997-1006.
7. Mathieu R. D., Walter, F. M., Myers P. C., The discovery of six pre-main-sequence spectroscopic binaries, **Astron.J.**, 1989. v. 98, p. 987-1001.
8. Prato L., Pre-Main-Sequence Binaries and Evolution of their Disks, **Amer. Astron. Soc.**, 1998.v. 30, p.1382-1390.
9. Prato L., Simon M., Mazeh T., McLean I. S., Norman D., Zucker S., The Smallest Mass Ratio Young Star Spectroscopic Binaries, **Astrophys.J.**, 2002,v.569, p.863-871.
10. Mazeh T., Prato L., Simon M., Goldberg, E., Norman D., Zucker S., Infrared Detection of Low-Mass Secondaries in Spectroscopic Binaries, **Astrophys.J.**, 2002.v. 564, p. 1007-1014.
11. Mazeh T., Simon M., Prato L., Markus B., Zucker S., The Mass Ratio Distribution in Main-Sequence Spectroscopic Binaries Measured by Infrared Spectroscopy, **Astrophys.J.**, 2003.v. 599, p. 1344-1356.
12. Simon M., Prato L., The Double-lined Spectroscopic Binary Haro 1-14c. **Astrophys.J.**, 2004.v. 613, p. L69-L71.
13. Sacco G. G., Franciosini E., Randich S., Pallavicini R., FLAMES spectroscopy of low-mass stars in the young clusters σ Ori and λ Ori, **Astron. Astrophys.**, 2008.v. 488, p.167-179.
14. Melo C. H. F., Covino E., Alcalá J. M., Torres G., On the pre-main sequence circularization period, **Astron. Astrophys.**, 2001.v. 378, p.898-906.
15. Stassun K. G., Mathieu R. D., Valenti, J. A., A Surprising Reversal of Temperatures in the Brown Dwarf Eclipsing Binary 2MASS J05352184-0546085, **Astrophys.J.**, 2007.v. 664, p.1154-1166.
16. Andersen J., Lindgren H., Hazen M. L., Mayor M., The pre-main-sequence binary system AK Scorpii. **Astron. Astrophys.**, 1989.v. 219, p. 142-150.
17. Stempels H. C., Hebb L., Stassun K. G., Holtzman J., Dunstone N., Glowienka L., Frandsen S., The Pre-Main-Sequence Eclipsing Binary ASAS J052821+0338.5, **Astron.Astrophys.**, 2008. v. 481, p.747- 755.
18. Guenther E. W., Covino E., Alcalá J. M., Esposito M., Mundt R., BS Indi: an enigmatic object in the Horologium association, **ESASP**, 2005.v. 560, p. 611-615.
19. Alcalá J. M., Covino E., Melo C., Sterzik M. F., Characterization of low-mass pre-main sequence stars in the Southern Cross, **Astron.Astrophys.**, 2002.v.384, p.521-531.
20. Andersen J., Spectroscopic observations of eclipsing binaries. I - Description of methods, and results for RS Chamaeleontis and chi-2 Hydrae, **Astron.Astrophys.**, 1975.v. 44, p. 445-458.
21. Cargile P. A., Stassun K. G., Mathieu R. D., Discovery of Par 1802 as a Low-Mass, Pre-Main-Sequence Eclipsing Binary in the Orion Star-Forming Region, **Astrophys.J.**, 2008.v. 674, p. 329-335.
22. Casey B.W., Mathieu R. D., Suntzeff N. B., Walter F. M. The spectroscopic orbit and subsynchronous rotation of the Herbig Ae/Be star TY CrA, **Astron.J.**, 1993.v. 105, p. 2276-2290.
23. Covino E., Melo C., Alcalá J. M., Torres G., Fernández M., Frasca A., Paladino R., New low-mass pre-main sequence spectroscopic binaries in Orion, **Astron.Astrophys.**, 2001.v. 375, p. 130-144.
24. Esposito M., Covino E., Alcalá J.M., Guenther E.W., Schisano E., MO Lup: a hierarchical triple T Tauri system, **Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.**, 2007.v. 376, p. 1805-1813.
25. Guenther E. W., Torres G., Batalha N., Joergens V., Neuhauser R., Vijapurkar J., Mundt R., RX J1603.8-3938 - a surprising pre-main sequence spectroscopic binary, **Astron.Astrophys.** 2001.v. 366, p. 965-971.
26. Guenther E. W., Esposito M., Mundt R., Covino E., Alcalá J. M., Cusano F., Stecklum B., Pre-main sequence spectroscopic binaries suitable for VLTI observations, **Astron. Astrophys.**, 2007.v. 467, p.1147-1155.
27. Morales-Calderón M., Stauffer J. R., Stassun K. G., Herschel Far-infrared Photometric Monitoring of Protostars in the Orion Nebula Cluster, **Astrophys. J.Let.**, 2012.v. 753, L35-L49.
28. Mathieu R. D., Adams F. C., Latham, D. W., The T Tauri spectroscopic binary GW Orionis, **Astron.J.**, 1991.v. 101, p. 2184-2198.
29. Mathieu R. D., Stassun K., Basri G., et al., The Classical T Tauri Spectroscopic Binary DQ Tau. I. Orbital Elements and Light Curves, **Astron.J.**, 1997.v.113, p.1841-1854.
30. Padgett D. L., Stapelfeldt K. R., W134: A new pre-main-sequence double-lined spectroscopic binary, **Astron.J.**, 1994.v.107, p. 720-728.
31. Pasquini L., Cutispoto G., Gratton R., Mayor M., HD 155555 - A nearby pre-main sequence binary, **Astron. Astrophys.**, 1991.v.248, p.72-80.
32. Prato L., Simon M., Mazeh T., McLean I. S., Norman D., Zucker S., The Smallest Mass Ratio Young Star Spectroscopic Binaries **Astrophys.J**, 2002.v. 569, p. 863-871.
33. Reipurth B., Lindgren H., Nordström B., Mayor M., Spectroscopic pre-main sequence binaries. I - Improved elements of V 826 Tauri, **Astron. Astrophys.**, 1990.v. 235, p. 197-204.
34. Reipurth B., Lindgren H., Mayor M., Mermilliod J.-C., Cramer N., Spectroscopic Pre-Main Sequence Binaries II. Haro 1-14c and Parenago 2494, **Astron.J.**, 2002.v. 124, p. 2813-2820.
35. Rosero V., Prato L., Wasserman L. H., Rodgers B., Orbital Solutions for Two Young, Low-mass Spectroscopic Binaries in Ophiuchus, **Astron.J.**, 2011.v. 141, p. 13-19.
36. Stassun K. G., Mathieu R. D., Vaz L. P. R., Stroud N., Vrba F. J., Dynamical Mass Constraints on Low-Mass Pre-Main-Sequence Stellar Evolutionary Tracks: An Eclipsing Binary in Orion with a 1.0 M-solar Primary and a 0.7 M-solar, **Astrophys.J. Suppl. Ser.**, 2004.v. 151, p. 357-385.

37. Stempels H. C., Gahm G. F., The close T Tauri binary V 4046 Sagittarii, **Astron.Astrophys.**, 2004.v.421, p.1159-1165.
38. Tomkin J., Secondaries of eclipsing binaries. V - EK Cephei, **Astrophys.J.**, 1983.v.271, p.717-724.
39. Torres G., The Astrometric-Spectroscopic Binary System HIP 50796: An Overmassive Companion, **Astron.J.**, 2006.v.131, p. 1022-1031.
40. Torres G., Stefanik R. P., Latham D. W., Study of Spectroscopic Binaries with TODCOR. IV. The Multiplicity of the Young Nearby Star HD 98800, **Astrophys.J.**, 1995.v. 452, p. 870-878.
41. Torres G., Lacy C.H., Sandberg C. A., Sabby J.A., Absolute Dimensions of the Unevolved B-Type Eclipsing Binary GG Orionis, **Astron.J.**, 2000.v.120, p.3226-3243.
42. Welty A. D., Discovery of a Pre-Main-Sequence Spectroscopic Binary: V773 Tauri, **Astron.J.**, 1995.v. 110, p. 776-781.
43. 15th Complementary catalogue of SBs Pedoussaut+1989 (c caırra <http://cdsweb.u-strasbg.fr>)

T BUGA VƏ ONA QOHUM OLAN QOŞA ULDUZLARIN KATALOQU.

1. SPEKTRAL VƏ TUTULAN QOŞA ULDUZLAR

N.Z.İsmayilov, H.A. Abdi, G.B. Məmmədhanova

İşdə T Buğa və ona qohum olan spektral və tutulan qoşa ulduzların daha dolğun kataloqu tərtib olunmuşdur. Ədəbiyyatda verilənlərə əsasən qoşa ulduzların əsas orbit elementləri verilmişdir. Qoşa sistemlərin xarakteristikalarının statistik analizi üçün cavan ulduzların period və eksentristeti istifadə olunmuşdur. Alınan paylanma diaqramları soyuq spektral sinifli standart spektral qoşa ulduzların analoji parametrləri ilə müqayisə olunmuşdur. Cavan ulduzlarda $e=0.2 - 0.5$ intervalında eksentristetin sistematik artıqlığı alınmışdır.

Aparıcı sözlər: cavan ulduzlar, qoşa ulduzlar, orbital elementlər

CATALOGUE OF YOUNG BINARY T TAURI AND RELATED OBJECTS.

1. SPECTROSCOPIC AND PHOTOMETRICAL BINARIES

N.Z. Ismayilov, H.A. Abdi, G.B. Mamedkhanova

In this was developed rich catalogue of young spectroscopic and photometrical binary T Tauri and related objects. Mainly orbital elements of young binary stars have been completed from the literature. For the statistical analysis of characteristics binary systems eccentricities and periods of young stars have been used. Obtained diagrams for young stars have been compared with analogical parameters of late type spectroscopic binary systems. In young stars in the range $e = 0.2 - 0.5$ systematical excess in eccentricities was obtained.

Key words: young stars, binaries, orbital elements

СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ WW VUL II. ЭМИССИОННАЯ ЛИНИЯ H_{α} в 2007-2010 гг.

© 2012г. С.О. Меджидова, Б.Н. Рустамов, Х.М. Микаилов, И.А. Алекберов

*Шамахинская Астрофизическая Обсерватория им.Н.Туси НАН Азербайджана
(e-mail: bayram_rustam@yahoo.com)*

Приводятся результаты исследований линии H_{α} в спектре звезды типа UX Ori - WW Vul, на основе спектральных наблюдений, проведенных на 2-м телескопе ШАО НАН Азербайджана в 2007- 2010 гг. Обнаружена переменность во всех измеренных параметрах профиля линии H_{α} , как в течение каждого наблюдательного сезона, так и от сезона к сезону. Сравнительный анализ результатов данных и опубликованных исследований привел к такому заключению, что режим истечения с переменной мощностью у звезды WW Vul в целом сохраняется почти в течение 40 лет (1972-2010) и эпизодически наблюдается возвращение части выброшенного вещества обратно на поверхность звезды. Выявлены изменения в режиме переменности в поведении эмиссионной линии H_{α} в наблюдательные сезоны 2006 г. и 2007-2010 гг. В 4-х случаях (для следующих дат: 08.07.06; 17.08.08; 13.06.10 и 02.08.10) обнаружена вторая эмиссионная компонента на синем крыле эмиссионной линии H_{α} .

Ключевые слова: звезды Ae Хербига, спектр, эмиссионная линия H_{α} , аккреционный диск

ВВЕДЕНИЕ

Одной из актуальных наблюдательных задач в исследовании ранней стадии эволюции звезд является изучение явления взаимодействия между молодой звездой и окружающей ее околозвездной средой. В связи с этим представляет большой интерес исследование молодых звезд с промежуточными массами ($2-10M_{\odot}$), не вышедших на главную последовательность - звезды типа Ae/Be Хербига [1-4]. По своим фотополариметрическим и спектральным признакам из звезд типа Ae/Be Хербига выделяется подкласс звезд с алгоподобным ослаблением блеска, так называемыми звезды типа UX Ориона (UXOR) [5,6]. Впоследствии было выяснено, что звезды типа UX Ori не являются каким-то особым классом звезд, в основном, это звезды Ae Хербига, среди которых есть и звезды типа T Тельца раннего спектрального класса. Это молодые звезды, околозвездные диски которых наклонены под небольшим углом к лучу зрения (ориентированы «ребром» к наблюдателю). Поэтому, их излучение до наблюдателя проходит через вещество протопланетных дисков. Переменность их блеска вызвана изменениями околозвездной экстинкции на луче зрения [7,8].

Переменности профилей эмиссионных линий в спектрах UXOR-ов может быть

обусловлена внутренними причинами, а именно, изменением режима аккреции и/или дискового ветра, и их параметров [9-11], либо вследствие внешних причин, т.е. из-за затмения звезды и части ОЗ оболочки газопылевым облаком [12]. Эмиссионная линия H_{α} является наиболее изученной из деталей в спектре UXOR. Это отчасти связано с тем, что H_{α} - эмиссия, как правило, сильна в спектрах у всех молодых звезд и, в частности, у звезд типа UX Ori. Эти исследования стимулированы еще и тем, что длина волны этой линии практически совпадает с областью максимума чувствительности ПЗС-матриц, применяемых в последние десятилетия в астрономии, что позволяет наблюдать относительно слабые молодые звезды на телескопах средних размеров. Наряду с этими, субъективными факторами актуальности исследований эмиссионной линии H_{α} диктуется тем, что, по-видимому, эта линия формируется во внутренних частях аккреционного диска у звезд типа UX Ori. Исследуя поведение эмиссионной линии H_{α} , мы получаем информацию о физических условиях в газовой оболочке, - как о структуре, так и о кинематике околозвездного газа в непосредственной близости от поверхности звезды.

WW Vul является изолированной звездой типа Ae Хербига –типичным представителем

звезд типа UX Ori., не связанной видимым образом с туманностью, со спектральным классом A3e α [13-14], A0-A3[15], A0[16]. Отличительными особенностями спектральной переменности звезды является слабая корреляция параметров эмиссии с блеском и присутствие, наряду с истечением, и признаков аккреции в линии H α [см.напр.17].

В данной работе, на основе однородного спектрального материала, полученного в 2006-2010 гг., исследуется поведение эмиссионной линии H α в спектре звезды типа UX Ori – WW Vul. Результаты наблюдений 2006г. приведены в [18]

НАБЛЮДЕНИЯ

Спектральные наблюдения были проведены на 2-м телескопе Шамахинской Астрофизической Обсерватории (ШАО) НАН Азербайджана в 2007- 2010 гг. Спектры были получены на эшелле-спектрометре в фокусе Кассегрена, с применением CCD-камеры 580x530 пикселя [19]. В течение 10 наблюдательных ночей (по трём парам спектров в 2007 и 2008 гг. и четырем парам спектров в 2010 г.) в каждую ночь были получены по два спектра исследуемой переменной и стандартной звезды в областях длин волн $\lambda\lambda 4700-6800 \text{ \AA}$, с дисперсией $10.5 \text{ \AA/мм}$ у H α (спектральное разрешение R=14000). С целью очищения спектров от следов космических частиц последовательно пара спектров, полученных в одну ночь, как правило, усреднялась, и обрабатывался результирующий спектр для каждой ночи. Условия наблюдений и методика обработки полученных спектральных материалов были идентичными с описанными в первой части данной работы [18]. Для калибровки шкалы длин волн, т.е. для перехода от шкалы пикселя в шкалу длины волны, 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. Данные наблюдений приведены в Табл.1.

Юлианские даты и UT были вычислены для середины экспозиции усредненных по двум спектрам. В Табл.1 также приведены соотношения сигнала к шуму (S/N) для каждого спектра. Процесс наблюдения и методика обработка эшелле-спектров выполнена с помощью пакета программ DECH-20, разработанного в CAO РАН [20].

По имеющимся спектрам, по профилям эмиссионной линии H α были измерены следующие параметры: лучевые скорости на уровне половинной интенсивности и у континуума; лучевые скорости синего и красного эмиссионного пика, а также лучевые скорости центральной абсорбции; эквивалентные ширины линии H α , синих и красных эмиссионных компонентов; интенсивности компонентов эмиссионной линии H α и их отношение V/R. Средняя ошибка измерений составляет по лучевым скоростям примерно $\pm 2 \text{ км/с}$, по эквивалентным ширинам - около (4-5)%, а по интенсивностям - не более 1%. Результаты этих измерений приведены в Табл.2 и Табл.3

Таблица 1. Данные спектральных наблюдений WW Vul.

Дата	UT	JD 2450000 +	Экспозиция (сек.)	S/N
05.08.07	20 ^h 31 ^m	4318.355	3600	70
06.08.07	20 ^h 33 ^m	4319.356	3600	70
08.08.07	20 ^h 45 ^m	4321.356	3600	70
17.08.08	21 ^h 03 ^m	4696.377	3600	70
19.08.08	20 ^h 26 ^m	4698.351	3600	100
20.08.08	20 ^h 10 ^m	4699.340	3600	80
13.06.10	21 ^h 15 ^m	5361.385	3600	50
02.08.10	20 ^h 53 ^m	5411.370	4800	100
05.08.10	21 ^h 50 ^m	5414.410	5400	100
06.08.10	21 ^h 08 ^m	5415.381	5400	80

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ

С целью полноты анализа результатов наших однородных спектральных наблюдений в данной работе используются и параметры профиля эмиссионной линии H α по данным наблюдений 2006 г. [18]. Период спектральных наблюдений был условно разделён на 4 наблюдательных сезона по годам (2006, 2007, 2008 и 2010гг.).

На Рис.1 приведены профили эмиссионной линии H_α в спектре звезды WW Vul за период наших спектральных наблюдений (2006-2010гг). Линия H_α имеет двухкомпонентный профиль с соотношением фиолетового и красного эмиссионных компонент $V/R < 1$. Центральная абсорбция,

как правило, смещена в синюю сторону (Табл.2, Рис.1). Такое соотношение характерно для вращающихся кеплеровских дисков с радиальной составляющей скорости, направленной от звезды, т. е. указывает на присутствие на луче зрения истечения и/или выброса вещества.

Таблица 2. Гелиоцентрические лучевые скорости линии H_α в спектре WW Vul

№ (1)	JD 2450000+ (2)	$(V_{be}+V_{re})_{\lambda 1/2}$ (3)	$(V_{be}+V_{re})_c$ (4)	V_{be} (5)	V_{re} (6)	V_{abs} (7)
1	4318.355	-5.4	-13.43	-140.5	95.04	-13.63
2	4319.356	-10.81	-27.3	-124.55	98.23	-10.73
3	4321.356	10.01	2.76	-136.47	99.56	-17.49
4	4696.377	22	-15.44	-140.57; - 256.88	85.06	-46.18
5	4698.351	-6.03	-8.26	-166.58	97.06	-27.66
6	4699.340	-30.17	-17.53	-166.1	85.32	-35.62
7	5361.385	-13.99	-16.55	-121.72-294.36	39.72	-37.05
8	5411.370	24.16	-36.03	-96.49; - 217.56	57.66	-25.27
9	5414.410	-20.55	-59.61	-164.66	69.67	-36.99
10	5415.381	-	-	-165.16	63.54	-30.95

Примечание: колонки (1) и (2)- номер и юлиан.дата; колонки (3) и (4)- лучевые скорости H_α на уровне половинной интенсивности и у континуума, соответственно; колонки (5)-(7)-лучевые скорости синего, красного эмиссионного пика и центральной абсорбции, соответственно; в колонке 5 (№4, №7 и №8) дополнительно указаны лучевые скорости вторичного синего компонента (см.текст).

Таблица 3. Эквивалентные ширины и интенсивности в единицах непрерывного спектра компонентов линии H_α в спектре WW Vul.

№ (1)	JD 2450000+ (2)	$EW(H_\alpha)$ (3)	$EW(H_\alpha)_{be}$ (4)	$EW(H_\alpha)_{re}$ (5)	I_{be} (6)	I_{re} (7)	V/R (8)
1	4318.355	11.71	4.86	6.54	2.21	2.9	0.76
2	4319.356	11.72	5.21	5.68	2.32	2.63	0.88
3	4321.356	13.71	4.27	8.9	2.11	3.4	0.62
4	4696.377	14.66	3.48	10.46	2.15	3.66	0.58
5	4698.351	13.15	4.24	7.98	1.95	2.99	0.65
6	4699.340	12.13	4.2	7.36	2.13	3.03	0.7
7	5361.385	10.26	3.74	5.83	2.04	3.74	0.54
8	5411.370	16.44	6.92	9.12	2.45	3.79	0.64
9	5414.410	16.77	6.58	9.96	2.30	3.57	0.64
10	5415.381	14.9	5.84	9.13	2.04	3.47	0.59

Примечание: колонки (1) и (2)- номер и юлиан.дата; колонки (3)-(5)- эквивалентные ширины линии H_α и синих, красных эмиссионных компонентов соответственно; колонки (6)-(8)- интенсивности в единицах непрерывного спектра компонентов линии H_α и их отношение V/R , соответственно.

Как видно из Рис.1, за период наших спектральных наблюдений вид профиля эмиссионной линии H_α с $V/R < 1$ в целом сохраняется, в то время как практически все измеренные параметры профилей линий как в течение каждого наблюдательного сезона, так и от сезона к сезону, показывают переменность (Табл.1 и Табл.2).

Теперь рассмотрим в целом характер переменности профилей эмиссионной линии H_α в спектре звезды WW Vul за период наших спектральных наблюдений (2006-2010гг) по каждому сезону. В 2006 году были получены 5 спектров в июле и 9 спектров в августе. Профили эмиссионной линии H_α , соответствующие спектральным наблюдениям проведенным в июле 2006г., показывают сильные изменения (Рис.1а) 08.07.2006 по двум спектрам в течение ночи, где обнаружена вторая эмиссионная компонента на синем крыле линии H_α . 18.07.2006 и 23.07.2006 резко усилилась интенсивность красного эмиссионного компонента. В результате резко увеличилась эквивалентная ширина $EW(H_\alpha)_{\text{ре}}$. 23.07.2006 отношение V/R было уменьшено до значения $V/R=0.6$ и, с уменьшением отношения V/R , лучевая скорость центральной абсорбции увеличилась примерно в два раза в сторону отрицательных лучевых скоростей, но при этом в лучевой скорости красного эмиссионного компонента такого резкого изменения не произошло [17]. Профили эмиссионной линии H_α , полученные из спектральных наблюдений, проведенных в августе 2006 г., показывают близкие к 1 значения отношений интенсивностей синего и красного компонентов, и только в одном случае $V>R$ (15.08.2006) (Рис.1б). Как следует из Рис.1, интенсивности центральной абсорбции I_{abs} по этим профилям были наименьшими среди приведенных нами профилей по всем сезонам наблюдений.

Профили эмиссионной линии H_α по данным 3-х спектров, полученных в июле 2007г., приведены на Рис.1с. Профили показывают большую переменность в интенсивностях синих I_b и красных I_r эмиссионных компонентов, особенно I_r . Замечательно, что, как это видно из Табл.1и2 (по спектрам в 06.08.07 и 08.08.07), столь

сильное изменение I_r происходило практически при постоянном значении лучевой скорости красного эмиссионного компонента V_r .

В августе 2008г. были получены 3 спектра (Табл.1 и Рис.1d,e). В профиле, соответствующем дате 17.08.08, обнаружена вторичная эмиссионная компонента на синем крыле линии H_α (см. Табл.2, Рис.1e). По этому профилю отношение $V/R=0.58$. Профили по спектрам, полученным в две последовательные ночи (19.08.08 и 20.08.08), практически совпадают. Интенсивности I_b и I_r изменились незначительно и синхронно, т.к. отношение $V/R=0.7$ сохраняется для обоих профилей.

В июне-августе 2010г. были получены 4 спектра (Табл.1 и Рис.1f,k). В датах 13.06.10 и 02.08.10 также обнаружена вторичная эмиссионная компонента на синем крыле линии H_α (см. Табл.2, Рис.1f,k). Профили показывают переменность в интенсивностях фиолетовых I_b и красных I_r эмиссионных компонентов. Переменность I_r значительно больше, чем изменения I_b . Отличительными свойствами профилей этого наблюдательного сезона является еще и то, что интенсивность красной эмиссионной компоненты в этих профилях были наибольшими среди приведенных нами профилей по всем сезонам наблюдений. Лучевая скорость красной эмиссионной компоненты уменьшилась по сравнению с данными предыдущих сезонов. На Рис.2-4 приведены изменения эквивалентной ширины, интенсивностей фиолетового и красного эмиссионных компонентов, лучевые скорости - красного и синего эмиссионных пиков, на уровне половинной интенсивности и у континуума, центральной абсорбции эмиссионной линии H_α на временной шкале 2006-2010гг. в спектре WW Vul.

Из этих рисунков можно установить следующие наблюдательные факты:

1. Лучевая скорость красного эмиссионного компонента V_r показывает переменность как в течение одного сезона, так и от сезона к сезону. Наряду с этим, в 2008 и 2010гг. прослеживается уменьшение V_r (в 2010г. уменьшение сильнее по сравнению с 2008г. (Рис.2, Табл.2)).

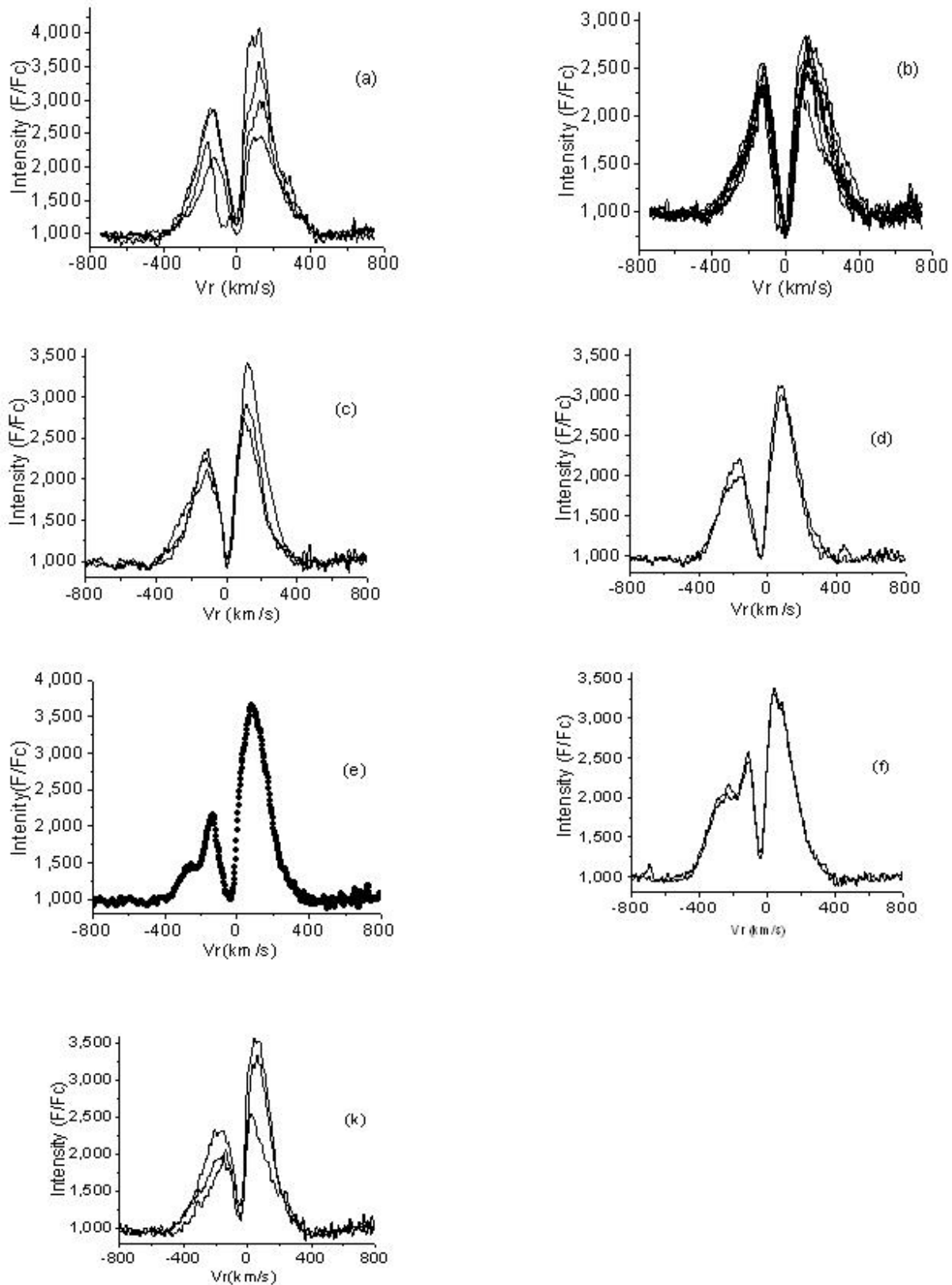


Рис.1 (a,b,c,d,e,f,k). Профили эмиссионной линии H_{α} в спектре звезды WW Vul в июле (a) и августе (b) 2006г; августе 2007г.(c); августе 2008г.(d,e); июне-августе 2010г.(f,k).

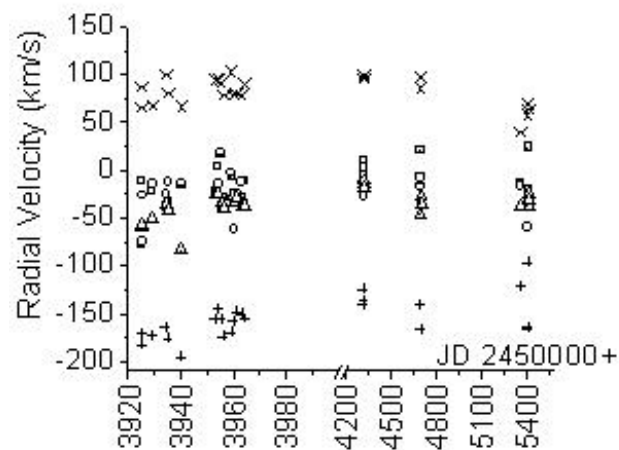


Рис.2 Изменение лучевых скоростей (крестики и ,плюсы - соответственно красного и синего эмиссионного пика; квадраты и кружки - соответственно на уровне половинной интенсивности и у континуума; треугольники - лучевые скорости центральной абсорбции) эмиссионной линии H_{α} на временной шкале 2006-2010 гг. в спектре звезды WW Vul.

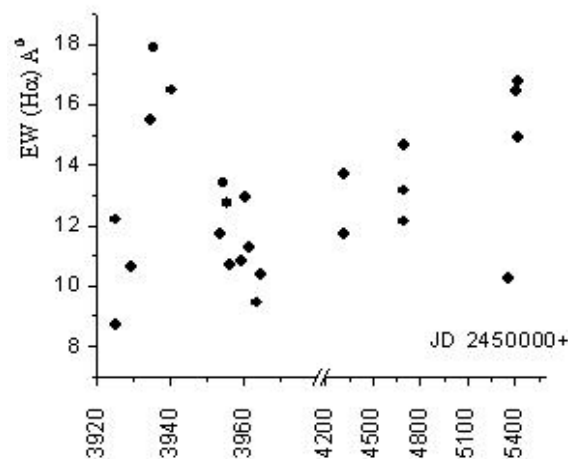


Рис.3 Изменение эквивалентной ширины эмиссионной линии H_{α} на временной шкале 2006-2010 гг. в спектре звезды WW Vul.

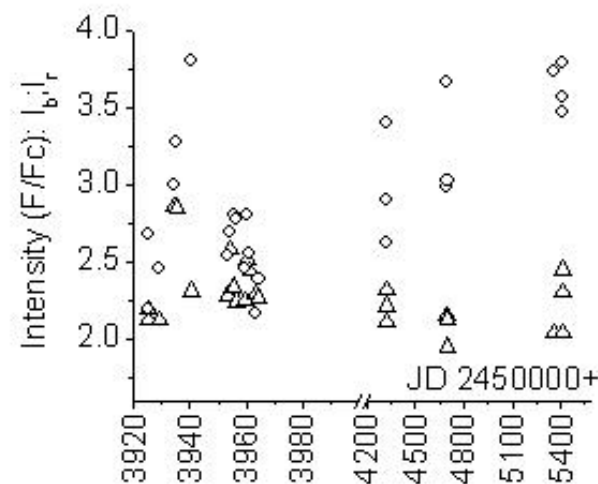


Рис.4 Изменение интенсивности красного – I_r (кружки) и синего – I_b (треугольники) эмиссионных компонентов эмиссионной линии H_{α} на временной шкале 2006-2010гг. в спектре звезды WW Vul

2. Лучевая скорость синей эмиссионной компоненты V_b показывает переменность как в течение одного сезона, так и от сезона к сезону. Вместе с тем, в 2006-2010гг. V_b в среднем увеличивается (т.к. V_b отрицательна, то это значит, что она по модулю уменьшается (Рис.2, Табл.2)).

3. Лучевая скорость центральной абсорбции V_a показывает переменность как в течение одного сезона, так и от сезона к сезону и при этом V_a во всех профилях имеет отрицательное значение, т.е. центральная абсорбция, как правило, смещена в синюю сторону. Значения V_a по модулю в июле 2006г. были наибольшими, а в 2007г. были наименьшими. В августе 2006г., августе 2008 и августе 2010г. значения V_a по модулю были промежуточными между этими значениями. (Рис.2, Табл.2).

4. Лучевая скорость эмиссионной линии H_α на уровне половинной интенсивности и у континуума показывает переменность как в течение одного сезона, так и от сезона к сезону (Рис.2, Табл.2).

5. Эквивалентная ширина эмиссионной линии H_α показывая переменность, в целом в период наших спектральных наблюдений (2006-2010гг.), увеличивается. Переменность в июле 2006г. была наибольшей. (Рис.3, Табл.3).

6. Интенсивность красной эмиссионной компоненты I_r эмиссионной линии H_α показывает переменность как в течение одного сезона, так и от сезона к сезону в период наших спектральных наблюдений (2006-2010гг.), в целом увеличивается. Амплитуда переменности в июле 2006г. была наибольшей. (Рис.4, Табл.3).

7. Интенсивность синей эмиссионной компоненты I_b эмиссионной линии H_α показывает переменность как в течение одного сезона, так и от сезона к сезону. В 2006г. в среднем интенсивности I_b и I_r практически одинаковы и I_b в этом сезоне имеет наибольшее значение за период наших спектральных наблюдений (2006-2010гг.). В 2007г. и 2008г. I_b в среднем уменьшается, а в 2010г. вновь начинает увеличиваться (Рис.4, Табл.3).

ОБСУЖДЕНИЕ

На Рис.5 приведено поведение эквивалентной ширины эмиссионной линии H_α спектра звезды WW Vul на временной шкале 1972-2010гг. Данные заимствованы из работ [15,17,18,21-24]. Как видно из приведенного рисунка, значения эквивалентной ширины линии H_α в [15, 21] наибольшие, а по нашим данным - наименьшие. В опубликованных работах [см. напр. 23], эквивалентная ширина эмиссионной линии H_α переменной определяется как сумма эквивалентных ширин эмиссий и абсорбционной линии, найденных из фотосферического профиля стандартной звезды того же спектрального класса. Если, следуя [23], вычислить синтетический спектр с параметрами звезды: $T_{\text{eff}} = 8500$ K, $\log g = 3.5$ и $V \sin i = 150$ km/s, то, по Куруцу [25], эквивалентная ширина H_α абсорбции стандартной звезды с этими параметрами будет $EW(H_\alpha) = 12.74 \text{ \AA}$. Таким образом, для сравнения с опубликованными аналогичными данными, к нашим измеренным значениям эквивалентных ширин надо прибавить поправку примерно в $13 \text{ \AA}$. В Табл.3 мы эту поправку не учитывали и привели значения эквивалентных ширин эмиссионной линии H_α и его компонентов как энергию пропорциональных площадей, заключенных под профилями линий выше континуума [18]. Если учесть эту поправку, тогда наши измерения неплохо согласуются с данными [17,22-23], которые близки по спектральному разрешению. Наилучшее согласие имеется с данными из [17].

Рис.5 построен на основе данных 114 спектров, полученных разными авторами за период почти в 40 лет. Профили эмиссионной линии H_α в спектре звезды WW Vul за этот период, полученные на различных приемниках излучения разными наблюдателями, почти повторяет вид профилей, приведенных в работе Колотилова [15] и представляют собой эмиссионные профили с двумя пиками и с центральным поглощением. В абсолютном большинстве случаев интенсивность фиолетового эмиссионного пика меньше интенсивности красного компонента ($V/R < 1$), во многих

случаях $V/R \approx 1$, только в единичных случаях $V/R > 1$ (6 профилей из 114). По видимому, из-за особой ориентации околозвездного диска по отношению к наблюдателю для WW Vul имеем дело с уникальным случаем - одновременно с переменным истечением иногда наблюдается и аккреция вещества на звезду. Как было отмечено выше, в 4-х случаях (для следующих дат: 08.07.06; 17.08.08; 13.06.10 и 02.08.10) обнаружена вторая эмиссионная компонента на синем крыле эмиссионной линии H_α . Лучевые скорости вторичной синей компоненты, измеренные по двум спектрам в течение ночи 08.07.06, оказались равными: $V_{bc2} = -280.05$ km/s; -290.24 km/s [18], а для других дат они внесены в Табл.2. Кроме того, эта компонента для иллюстрации приведена на Рис.1е. Появление вторичного синего компонента качественно отмечено в работе [15] по двум спектрам WW Vul, полученным в разные ночи. У звезды Ae Хербига HD 31468 в эмиссионной линии H_α на синем крыле в течение нескольких ночей появлялся переменный (с характерным временем несколько часов) абсорбционный компонент со скоростью -350 км/с [26]. Эта же самая деталь была обнаруженная нами в

спектре WW Vul. Лучевая скорость была измерена нами как лучевая скорость эмиссионного пика, а в работе [26] приведена лучевая скорость абсорбции между эмиссионными пиками.

На Рис.6 и Рис.7 показаны зависимости между эквивалентной шириной эмиссионной линии H_α и интенсивностью красного I_r и синего I_b эмиссионного пика на временной шкале 2006-2010 гг. в спектре звезды WW Vul. Как следует из этих рисунков, в сезон 2006г. вклад в эквивалентную ширину линии H_α , I_r и I_b практически одинаков. В наблюдательные сезоны 2007 и 2008гг. I_b уменьшается, а эквивалентная ширина увеличивается за счет увеличения I_r . Наконец в 2010г., когда в среднем $I_r > 3.5$, начинает постепенно увеличиваться и I_b . Таким образом, в 2007-2010гг. эквивалентная ширина эмиссионной линии H_α увеличивается за счет увеличения интенсивности красного эмиссионного компонента. Это хорошо видно из Рис.4 и Табл.2. В работе [15] отмечено, что в спектре звезды WW Vul в эмиссионной линии H_α синий компонент подвержен большим изменениям по сравнению с красным компонентом.

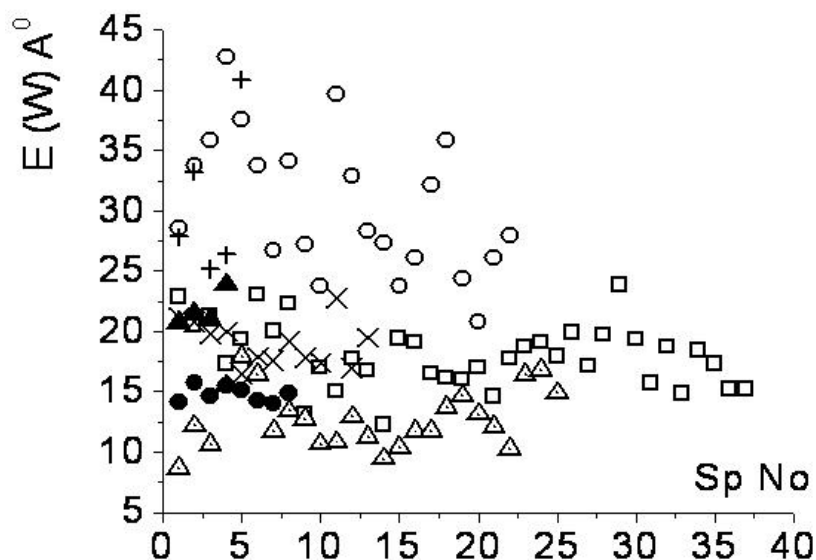


Рис.5 Изменение эквивалентной ширины EW эмиссионной линии H_α на многолетней временной шкале в спектре WW Vul. На рисунке отмечены данные: пустыми кружками за 1972-74гг. из [15]; плюсами за 1981г. из [21]; заполненными кружками за 1992г. из [17]; пустыми квадратами за 1993-2003гг. из [23]; заполненными треугольниками за 1996г. из [22]; крестиками за 1998г. из [24]; пустыми треугольниками за 2006-2010гг. из [18] и по данным настоящей работы.

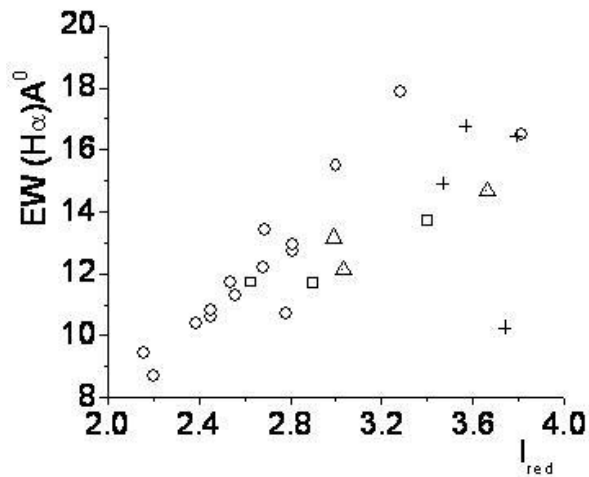


Рис.6 Зависимость между эквивалентной шириной эмиссионной линии H_α и интенсивностью красного эмиссионного пика на временной шкале 2006-2010 гг. в спектре звезды WW Vul. Круги - 2006г.; квадраты - 2007г.; треугольники- 2008г. и плюсы- 2010г.

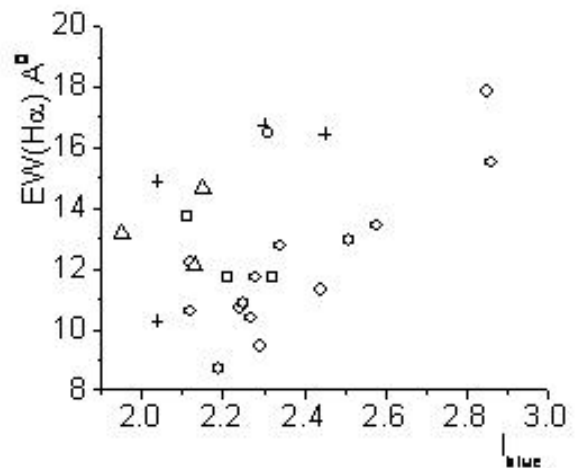


Рис.7 Зависимость между эквивалентной шириной эмиссионной линии H_α и интенсивностью синего эмиссионного пика на временной шкале 2006-2010гг. в спектре звезды WW Vul. Круги - 2006г.; квадраты - 2007г.; треугольники- 2008г. и плюсы- 2010г.

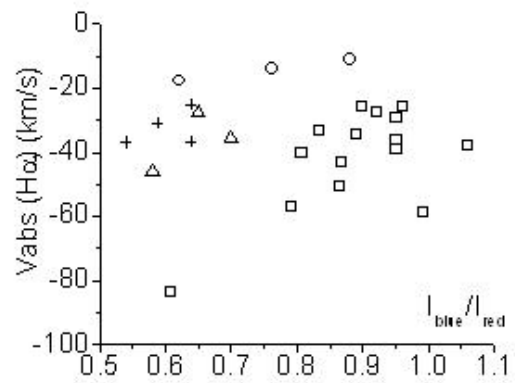
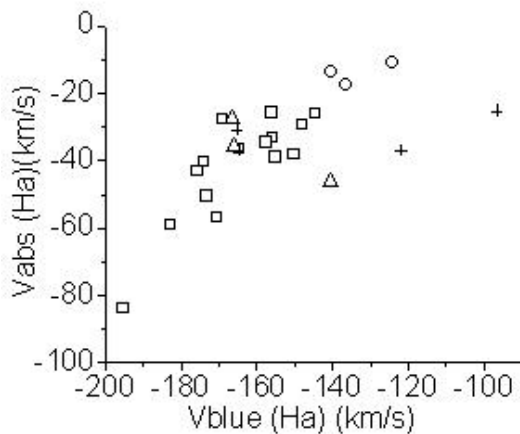
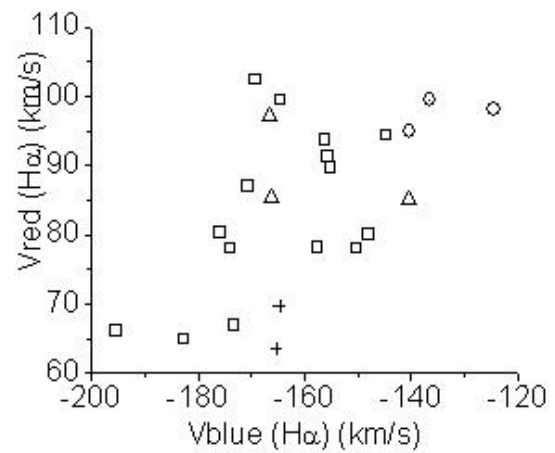
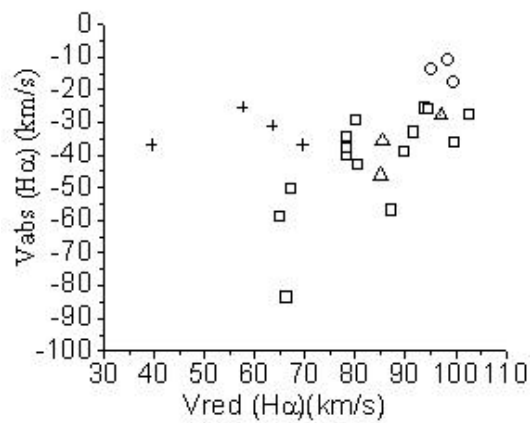


Рис.8 Зависимости между параметрами эмиссионной линии H_α на временной шкале 2006-2010гг. в спектре звезды WW Vul. Квадраты- 2006г.; круги-2007г.; треугольники- 2008г. и плюсы- 2010г.

На Рис.8 приведены зависимости между параметрами эмиссионной линии H_{α} на временной шкале 2006-2010гг. в спектре звезды WW Vul. Из этого рисунка можно заключить следующее:

1. В наблюдательные сезоны 2006-2007гг. лучевые скорости центральной абсорбции неплохо согласуются с лучевыми скоростями синих и красных эмиссионных компонентов. В 2008г. менялось направление изменения - с уменьшением V_r и V_b синхронно уменьшалась и V_a . А в 2010г. на сильное уменьшение V_r и увеличение V_b (по модулю уменьшение), V_a адекватно не реагирует, т.е. показывает переменность, не меняя направления изменения. Изменение направления переменности в 2008г. заметно и по зависимости V_r от V_b (Рис. 8, Табл.2).
2. В 2006г. лучевые скорости центральной абсорбции неплохо согласуются с соотношением I_b/I_r . С 2007г. меняется режим переменности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Суммируя вышеизложенное, можно прийти к такому заключению, что все измеренные параметры профиля эмиссионной линии H_{α} в спектре звезды WW Vul в период наших спектральных наблюдений (2006-2010гг) показывают переменность, как в течение каждого наблюдательного сезона, так и между сезонами. Вместе с тем, характер этой переменности отличается в 2006г. (особенно в августе 2006г.) и 2007-2010гг. По-видимому, в августе 2006г., в поведении переменности доминирующая роль принадлежит вращению аккреционного диска, как в случае звезды типа UX Ориона - RR Тау. Как следует из [27, 28], здесь имеется двухкомпонентный профиль линии H_{α} с $V/R \approx 1$. А в наблюдательные сезоны 2007-2010гг. включается дополнительный механизм и усложняется картина переменности. Таким механизмом может быть магнитное поле в аккреционном диске и /или на поверхности звезды, которое определяет характер взаимодействия между звездой и окружающей ее средой.

В результате сравнительного анализа профилей эмиссионной линии H_{α} в спектре WW Vul на основе полученных нами спектров в 2006-2010гг. и с привлечением опубликованных данных за период 1972-2003гг., можно прийти к следующим выводам:

1. По данным наших спектральных наблюдений, за период 2006-2010гг., все измеренные параметры профиля эмиссионной линии H_{α} в спектре WW Vul показывают переменность как в течение одного наблюдательного сезона, так и от сезона к сезону. В результате сравнительного анализа наших данных с опубликованными аналогичными данными можно предположить, что режим нестационарного истечения и/или выброса вещества у звезды WW Vul в целом сохраняется в течение длительного времени (по крайней мере за период 1972-2010гг.) и эпизодически наблюдается возвращение части выброшенного вещества обратно на звезду.
2. Выявлено изменение режима переменности профиля эмиссионной линии H_{α} в спектре WW Vul в 2006г. и 2007-2010гг. По-видимому, начиная с 2007г., наряду с вращением аккреционного диска, появляется дополнительный механизм, приводящий к быстрым изменениям физических условий в области формирования линии H_{α} .
3. В период наших спектральных наблюдений (2006-2010гг.) в 4-х случаях (для следующих дат: 08.07.06; 17.08.08; 13.06.10 и 02.08.10) обнаружена вторая эмиссионная компонента на синем крыле эмиссионной линии H_{α} . Лучевые скорости вторичных синих компонент, измеренные по двум спектрам в течение ночи 08.07.06, оказались: $V_{be2} = -280.05$ km/s; -290.24 km/s [13], а для других дат значения внесены в Табл.2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Herbig, G.H., The spectra of Be- and Ae-type stars associated with nebulosity, *Astroph. J. Suppl. Ser.*, 1960, v.4, pp. 337 -382.

2. Finkenzeller U. and Mundt R. The Herbig Ae/Be stars associated with nebulosity, **Astron. Astrophys. Suppl. Ser.**, 1984, v. 55, pp. 109-141.
3. Finkenzeller U. and Jankovich I. Line profiles and radial velocities of Herbig Ae/Be stars **Astron. Astrophys. Suppl. Ser.** 1984, v. 57, pp. 285-326.
4. Reiputh B., Pedrosa A. and M.T.V.T., Lago H α emission pre-main sequence stars, I. An atlas of line profiles, **Astron. Astrophys. Suppl. Ser.**, 1996, v. 120, pp. 229-256.
5. Wenzel, W. 1969, In: Detre L. (Ed), Non-periodic Phenomena in Variable stars, **IAU Coll.**, Budapest, p. 61.
6. Гринин В.П. О происхождении голубой эмиссии, наблюдаемой в глубоких минимумах молодых неправильных переменных звезд, **Письма в Астрон. Журнал**, т. 14, с. 65-69.
7. Grinin, V.P., The, P.S., de Winter, D., Giampapa, M., Rostopchina, A.N., Tambovtseva, L.V., van den Ancker, M.E. The β Pictoris phenomenon among young stars: The case of the Herbig Ae star UX Ori **Astron. Astrophys.**, 1994, v. 292, pp. 165-174.
8. Grinin V.P. and Rostopchina A.N. Orientation of circumstellar disks and the statistics of H- α profiles of Ae/Be Herbig stars. **Astron. Rep.**, 1996, v. 40, pp. 171-178.
9. Shu F., Najita J., Ostriker E., Welkin F., Ruden S., Liza, S. Magnetocentrifugally driven flows from young stars and disks. I. A generalized model. **Astrophys. J.**, 1994, v. 429, pp. 781-796.
10. Goodson A.P., Böhm K.-H., Wingle R.M., Jets from accreting young stellar objects. I. Comparison of observation and high-resolution simulation results. **Astrophys. J.**, 1999, v. 524, pp. 142-158.
11. Goodson A.P., Wingle R.M., Jets from accreting young stellar objects. II. Mechanism physics, **Astrophys. J.**, 1999, v. 524, pp. 159-168.
12. Grinin V.P., Tambovtseva L.V. Variable circumstellar obscuration and variability of emission lines in the spectra of the Herbig Ae/Be stars, **Astron. Astrophys.** 1995, v. 293, pp. 396-402.
13. 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, v. 110, pp. 387-419.
14. Herbig G.H. and Bell K.R., Third Catalog of Emission line Stars of the Orion Population, **Lick Obs. Bull.**, 1988, pp. 1-90.
15. Колотилов Е.А., Спектральные и фотометрические наблюдения быстрых неправильных переменных звезд. II. Линии H α и H β в спектрах WW Vul, VX Cas и UX Ori, **Астрофизика**, 1977, т. 13, сс. 33-49.
16. Friedeman C., Riemann H.G., Gurtler J., and Toth V. The cloudy circumstellar dust shell of WW Vulpeculae revisited, **Astron. Astrophys.**, 1993, v. 277, pp. 184-194.
17. Kozlova O.V., Grinin V.P., and Rostopchina A.N. Spectroscopic evidence of sporadic gas accretion onto the Herbig Ae stars with non-periodic algol-type minima **Astronomical and Astrophysical Transactions**, 1995, v. 8, pp. 249-259.
18. Меджидова С.О., Рустамов Б.Н., Микаилов Х.М., Алекберов И.А. Спектральные наблюдения WW Vul I. Эмиссионная линия H(α) в 2006 г. **Астрономический журнал Азербайджана**, 2011, №1, с. 9-16.
19. Микаилов Х.М., Халилов В.М., Алекберов И.А., Эшелле-спектрометр фокуса Кассегрена 2-х метрового телескопа ШАО НАН Азербайджана **Циркуляр ШАО**, 2005, №109, стр. 21-29.
20. Галазутдинов Г.А. Система обработки эшелле-спектров DECH 20. **Препринт САО**, 1992, №92.
21. Pugach A.F. Radiation power of some anti-flare stars in the line H α **Astrophysics**, 1988, v. 29, n. 3, pp. 682-687.
22. Grinin V.P., Kozlova O.V., Natta A., Ilyin I., Tuominen I., Rostopchina A.N. and Shakhovskoy D. N., Optical spectra of five UX Orionis-type stars, **Astron. Astrophys.**, 2001, v. 379, pp. 482-495.
23. Kozlova O.V., Shakhovskoy D.N., Rostopchina A. N. and Alekseev I.Yu., Structure of the inner regions of the circumstellar gas envelopes of young hot stars, I. The isolated Ae Herbig star WW Vul, **Astrophysics**, 2006, v. 49, pp. 151-163.
24. Mendigutia I., Eiroa C., Montesinos B., Mora A., Oudmaijer R.D., Merin B. and Meeus G. Optical spectroscopic variability of Herbig Ae/Be stars **Astron. and Astrophys.**, 2011, v. 529, A34, pp. 43-49.
25. Kurucz R.L. (CD-Roms (1993)). **Astrophys. J. Suppl. Ser.**, 1979, v. 40, pp. 1-30.
26. O.V. Kozlova Influence of stellar wind on the long-term variability emission line. The case of the Herbig Ae-star HD 31648, **Astrophys.** 2006 v. 49, pp. 70-77.
27. Тамбовцева Л.В., Гринин В.П., Козлова О.В., Не-АТР модели аккреционных дисков звезд типа UX Ori, **Астрофизика**, 1999, т. 42, с. 75-88.
28. Тамбовцева Л.В., Гринин В.П., Роджерс Б., Козлова О.В., Диагностика аккреционных дисков звезд типа UX Ori по водородным линиям бальмеровской, паппеновской и брэкетт-серий, **Астрон. Ж.**, 2001, т. 78, pp. 514-524.

SPECTRAL OBSERVATIONS OF STAR WW VUL II. H α EMISSION LINE IN 2007-2010

S.O. Majidova, B.N. Rustamov, Kh.M. Mikayilov, I.A. Alekberov

The results of investigations of the emission line H α in the spectra of the UX Ori type star, WW Vul on the basis of spectral observations performed at ShAO, NAS of Azerbaijan in 2006- 2010, using 2-m telescope are presented. The variability of all measured parameters of the profile of the line H α , as during each observational season, as from a season to season has been revealed. The comparative analysis of results of our investigations and published researches has led to such conclusion, that the rate of outflow with the variable power from the star WW Vul as a whole occurs almost within 40 years (1972-2010) and occasionally has been observed the returning a part of the thrown out matter back to the star surface. The variability of behavior of the emission line H α during observational seasons 2006 and 2007-2010 was revealed. In four cases (on the dates 08.07.06; 17.08.08; 13.06.10 and 02.08.10) the second emission component in the blue wing of the emission line H α has been observed.

Key words: Herbig Ae stars, spectra, emission line H α , accretion disk

WW VUL ULDUZUNUN SPEKTRAL MÜŞAHİDƏLƏRİ. II. H α ŞÜALANMA XƏTTİ 2007- 2010-CU İLLƏRDƏ

S.O. Məcidova, B.N. Rüstəmov, X.M. Mikayılov, İ.Ə. Ələkbərov

2006-2010 cu illərdə AMEA ŞAR-ın 2-m teleskopunda aparılmış spektral müşahidələr əsasında UX Ori tipli ulduz olan WW Vul – un spektrində H α şüalanma xəttinin tədqiqinin nəticələri verilmişdir. Həm hər bir müşahidə mövsümü ərzində, həm də mövsümdən mövsümə H α xətti profilinin bütün ölçülmüş parametrlərində dəyişkənlik aşkar edilmişdir. Bu tədqiqatın nəticələri ilə dərc olunmuş işlərdə alınmış nəticələrin müqayisəli analizi belə bir nəticə çıxarmağa imkan verir ki, WW Vul ulduzunda dəyişkən maddə axını rejimi ümumən 40 ilə yaxın zaman kəsiyində (1972-2010) saxlanır və yalnız epizodik olaraq atılmış maddənin bir hissəsi geriye ulduzun səthinə qaydır. 2006 və 2007-2010 müşahidə mövsümlərində H α şüalanma xəttinin dəyişkənlik rejimində fərq aşkar edilmişdir. 4 gecədə (08.07.06;17.08.08;13.06.10 u 02.08.10) H α şüalanma xəttinin bənövşəyi qanadında ikinci şüalanma komponenti aşkar edilmişdir.

Aparıcı sozlər: Ae Herbig ulduzları, spektr, H α -şüalanma xətti, akkresiya diski

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНОЙ ЛИНИИ H_α В СПЕКТРЕ ЗВЕЗДЫ POST-AGB HD 161796

© 2012 г. А.М. Халилов, А.Р. Гасанова, Я.М. Магеррамов, А.Ш. Балогланов

*Шамахинская Астрофизическая Обсерватория им. Н. Туси НАН Азербайджана
(e-mail: xalilov1955@rambler.ru)*

На основе спектрограмм, полученных на 2-м телескопе Шамахинской Астрофизической Обсерватории (ШАО), а также данных других авторов за период 1980-2010 гг., исследованы изменения профиля линии H_α в спектре звезды HD161796. Наши исследования показали, что эквивалентная ширина центральной части профиля линии H_α , а также значения лучевой скорости линии H_α , меняются со временем. Эти изменения происходят синхронно с изменениями величины V , которые происходят с периодом $P=62$ дня, обнаруженным ранее другим автором.

Ключевые слова: радиальная скорость, эквивалентная ширина, профиль линии H_α

ВВЕДЕНИЕ

Как показывают наблюдения, сверхгиганты классов светимости Ia – Ib обнаруживают переменность блеска, лучевых скоростей, дифференциальные систематические смещения линий различных атомов и ионов в их спектрах и переменность интенсивности и вида контуров спектральных линий. В частности, недостаток систематических наблюдательных данных не позволяет выбрать тот или иной механизм накачки пульсаций и нестационарности атмосфер. В связи с этим представляет большой интерес детальное исследование переменности спектральных линий и профилей водородных линий в спектре сверхгиганта HD 161796, как со временем, так и с глубиной.

Звезда HD 161796 = V 814 Her по данным из [1], спектральный класс F3 Ib, $m_v=7^m.01$, является самым ярким примером звезды типа UU Herculis [2, 3]. Абсолютная звездная величина, по оценкам разных авторов, находится в интервале между $-6^m.3 \div -9^m$, [4]. Звезда расположена на галактической широте $b=+30^\circ.66$, галактической долготы $l=77^\circ.13$ [5] и на расстоянии от галактической плоскости $z = 3.9$ кпк, [6]. Высокоширотные сверхгиганты интересны тем, что не ясно, являются ли они молодыми, массивными сверхгигантами, которые каким-то образом достигли большого расстояния от Галактической плоскости, или это старые звезды малой массы, которые маскируются как молодые сверхгиганты. HD 161796 ведет себя как пульсирующая переменная звезда. Звезда с нерегулярной и очень маленькой амплитудой меняет блеск,

значения лучевой скорости, интенсивность и вид контуров спектральных линий и некоторые другие параметры.

В работе [7], на основе фотометрических наблюдений, полученных на ИСЗ IRAS на длинах волн 12, 25, 60 и 100 $\mu\text{м}$, обнаружены значительные ИК-избытки в дальнем ИК-диапазоне, свидетельствующие о существовании пылевых оболочек вокруг этой звезды, массой $\geq 10^{-3} M_\odot$. Отмечается, что HD 161796 достаточно далеко продвинулась по асимптотической ветви гигантов непосредственно перед образованием ПТ (протопланетарной туманности).

Parthasarathy и др. [8], на основе спектрограмм, полученных с помощью ИСЗ IUE (диапазон $\lambda\lambda 1150-3200$, разрешение $6\text{\AA}$), не обнаружили избытка УФ - излучения, указывающего на присутствие горячего вырожденного компонента.

В работе [9], в 1980-1981гг. проведена электрофотометрия в полосах UBVRI сверхгиганта HD 161796. Одновременно, по спектрограммам с дисперсиями 12, 15 и $16\text{\AA}/\text{мм}$, были измерены лучевые скорости $V_r=(-47\div-58)\text{км/с}$, с точностью $\pm(1\div1.5)\text{км/с}$. Определены: $M_v=-7.2\div-9$, эмпирические массы $M=(14\div24)M_\odot$, радиусы $R=(144\div329)R_\odot$ и пульсационные константы $Q_p=0.041\div0.054$, характерные времена переменности. Отмечается, что изменения происходят из-за радиальных пульсаций. Обнаружено изменение периода пульсаций HD161796 от 43^d в 1981, до 62^d в 1982г.

В 1980г., на основе фотоэлектрических UBVRI наблюдений HD161796, была

обнаружена ([10]) малоамплитудная ($\Delta V = 0^m.08$) синусоидальная переменность с периодом 43^d . Кроме того, были получены: $R = 246R_{\odot}$, $T_e = 6300K$, $\log L/L_{\odot} = 4.93$, $M_{bol} = -7^m.6$ и расстояние до этой звезды $r = 8.3 \text{ кпк}$.

В работе [11] был определен средний период кривой блеска $P = 43^d.37$. Обнаружена вероятная переменность блеска V814 Her с характерным временем более 4000^d , с амплитудой $\Delta V = 0^m.1$. Указывается на возможный источник долговременной переменности – оболочку. Waelkens et al. [12] для радиальной скорости HD 161796 нашли 55-дневные периодические изменения.

НАБЛЮДЕНИЯ

Спектральные наблюдения звезды HD161796 были выполнены в Кассегреновском фокусе 2-м телескопа ШАО НАН Азербайджана с применением эшелле-спектрометра, собранного на базе спектрографа UAGS([13]). В качестве приемника излучения была использована ПЗС-матрица с 530×580 элементами. Был использован спектральный диапазон $\lambda\lambda 4800\text{--}6600 \text{ \AA}$. Спектральное разрешение составляло $R = 14000$. Дисперсия - $10.5 \text{ \AA/мм}$. В каждую наблюдательную ночь было получено 2-3 спектра звезды. При соотношении сигнала к шуму $S/N = 100$, средняя экспозиция составила 15-20 минут в зависимости от качества изображения. Быстрые изменения в течение ночи не были обнаружены. Поэтому профили, полученные в одну или последовательные ночи, но не показывающие изменения, усреднялись.

Для построения кривых дисперсий был использован спектр дневного света. Для ежедневного контроля над смещением нуля - пункта в спектрометре были получены спектры стандартных звезд. После первичной стандартной обработки *.fts - изображений, файлы приводятся в *.100 - формат, и выполняется измерение спектральных параметров отдельных линий.

Были измерены эквивалентные ширины, лучевые скорости и остаточные интенсивности R спектральных линий H_{α} и H_{β} . Результаты измерений приведены в Таблице 1. Для выполнения наблюдений и

редукции применялся пакет программ DECH20T, разработанный в [14]. В настоящей работе мы приводим результаты наблюдений, выполненных в 2004-2010 г., а также используем опубликованные данные других авторов [15-17]. Средняя ошибка определения эквивалентных ширин составила 5%. Ошибка измерения лучевой скорости не превышает $\pm 2 \text{ км/сек}$. Все лучевые скорости приведены к Солнцу. На Рис.1. приведены профили линии H_{α} по всем спектрам.

Отметим, что в работах [15 - 17] не были определены все параметры профиля линии H_{α} . Однако в этих работах, кроме некоторых параметров линии H_{α} , представлены также профили этой линии и спектральная область $\lambda\lambda 6540\text{--}6580 \text{ \AA}$. Поэтому, используя данные по спектрам из этих работ, мы определили дисперсию и другие параметры линии H_{α} (V , W , R). Полученные результаты не показывают существенных систематических отличий от наших данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ

Известно, что в исследовании переменности звёздных атмосфер, изучение водородных линий играет важную роль. В нашей работе приводятся и обсуждаются профили линии H_{α} звезды HD161796, как взятые из литературы, так и полученные нами, на 2-м телескопе ШАО. На Рис.1 показаны профили линии H_{α} в остаточных интенсивностях. Наши исследования показали, что центральные области ($\lambda\lambda 6559\text{--}6565 \text{ \AA}$) профиля линии H_{α} и другие параметры линии H_{α} , меняются.

Видно, что правое и левое крыло линии H_{α} , при значениях $R < 0.8$, в зависимости от времени, получают разные значения. Изменения профиля происходят в течение недели и месяцев. В спектрах, полученных 18.08.2004г. и 17.07.2005г., остаточная интенсивность красного крыла отличается на 0.03 и 0.04, соответственно, от фиолетового крыла. То есть, интенсивность у фиолетового крыла больше, чем у красного крыла. Однако, 06.07.2010г., красное и фиолетовое крыло профиля линии H_{α} не отличаются друг от друга. Из Рис.1 мы видим, что в спектрах, полученных между 06.07.2010г. и 02.09.2010г., интенсивность красного крыла профиля

линии H_{α} усиливается. Наши исследования показали, что в спектре звезды HD161796 профили линии H_{α} , полученные между 06.07.2010 и 02.09.2010, показывают существенное изменение в околозвёздной оболочке, которое происходит в короткое время, в течение нескольких месяцев и меньше.

Предполагается, что в центре ($\lambda\lambda 6559-6565\text{\AA}$) абсорбции линии H_{α} имеется эмиссионный компонент. По исследованиям [17], эта эмиссия влияет в основном на красное крыло, а скорость этого эмиссионного компонента 25 км/с . Эта эмиссия образуется в околозвёздном (горячем) газе или в расширенной оболочке. Показывается, что этот газ, двигается к поверхности звезды.

В наших наблюдениях нам удалось проследить все стадии образования разницы в интенсивности красного и фиолетового крыльев профиля линии H_{α} от возникновения до полного исчезновения. Отметим, что крылья линии H_{α} при $R > 0.8$, выглядят достаточно нормально.

В спектре звезды HD161796 в области линии H_{α} нам удалось отождествить некоторые линии железа. Более тонкие изменения, происходящие в рамках более коротких периодов времени, можно проследить также в линиях FeI $\lambda 6546.245\text{\AA}$ и FeI $\lambda 6569.28\text{\AA}$.

Отметим, что в работе [18], на основе материала IRAS в $100\mu\text{м}$ - диапазоне и карты IRAS, показывается, что вокруг HD 161796 имеется околозвёздная сферически-симметричная оболочка. Эта оболочка распространяется приблизительно на $400''$. На основе изображения определена полная структура оболочки в различные эпохи и построена модель, в которой оболочка состоит из трех слоев, которые представляют различные эпохи потери массы. Предложено, что ось симметрии оболочки вращается непрерывно.

Наиболее удаленный слой холодной пыли ($\sim 20\text{K}$) соответствует части оболочки, созданной на самой ранней стадии потери массы AGB, в которой звездный ветер был сферически-симметричным. Эта холодная сферическая околозвёздная оболочка образовалась в результате потери массы

звезды в фазе AGB, примерно $2 \times 10^5 \text{ лет}$ назад. Самый внутренний слой пыли- теплый и соответствует той части оболочки, которая образовалась в результате произошедшей экваториально-расширенной (или осесимметричной/тороидальной) потери массы в конце фазы AGB. Кроме того, середина слоя, замеченного в пыли, соответствует одной специфичной эпохе, во время которой геометрия оболочки преобразовывается от сферической до осесимметричной (тороидальной) симметрии. В работе [19] показывается, что внутренняя структура оболочки несферическая, предполагается, что она развилась в течение последних 500 лет перед массовой потерей и была закончена почти 300 лет назад.

Полученные нами результаты изменения профиля и спектральных параметров линии H_{α} , а также других спектральных линий, наблюдаемых в спектре звезды HD161796, хорошо согласуются и объясняются результатами, полученными в работе [18]. Предполагаем, что эти изменения связаны с несферической и несимметричной околозвёздной оболочкой, а также пульсациями звезды.

Как было отмечено выше, переменность профиля линии H_{α} происходит в основном в области $\lambda\lambda 6559-6565\text{\AA}$. Поэтому, для выявления переменности и объяснения её природы, мы измеряли эквивалентные ширины в этой области, которые указываются в верхней части на Рис.1. жирными линиями, а продолжение профиля - штрихами.

На Рис.2. наши результаты, полученные для профилей линии H_{α} , лучевой скорости и эквивалентной ширины, сравниваются с кривой блеска V, [9]. Начальная эпоха выбрана JD 2444701.8008, $P=62 \text{ дня}$. Из Рис.2 (b, c) видно, что лучевая скорость и эквивалентная ширина - меняются. Эти изменения происходят синхронно с изменениями кривая блеска V, которые происходят с периодом $P=62 \text{ дня}$, обнаруженным в [9], (Рис.2, a). Однако, периодическое изменение эквивалентной ширины $P=62 \text{ дня}$ происходит со смещением в 0.1 фазы относительно блеска и лучевой скорости. Отметим, что амплитуда лучевой

скорости изменяется на $\Delta V = 11 \text{ км/с}$, а эквивалентная ширина - $\Delta W = 0.75 \text{ Å}$.

Результаты по измерениям параметров линии H_β приведены в табл.1. Видно, что значения лучевой скорости и эквивалентные ширины линии H_β показывают переменность. По результатам малочисленных наблюдений мы не нашли периодических изменений.

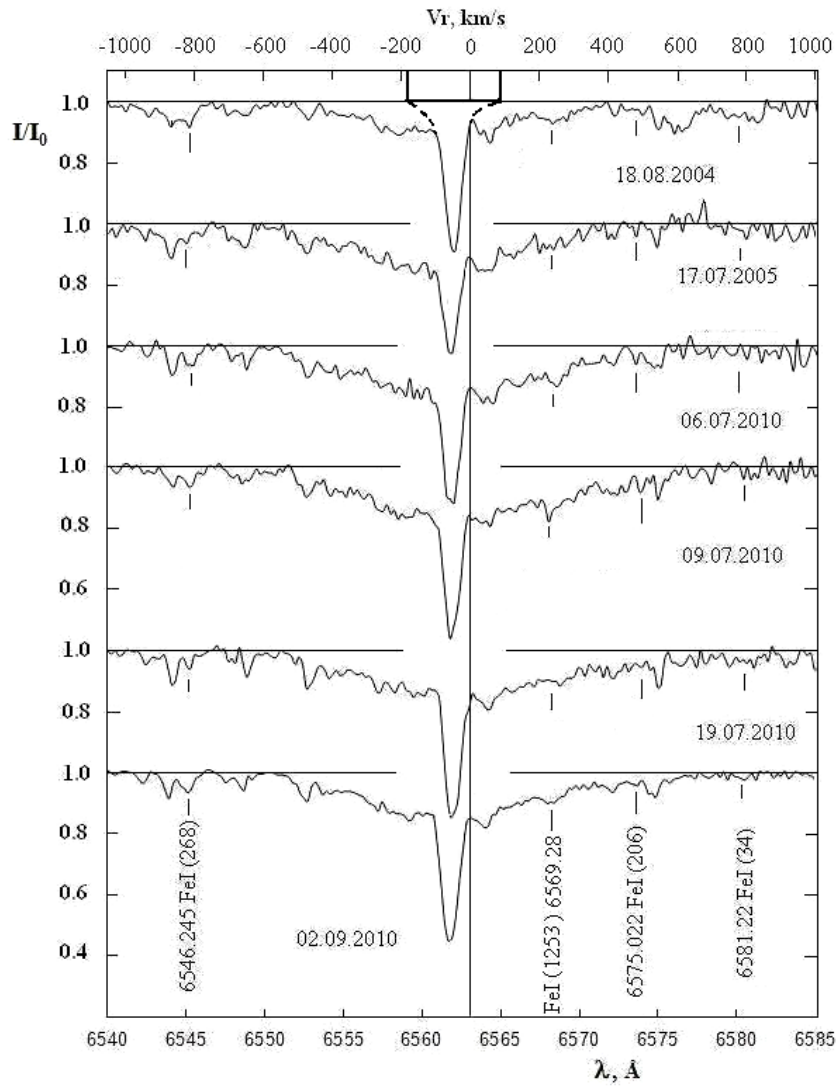
ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате сравнительного анализа профилей абсорбции линии H_α в спектре звезды HD161796 на основе полученных нами спектров в 2004÷2010г. и используя опубликованные данные до 1980г., можно прийти к следующим выводам:

- 1 Все измеренные параметры профилей абсорбции линии H_α и H_β , а также видов профилей в спектре HD161796, показывают переменность в течение нескольких месяцев и меньше. На основе полученных результатов в работе [18], предполагаем, что эти изменения связаны с несферической и несимметричной околозвездной оболочкой, а также пульсациями звезды.
- 2 Найдено, что значения лучевой скорости и эквивалентные ширины линии H_α меняются. Эти изменения происходят синхронно с изменениями кривой блеска V , которые происходят с периодом $P=62$ дня, обнаруженным в [9].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fernie J.D., Photometric data for 139 supergiants, **Astronomical Journal**, 1972, v. 77, pp. 150–151.
2. Sasselov D.D. Variable F-type supergiants far above the Galactic plane Inform. **Bull. Var. Stars. (Department of Astronomy University of Sofia, Bulgaria)** 1983, № 2314, pp.1-2.
3. Sasselov D.D. The UU Her-type stars-Possible tracers of recent star formation at high galactic latitudes. **Astrophys. Space Sci.**, 1984, v.102, № 1, p.161-178.
4. Bartkevicius A., Catalogue of Population II A-F supergiants - UU Herculis and related stars, **Baltic Astronomy**, 1992, v.1, pp.194-215.
5. Molina R.E., An approach to effective temperature and surface gravity in post-AGB and RV Tauri stars in the near-IR region, **Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica**, 2012, v.48, pp.95-107.
6. Searle L., Sargent W. L. W., Jugaku J., **Astrophys. J.** 1963, v.137, pp.268-279.
7. Parthasarathy M., Pottasch S. R., The far-infrared (IRAS) excess in HD 161796 and related stars, **Astron. & Astrophys.** 1986, v.154, № 1-2, pp.16-19.
8. Parthasarathy M., Pottasch S.R., Wamsteker W., IUE observations of high galactic latitude F supergiants HD 161796 and HD 187885, **Astron. & Astrophys.** 1988, v.203, № 1, pp.117-122.
9. Ferro A.A., Periodicity and pulsational mode of five bright yellow supergiants, **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, 1985, v.216, pp.571-587.
10. Fernie J.D., Pulsational mode switching in HD 161796, **Astrophys. J.**, 1983, v 265, pp. 999-1004.
11. Mantegazza L., Antonello E., Poretti E., The UU Herculis star HD 161796, **Astron. & Astrophys.** 1989 v.208, pp.91-97.
12. Waelkens C., Mayor M., Radial-Velocity Variations of Three Famous High-Latitude Supergiants, **Astronomical Society of the Pacific**, 1993, v.45, pp.318-324.
13. Микаилов Х.М., Халилов В.М., Алекберов И.А., Эшелле-спектрометр фокуса Кассегрена 2-х метрового телескопа ШАО НАН Азербайджана. **ŞAR Sirkulyarı**, 2005, №109, с.21-29.
14. Галазутдинов Г.А. Система обработки звездных Эшелле-спектров DECH-20. **Препр. САО РАН**. 1992, № 92, с.3-51.
15. Luck R.E., Bond H.E., Lambert D.L. Chemical compositions of four high-latitude A-F supergiants **Astrophys. J.** 1990, v.357, p.188-203.
16. Kipper T., Optical Spectrometry of the Post-Agb Star HD 161796, **Baltic Astronomy**, 2007, v.16, p.191-198.
17. Ferro A.A., H_α Profile Variations in Variable Luminous Yellow Supergiants, **Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica**, 1985, v.11, p.113-120.
18. Ueta T, Hd 161796 (iras 17436+5003), **Astronomical Society of the Pacific**, 2004, v.313, p.69-72.
19. Meixner M., Ueta T., Bobrowsky M., & Speck A.K., Two Subclasses of Proto-Planetary Nebulae: Model Calculations, **The Astrophysical Journal**, 2002, v.571, pp.936-946.

Рис.1. Профили линии $H\alpha$ в спектре звезды HD 161796.Таблица 1. Параметры линий H_α и H_β в спектре звезды HD 161796.

$H\alpha$ ($\lambda 6562.817$)					H_β ($\lambda 4861.332$)			
JD24 00000+	V_r (R/2), км/с	$\Delta\lambda_{1/2}$ Å	R_λ	W_λ Å	V_r (R/2), км/с	$\Delta\lambda_{1/2}$ Å	R_λ	W_λ , Å
53236.46	-51	1.3	0.49	0.82	-	-	-	-
53569.24	-54	1.6	0.42	0.96	-60	3.2	0.65	2.941
55384.23	-53	1.9	0.51	1.27	-77	3.1	0.64	2.946
55387.24	-51	1.4	0.56	1.36	-80	3.0	0.65	2.951
55397.23	-54	1.3	0.54	1.15	-73	3.3	0.69	2.952
55442.20	-55	1.6	0.55	1.15	-74	3.1	0.58	2.31
53237 Kipper [16]	-50	1.23	0.64	0.996	-	-	-	-
45569 Luck [15]	-52.2	1.14	0.56	1.211	-	-	-	-
Ferro [17]								
44507.535	-47.2	1.51	0.59	1.22	-	-	-	-
44509.536	-52.3	1.51	0.54	0.99	-	-	-	-
44684.692	-51.23	1.81	0.73	1.574	-	-	-	-
44724.728	-58.17	1.42	0.75	1.348	-	-	-	-
44732.615	-47.40	1.57	0.71	1.42	-	-	-	-
44757.653	-52.95	1.57	0.67	1.36	-	-	-	-
44831.668	-52.56	-	-	-	-	-	-	-

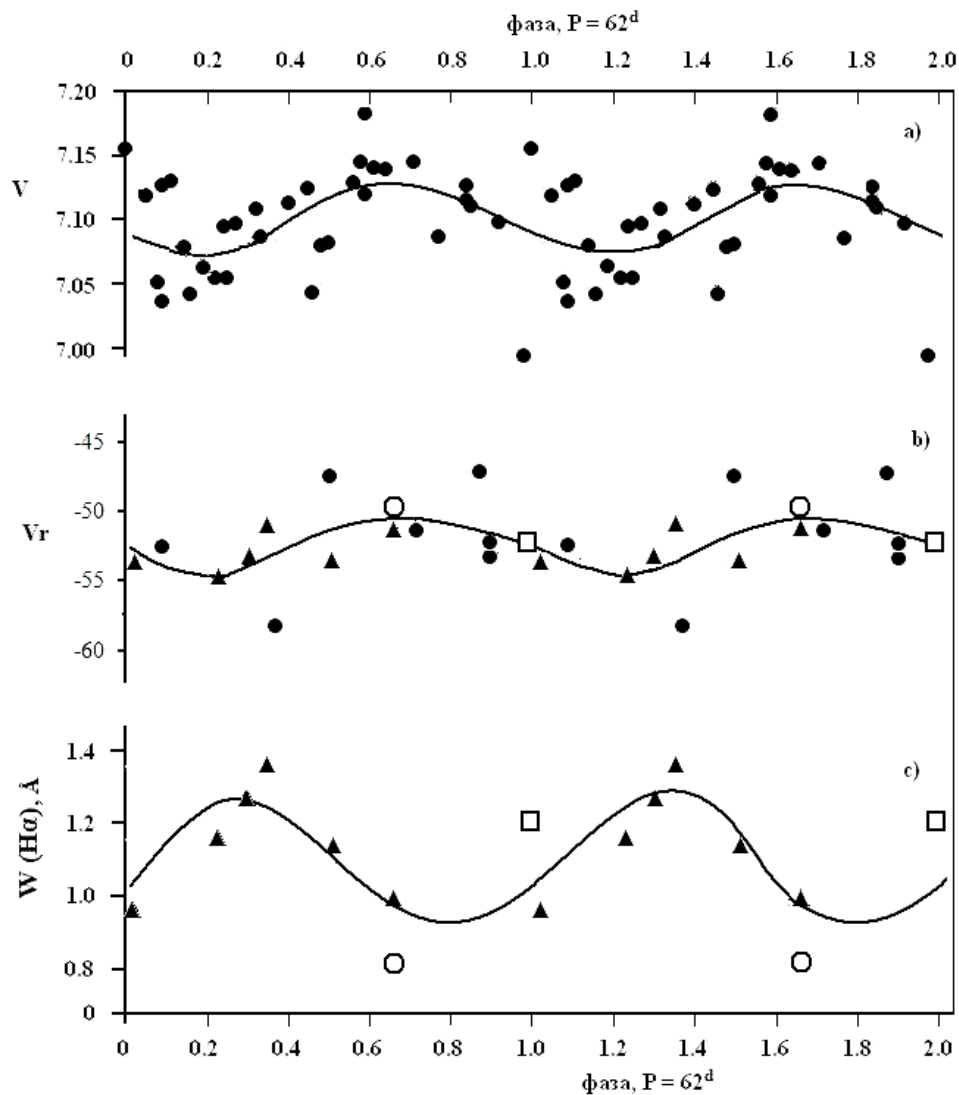


Рис.2. а) Кривая блеска V по фазе, по данным [17]. Начальная эпоха выбрана JD 2444701.8008, $P = 62^d$. б) Изменение лучевой скорости по линии H_α по фазам. в) Изменение эквивалентной ширины профиля линии H_α по фазам. Средние кривые аппроксимированы полиномом 6-ой степени (▲-наши данные, ●-данные [17], ○-данные [16], □-данные [15]).

POST-AGB HD 161796 ULDUZU SPEKTRİNDƏ H_α XƏTTİNİN TƏDQIQI

Ə.M. Xəlilov, Ə.R. Həsənova, Y.M. Məhərrəmov, Ə.Ş. Baloglanov

ŞAR-ın 2-m teleskopunda alınmış spektrlər və 1980-2007-ci illərdə nəşr olunmuş işlər əsasında HD161796 ulduzunun spektrində H_α xəttinin profilləri tədqiq olunmuşdur. Bizim tədqiqatlar göstərdi ki, H_α xətti profilinin mərkəzi hissəsinin forması, və bu oblasta uyğun ekvivalent enin qiyməti, həmçinin H_α xəttinin şüa sürəti zamana görə dəyişir. Bu dəyişmə ulduzun parlaqlığı üçün başqa müəlliflər tərəfindən tapılmış 62 günlük periodik dəyişmə ilə sinxron baş verir.

Aparıcı sözlər: şüa sürəti, ekvivalent en, H_α xəttinin profili

RESEARCH OF LINES $H\alpha$ IN THE SPECTRUM OF STAR POST-AGB HD 161796

A.M. Khalilov, A.R. Hasanova, Y.M. Maharramov, A.Sh. Baloglanov

The profile of $H\alpha$ line in the spectrum of HD161796 was investigated on the base of spectrograms obtained at 2-m telescope of ShAO and published works of other authors within 1980-2007. Our research has shown that radial velocities and equivalent width of a profile of line $H\alpha$ vary with time. This change occurs synchronously with changes of light curve V which occur with period of $P=62$ days found out earlier by other author.

Key words: radial velocities, equivalent width, profiles of line $H\alpha$

НОВЫЙ ФОТОМЕТР – ПОЛЯРИМЕТР С ПЗС- КАМЕРОЙ

© 2012г. Б.И. Абдуллаев, И.А. Алекберов, Н.И. Гюльмалиев,
С.О. Меджидова, Х.М. Микаилов, Б.Н. Рустамов

Шамахинская Астрофизическая Обсерватория им.Н.Туси НАН Азербайджана
(e-mail: bayram_rustam@yahoo.com)

Приведено краткое описание оптической схемы нового фотометра –поляриметра с ПЗС-камерой FLI 4096x4096, установленного в фокусе Кассегрена телескопа «Цейсс – 600» ШАО НАН Азербайджана. Графическим построением определены оптимальные размеры светозащитной бленды на центральном отверстии главного зеркала телескопа «Цейсс-600» по техническим характеристикам изготовленного фотометра.

Ключевые слова: фотометр, «Цейсс-600», фокус Кассегрена

ВВЕДЕНИЕ

Телескоп-рефлектор фирмы Карл Цейсс (Carl Zeiss Jena) «Цейсс-600» был установлен в Шамахинской Астрофизической Обсерватории в 1978г. и используется для фотометрических наблюдений звезд и ярких галактик. Оптическая система телескопа - классический Кассегрен, - это чисто зеркальная схема с параболическим главным зеркалом и выпуклой гиперболой в качестве вторичного зеркала. Схема полностью исправлена в части сферической аберрации, то есть на оптической оси строится стигматичное изображение. Главное параболическое зеркало с диаметром $D = 600$ мм, имеет фокусное расстояние $f = 2400$ мм. Диаметр гиперболического зеркала Кассегрена $D = 183$ мм и эквивалентное фокусное расстояние системы Кассегрена равно 7500 мм. Масштаб в фокальной плоскости телескопа: $s = 180 \cdot 3600 / \pi F = 206265 / F = 27.5'' / \text{mm}$. Оптическая схема классического Кассегрена приведена на Рис.1.

В фокусе Кассегрена телескопа Цейсс-600 ШАО НАН Азербайджана был установлен фотометр с ПЗС -матрицей Arogee Alta U-47 [1-3]. Первичные расчеты при сборке фотометра оказались не совсем точными. Поскольку фокус оказался внутри фотометра, не удалось сфокусировать камеру. Эту техническую неполадку исправили передвижением кассегреновского зеркала ближе к главному зеркалу с добавлением

кольца. Эта техническая задача в целом решена, и фотометр нормально функционировал. Однако, из-за несоответствия размеров фильтров, края поля подвергались искажению и в данном фотометре угловой диаметр невиньетированного поля зрения уменьшился от $10'$ до примерно $8'$. Таким образом, возникла необходимость изготовить новый ПЗС-фотометр для телескопа «Цейсс-600».

Был разработан и изготовлен новый фотометр-поляриметр.

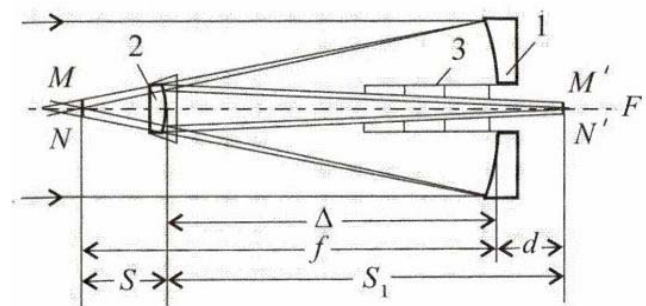


Рис.1 Оптическая схема классического Кассегрена.

1 - главное зеркало; f - фокусное расстояние главного зеркала; F - фокус системы; 2 - вторичное зеркало; s и s_1 - сопряженные отрезки: s - расстояние от вершины гиперболического зеркала до фокальной плоскости главного зеркала, s_1 - расстояние от вершины гиперболического зеркала до фокальной плоскости всей системы (эквивалентного фокуса); d - расстояние от вершины главного зеркала до эквивалентного фокуса, 3 - светозащитная трубка; MN и $M'N'$ - соответственно линейные размеры поля зрения фокальной плоскости главного зеркала и эквивалентной системы.

Устройство установлено в фокусе Кассегрена телескопа «Цейсс-600» (светосила 1:12.5) и снабжено термоэлектрически охлаждаемой ПЗС-матрицей FLI 4096x4096.

Фотометр предназначен для работы с телескопом «Цейсс-600» для фундаментальных и прикладных астрономических исследований методом относительной фотометрии. Целью создания фотометра является повышение эффективности использования телескопа «Цейсс-600», а также повышение точности и производительности измерений при астрономических исследованиях за счет применения матричных приемников излучения с высоким квантовым выходом в оптическом диапазоне.

ОПТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ФОТОМЕТРА – ПОЛЯРИМЕТРА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ЗАЩИТЫ ПОЛЯ ЗРЕНИЯ В ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ КАССЕГРЕНА ОТ ПАРАЗИТНОЙ ЗАСВЕТКИ

В оптических системах Кассегрена особенное внимание уделяют защите поля зрения от паразитной засветки, попадания прямого света из области окружающей объект наблюдения, в плоскость изображения, минуя обязательные отражения от двух зеркал. "Паразитная" засветка изображения приводит к тому, что оно (особенно при наблюдениях «flat» во время вечерних и утренних сумерек, или наличие яркого светила недалеко от наблюдаемого объекта) представляется белесым, малоконтрастным. Как известно, классическая защита поля зрения Кассегрена от паразитной засветки состоит из пары внутренних блэнд (светоотсекатели) на вторичном и основном зеркале, на центральном отверстии главного зеркала. Однако, светозащитная блэнда на центральном отверстии главного зеркала на телескопе «Цейсс-600» конструктивно рассчитана для точечных изображений в фокальной плоскости телескопа (для классической электрофотометрии или целевых спектральных наблюдений). В случае панорамных светоприемников, таких как ПЗС-матрица, оптимальные размеры этой блэнды определяются соответственно полю зрения матрицы в фокальной плоскости телескопа.

Размеры активной области ПЗС-матрицы FLI: 4096x4096 пикселя (размер пикселя 9x9 *мкм*) и размер чипа - 36.8x36.8 *мм*. Соответственно, поле зрения ПЗС-матрицы FLI - 4096x4096 в фокальной плоскости телескопа «Цейсс-600» - 36.8 *мм* x 27.5 *"/mm* $\cong 17'$. Стандартная, основная блэнда телескопа «Цейсс-600» не позволяет получить предполагаемые 17' поля зрения в фокальной плоскости телескопа без искажений (лучи срезаются на краях поля). Оптимальные размеры основной блэнды по техническим характеристикам изготовленного фотометра определяются графическим построением, по известному диаметру осевого пучка на главном зеркале, расстоянием между зеркалами, величиной фокусного расстояния главного зеркала и выносом фокальной плоскости. Результаты приведены на Рис.2.

К сожалению, кроме положительного эффекта, внутренние светозащитные блэнды преувеличивают виньетирование (затенение или уменьшение апертуры) внеосевых пучков (которые строят изображение ближе к краю поля зрения). Величина этого виньетирования зависит от параметров блэнд и величины поля зрения, которое защищено от паразитной засветки. Чем меньше защищенная часть поля зрения, больше диаметр и меньше длина основной блэнды, тем виньетирование меньше.

На Рис.3 представлены результаты расчета оптической схемы телескопа «Цейсс-600» и системы «Цейсс-600 + фотополяриметр».

Как известно, в классической системе Кассегрена фокальную плоскость выносят за поверхность первичного зеркала через отверстие в нем. Расстояние вдоль оптической оси от поверхности первичного зеркала до фокальной плоскости так и называют – выносом. Это расстояние должно быть достаточным для того, чтобы разместить приемные устройства. С другой стороны, большой вынос требует преувеличения экранирования, что нежелательно по соображениям влияния дифракции на качество изображения [4]. При изготовлении фотополяриметра эти соображения были учтены и устройство собрано достаточно компактно. На Рис.4 приведена общая принципиальная схема фотополяриметра. В схеме вертикальная ось параллельна к

главному зеркалу, а горизонтальная ось - к оптической оси. На рисунке указаны действительные размеры деталей в миллиметрах. К примеру, число 400 на вертикальной оси соответствует центру главного зеркала или оптической оси. Цифры на горизонтальной оси указывают на расстояние за главным зеркалом.

На Рис.5 и Рис.6 изображена схема расположения основных элементов (ПЗС-матрица, фильтры и поляроид) и оптическая схема фотометра-поляриметра, изготовленного для телескопа «Цейсс-600». Детали приведены в масштабе 1:1. Световые пучки, собираемые телескопом, после прохождения через фильтр фокусируются на поверхность ПЗС-матрицы и полученное

изображение мы увидим на мониторе компьютера. Можно измерить поляризацию путем введения поляроида в оптический пучок и последовательного выполнения экспозиций с поворотом поляроида.

На рисунке показан геометрический ход лучей, идущих от краев (S1 и S2) и из центральной части (S) поля зрения. Линейное расстояние между объектами S1 и S2 в фокальной плоскости телескопа равно 37 мм и это соответствует угловому расстоянию между этими объектами в 17 угловых минут. По вертикальным и горизонтальным осям значение одного деления соответствует 5 мм. Как видно, на рисунке световые лучи не срезаются фильтром и поляроидом, и их размеры больше диаметра светового пучка.

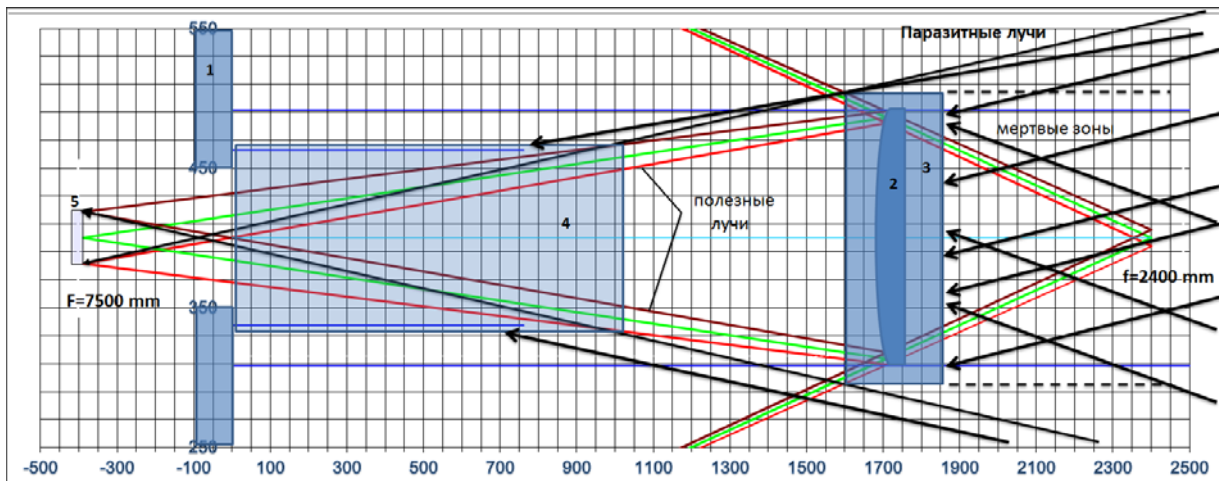


Рис.2 Светозащитные бленды телескопа «Цейсс 600» и геометрические пути «паразитных» и «полезных» лучей. Для наглядности приведена оптическая схема центральной части телескопа, где: 1- главное зеркало; 2- зеркало Кассегрена; 3- бленда на вторичном зеркале Кассегрена; 4- основная бленда на центральном отверстии главного зеркала и 5- ПЗС-матрица.

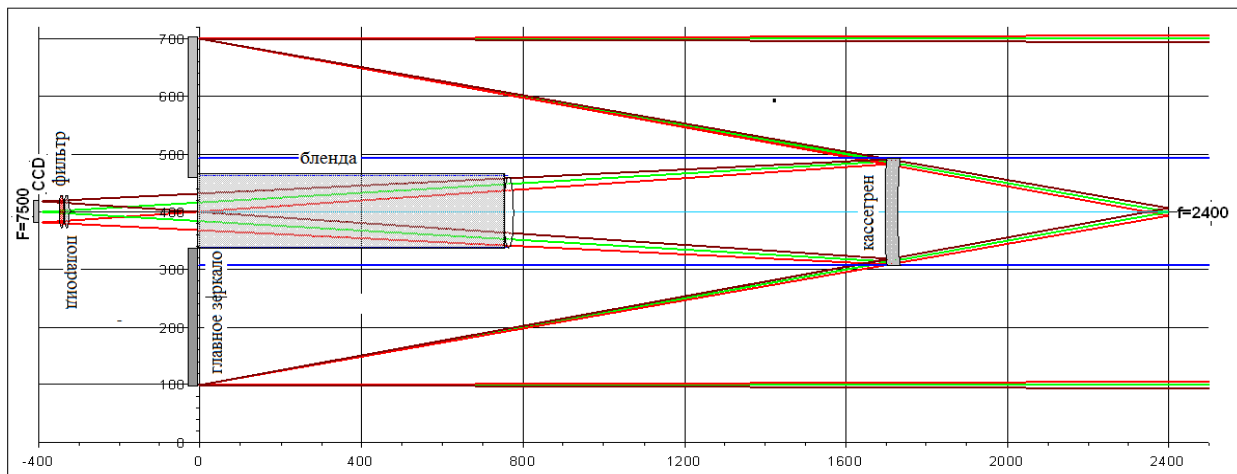


Рис.3. Оптическая схема «Цейсс-600»+фотометр.

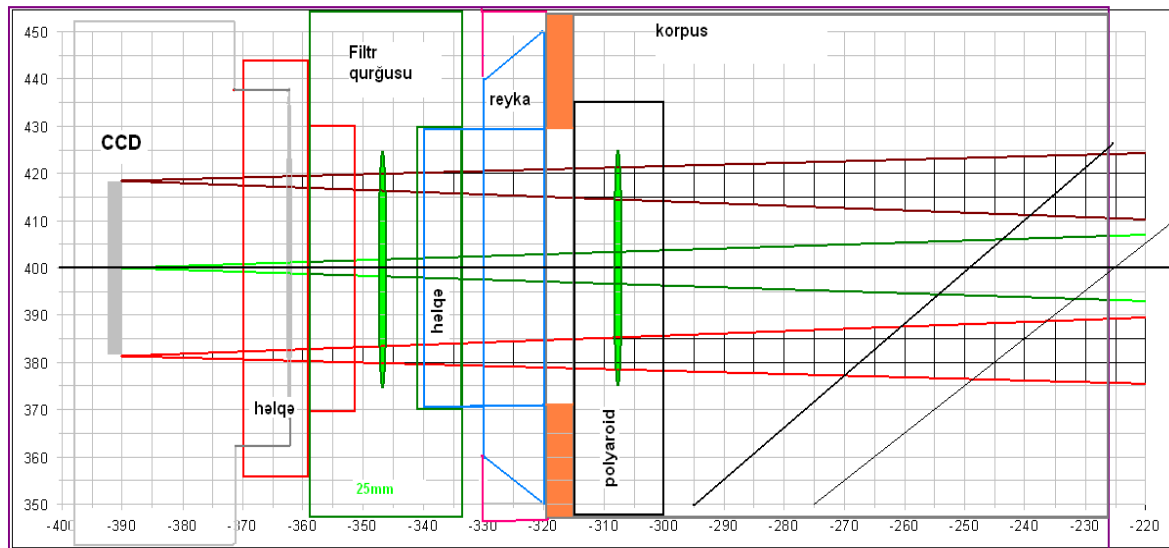


Рис.4 Принципиальная схема фотометра-поляриметра. Цифрами на рисунке указаны: 1-ПЗС-матрица, 2- корпус ПЗС-матрицы, 3- кольцо, закрепляющее блок фильтров (ФУ) к ПЗС; 4- ФУ; 5-фильтр; 6- кольцо, прикрепляющее ФУ к корпусу окуляра; 7- рейка; 8- корпус окуляра; 9- устройство поляроида; 10- поляроид; 11- диагональное зеркало; 12- корпус телескопа.

Из графического построения можно определить: в месте расположения фильтрового устройства, диаметр светового пучка 40 мм, а диаметр самого фильтра 50мм; в месте расположения поляроида, диаметр светового пучка меньше 45 мм; расстояния от главного зеркала до поляроида, фильтрового устройства и ПЗС-матрицы определяются соответственно как 308мм, 348мм и 390мм.

ФОТОМЕТР-ПОЛЯРИМЕТР. СБОРКА И РЕГУЛИРОВКА ОПТИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

Вторым компонентом, входящим в измерительный комплекс, является фотополариметр. Фотометр простой, электромеханический прибор, состоящий из окуляра и диагонального зеркальца для подсмotra в фокальной плоскости, а также фильтрового устройства, обеспечивающего смену фильтров. Фотометр снабжен поляроидом. Общее требование к механической надежности устройства - жесткость конструкции и выполнение повторяемых действий (смена фильтров, поворот анализатора вокруг своей оси), - обеспечивается в нашем случае с достаточно большой точностью. Конструктивно, изготовленный фотометр-полариметр состоит в основном из трех блоков: 1- блок подсмotra фокальной плоскости телескопа; 2-

блок поляроида; 3- блок фильтрового устройства (Рис.7).

Подсмотр фокальной плоскости телескопа осуществляется через окуляр 1.1. Для этого наклоненное под углом 40° (для удобства подсмotra) перемещаемое плоское зеркальце вводится в световой пучок с помощью поворота рукоятки 1.2. Во время съемки диагональное зеркальце выводится из светового пучка. Для визуального подсмotra предназначены два сменяемых окуляра с $f=40$ мм и $f=25$ мм, обеспечивающие увеличение телескопа в 190 и 300 раза, соответственно.

Блок фильтров

Блок светофильтров представляет собой диск с 5-тью круглыми ячейками с закрепленными на нем цветными фильтрами и шаговый двигатель, вращающий колесо фильтров (Рис.8). В настоящее время на одном колесе установлены 5 широкополосных фильтров, реализующих фотометрические полосы UV, B, V, R, Ic и на второе колесо закреплены три узкополосных фильтра H α (656.3 nm), OIII (5007 nm), SII (671.7, 673.1 nm) и два Blue (B) и Green (V) фильтра континуума. Диаметр фильтров - 50 мм. Смена фильтров выполняется в двух режимах: автоматический, с помощью пакета программы MaxIM DL, с компьютера, и ручной - от пульта управления (5.3 на Рис.11).

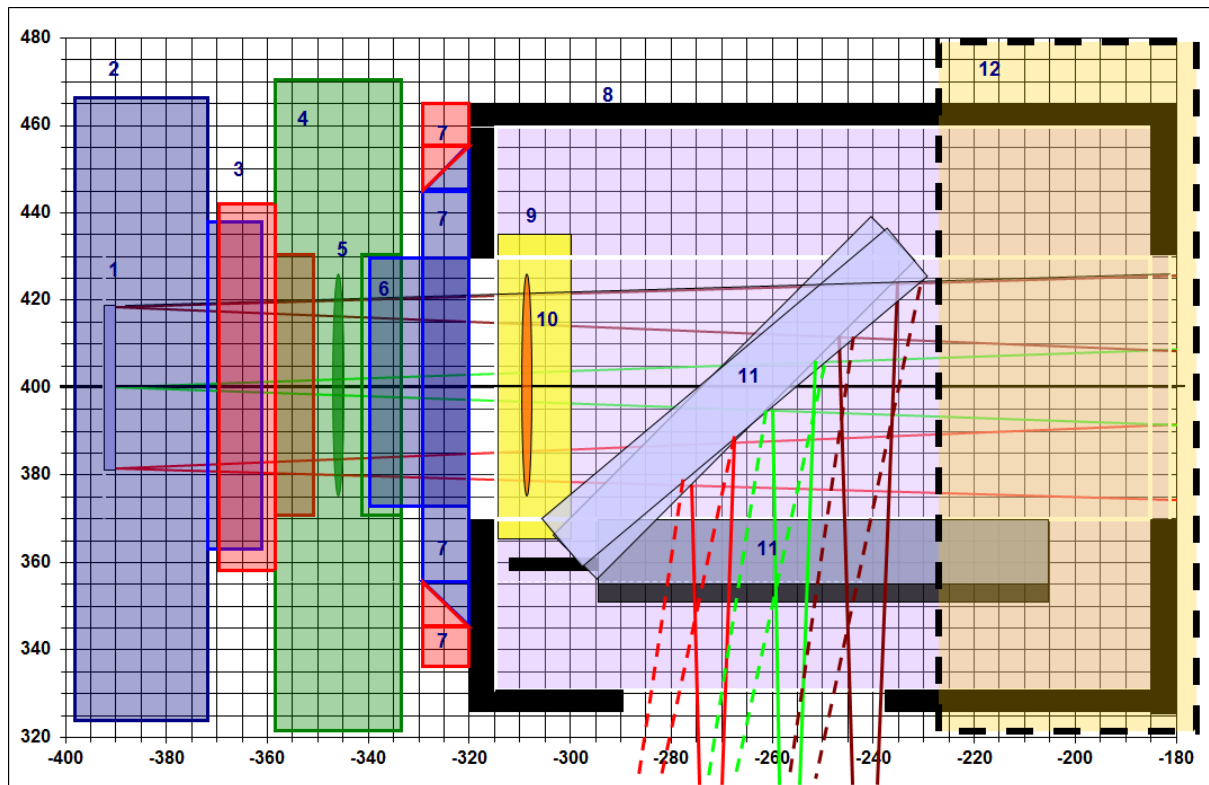


Рис.5 Схема расположения основных элементов (ПЗС-матрица, фильтры и поляроид) фотометра-поляриметра. Показан геометрический ход лучей, идущих от края поля.

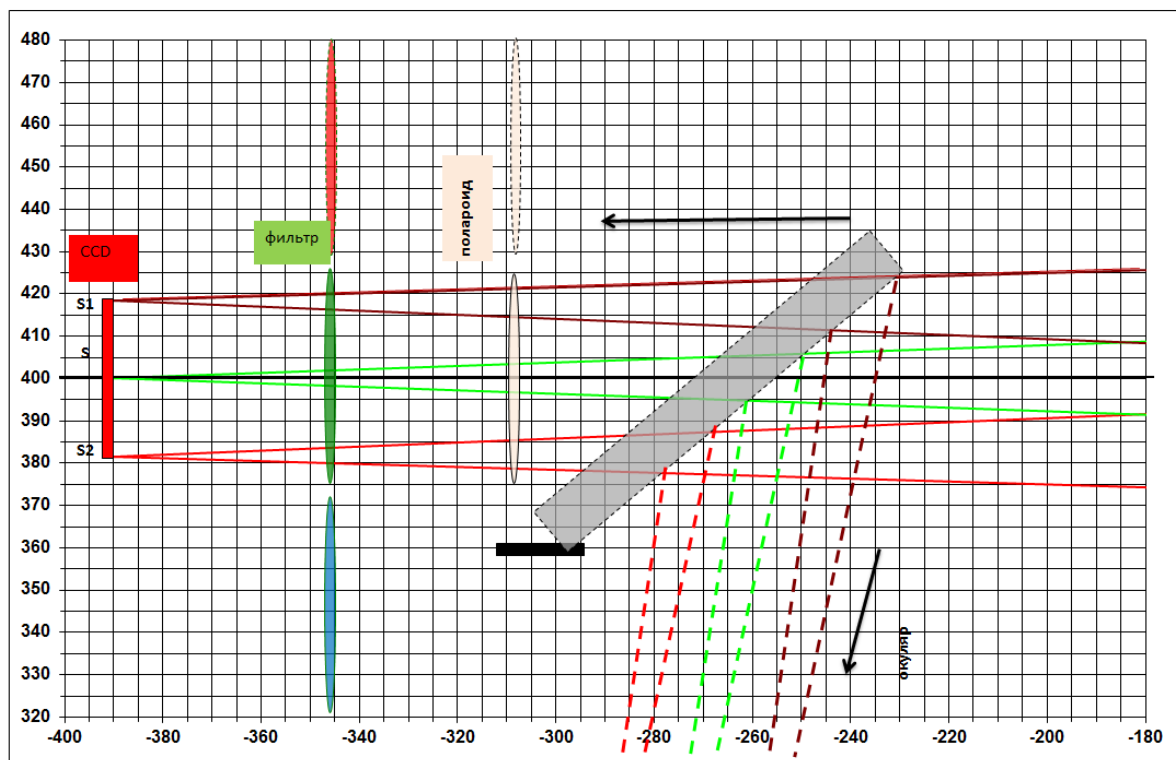


Рис.6. Оптическая схема фотометра-поляриметра.

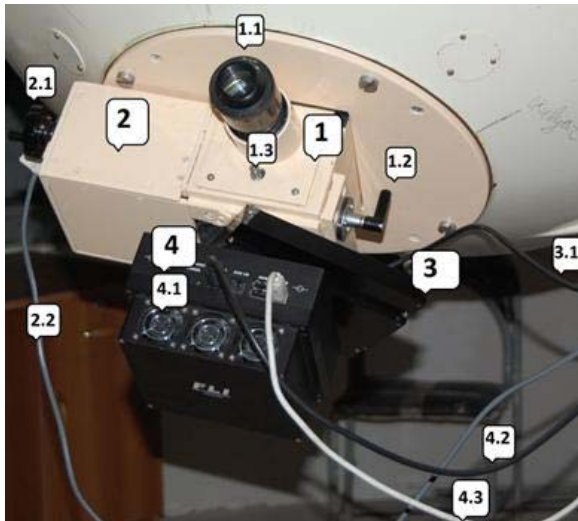


Рис.7 Общий вид фотометр – поляриметра, изготовленного для телескопа «Цейсс 600». 1- блок подзора, 1.1- окуляр, 1.2- рукоятка поворота диагонального зеркала, 1.3- регулятор диагонального зеркала; 2- блок поляроида, 2.1- буравчик для ввода поляроида в световой пучок, 2.2- кабель управления поляроида; 3- блок фильтрового устройства, 3.1- кабель управления фильтрами, 3.2-шаговый двигатель для смена фильтров, 3.3- винтик оси колеса фильтров, 3.4- винтик для закрепления крышки колеса фильтров

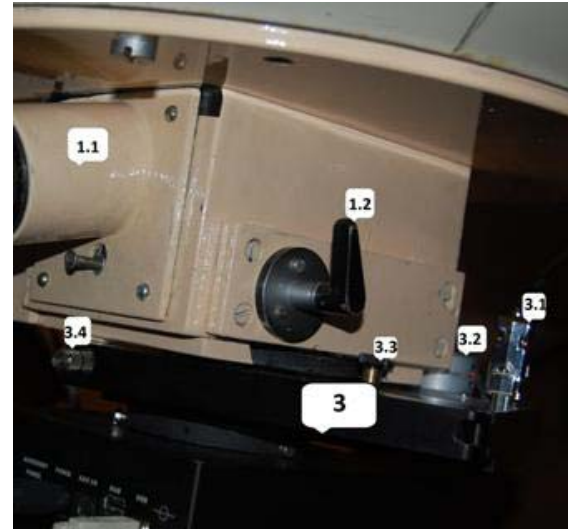


Рис.8 Блок фильтров. 3- фильтровое устройство, 3.3- ручка оси колеса фильтров, 3.4- винтик для закрепления крышки колес фильтров, 3.5- колесо фильтров с фильтрами.

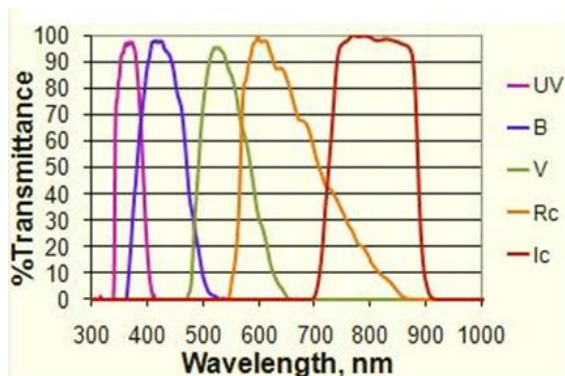


Рис.9 Кривые реакции используемых фильтров

На Рис. 9 приведены кривые реакции используемых светофильтров.

Блок поляроида

Анализатор располагается в блоке поляроида (Рис.10). В качестве анализатора поляризации используется поляризатор диаметром 50мм. На рисунке - 2.6 - оправа анализатора, 2.3— движущаяся каретка, закрепленная с помощью 60-мм шарикоподшипника и это обеспечивает свободный поворот ее вокруг своей оси. Анализатор вращается с помощью 2.5- шагового двигателя через ременную передачу. Управление шаговым двигателем (вращения анализатора) осуществляется с компьютера с помощью программы **SMv 1_7**, управляющей драйвером 5.4 (Рис.11). На Рис.13 приведена электрическая схема блока управления поляроида. Для перехода от фотометрического на поляризационный режим наблюдения надо ввести поляризатор в световой пучок, вращая против часовой стрелки буравчик 2.1. На открывающиеся окна программы управления поляроида устанавливаются требуемые параметры (угол, скорость и направления вращения) поворота анализатора (Рис.12). После команды “Start” анализатор поворачивается на заданный угол. К примеру, чтобы обеспечить поворот

анализатора на 45 градусов, в ячейках «угол» и «скорость» соответственно надо установить цифры 61 и 34. После 8 команд анализатор поворачивается на один полный оборот. На мониторе компьютера одновременно можно открыть пакет программ MaxIM DL и SMv1_7 (Рис.12).

ПЗС-матрица

Третим компонентом измерительного комплекса является светоприемник - ПЗС-матрица. Расположенная в фокальной плоскости телескопа, ПЗС-матрица строит действительное изображение той области неба, куда направлен телескоп. Фотометр оснащен термоэлектрически охлаждаемой ПЗС-матрицей FLI 4096x4096. Основные технические характеристики ПЗС-матрицы приведены в Табл.1, а на Рис.14 показана кривая спектральной чувствительности в диапазоне 4000-9000 Å. Матрица подключена к компьютеру с установленным программным обеспечением MaxIm DL CCD фирмы «Diffraction Limited» для управления ПЗС-матрицей [5]. Весь процесс наблюдения управляется с помощью пакета прикладных программ MaxIm DL V4. Управления фильтрами, обработка и анализ фотометрических данных, также проводится при помощи этих программ. Управление анализатора осуществляется с компьютера с помощью программы SMv1_7.

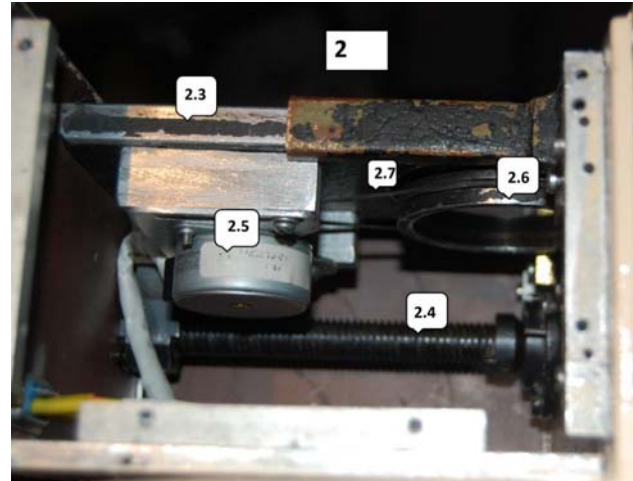


Рис.10 2- Блок поляроида. 2.3— движущаяся каретка, 2.4— стержень с резьбой для движения поляроида, 2.5— шаговый двигатель, вращающий анализатор, 2.6— оправа анализатора, 2.7— ремень.



Рис.11 Блоки драйверов: 5.3— драйвер фильтра ; 5.4— драйвер поляроида.

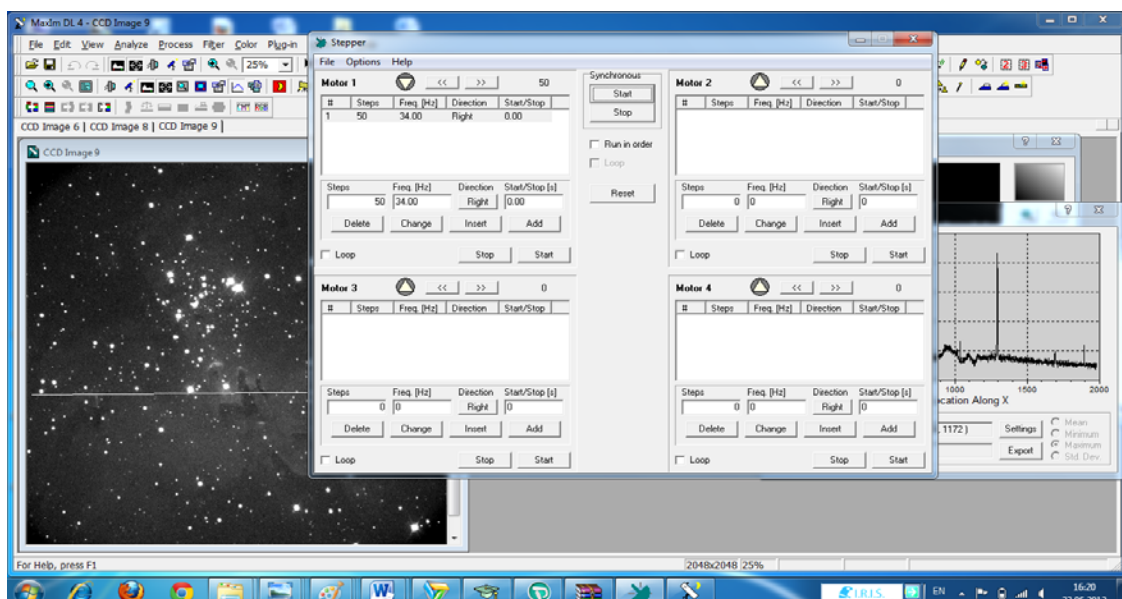


Рис.12 Вид монитора в процессе наблюдений.

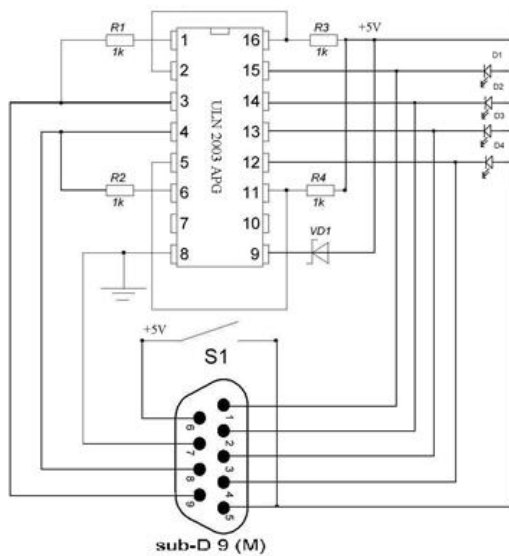


Рис.13 Электрическая схема блока управления поляроида.

ПРОБНЫЕ СЪЕМКИ НА НОВОМ ФОТОМЕТРЕ

Проверка оптической системы «Цейс 600+фотометр». С целью оценки состояния оптики, телескоп наведен на область неба, где в краях поля в 17 угловых минут видны звезды (Рис.15 а). Расфокусируя изображения звезд, на мониторе компьютера получаем четкое изображение зеркала телескопа. Как видно из Рис.15 а, на изображениях нет заметных искажений. Распределение интенсивности по всему полю из профиля по горизонтальной линии (Рис.15 в), и по профилю изображений

зеркала в разных краях поля зрения (Рис.15 с) также указывает на удовлетворительное состояние юстировки оптической системы. На Рис.16 представлен профиль «flat» по горизонтали. Как видно из рисунка, распределение «flat» по всему полю практически линейное. Результаты, представленные на Рис.15 и Рис.16, служат как бы экспериментальным подтверждением, говорящим в пользу удовлетворительности проведенных оптических расчетов изготовленного фотометра.

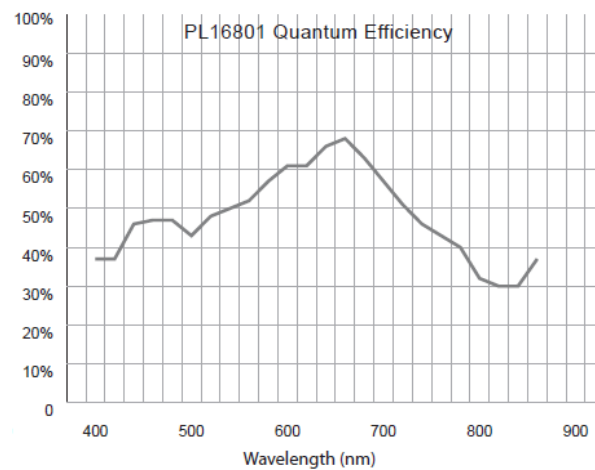


Рис.14. Спектральная чувствительность ПЗС матрицы PL 16801.

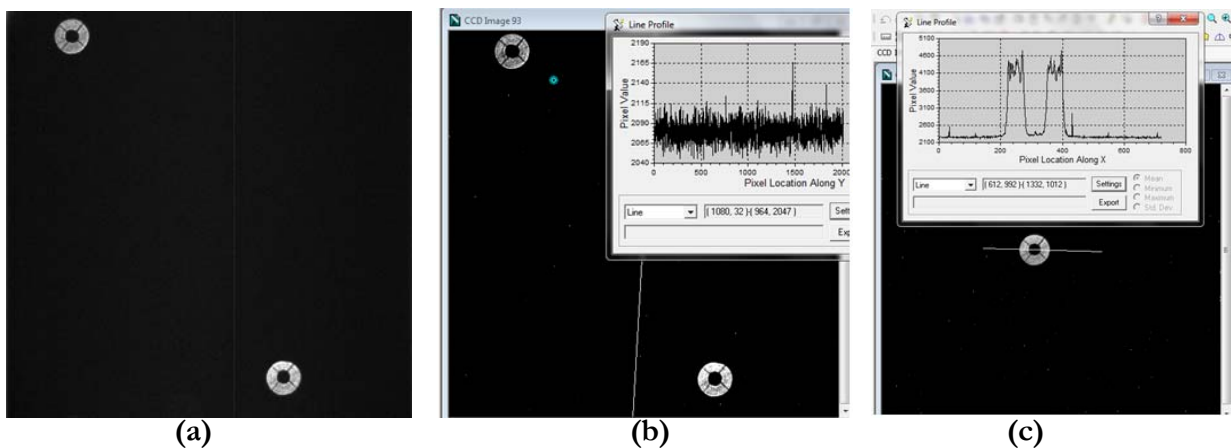


Рис.15 Оценка состояния оптики телескопа.

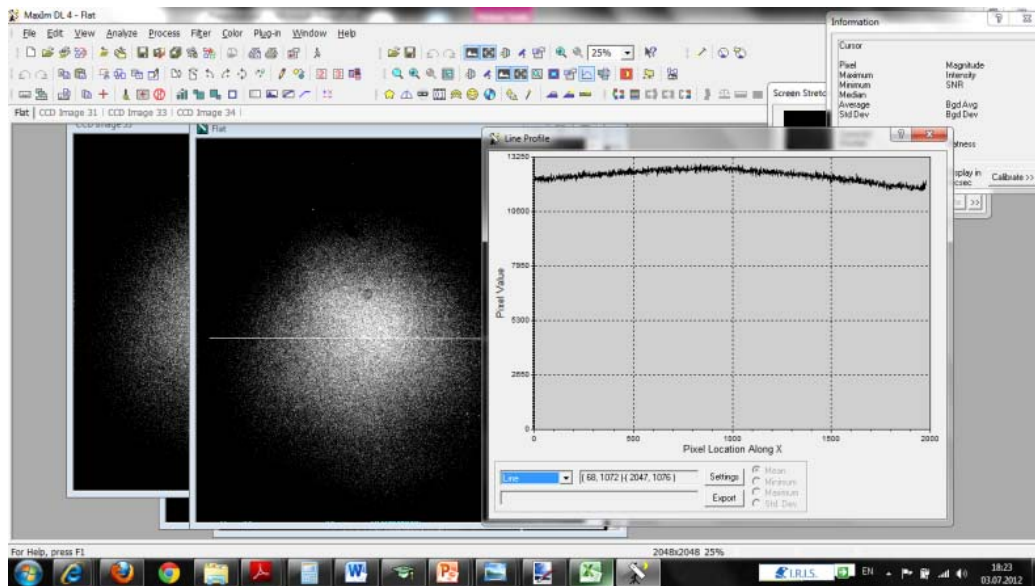


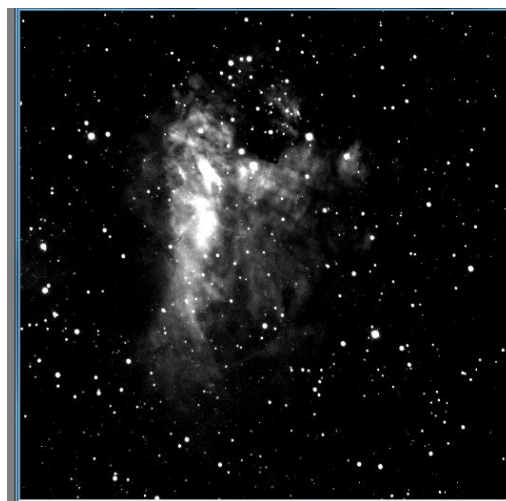
Рис.16 Изображение плоского поля (flat) и его профиля по горизонтали.



M20 –область НП



NGC 7331



M17 –рассеянное скопление



M5-шаровое скопление

Рис.17. Изображения, полученные на телескопе «Цейсс- 600», ПЗС-камерой FLI 4096x4096.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты анализа пробных снимков калибровочных кадров и изображения звезд и галактик, полученных на новом фотометре, показали, что согласование технических характеристик изготовленного фотометра-поляриметра с оптикой телескопа «Цейсс-600», удовлетворительное. Программное обеспечение комплекса – пакет прикладных программ (MaxIM DL V5 и SM v1_7), с помощью которого проводятся наблюдения и обработка полученных цифровых изображений, соответствует требованиям современной наблюдательной астрономии предъявляемых к аналогичным устройствам. Таким образом, при наличии современной ПЗС-камеры (с обратной засветкой), созданный фотометр-поляриметр вполне

пригоден для фотометрирования точечных и протяженных астрономических объектов с достаточно высокой точностью.

В заключение для иллюстрации приводим несколько снимков (Рис.17), полученных на новом фотометре, при помощи ПЗС-матрицы FLI 4096x4096U47, на телескопе «Цейсс-600» Шамахинской Астрофизической Обсерватории. На Рис.18 показаны изображения астрономических объектов, полученные на телескопе «Цейсс-600», с ПЗС-камерой FLI 4096x4096 и для сравнения рядом приведены снимки тех же объектов из цифрового Паломарского атласа.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Фонда Развития Науки при Президенте Азербайджанской Республики – Грант № EIF-2011-1(3)-82/20/1.

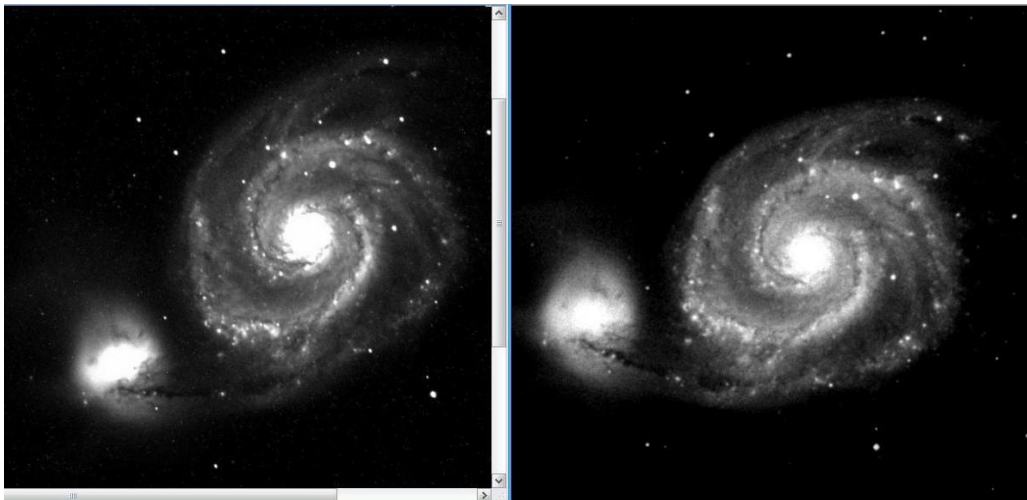


Рис.18 Изображение M51. Слева: полученное на телескопе «Цейсс- 600», ПЗС-камерой FLI 4096x4096 ; справа - снимок из цифрового Паломарского атласа.

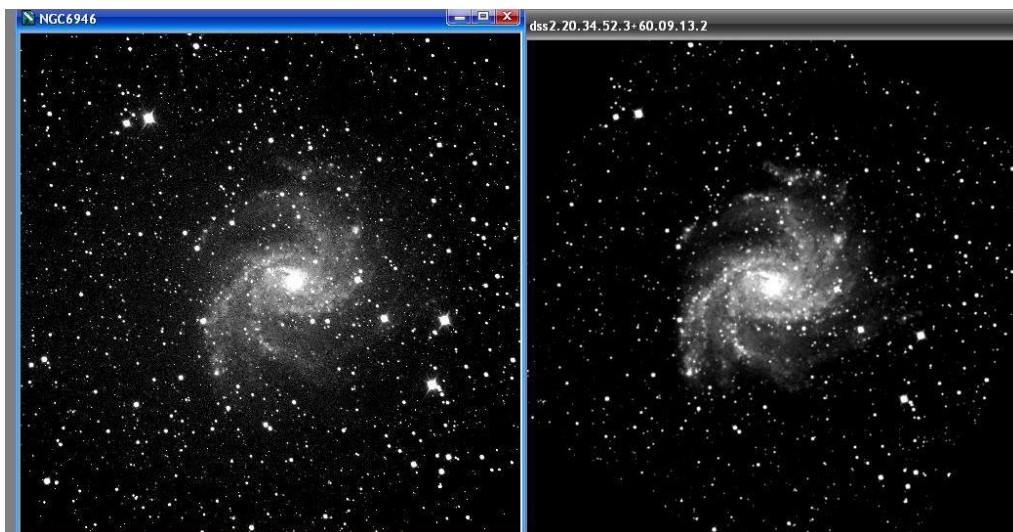


Рис.19 Изображение NGC 6946. Слева: полученное на телескопе «Цейсс- 600», ПЗС-камерой FLI 4096x4096; справа - снимок из цифрового Паломарского атласа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В.М. Лютый, Б.И. Абдуллаев, И.А. Алекперов, Н.И. Гюльмалиев, Х.М. Микаилов, Б.Н. Рустамов - ПЗС фотометр на телескопе ZEISS-600 Шамахинской Астрофизической Обсерватории. I. Согласование ПЗС фотометра с оптикой ZEISS-600 **Азербайджанский Астрономический Журнал**, 2009, т. 4, N3-4, с. 36 -41.
2. Б.И. Абдуллаев, Н.И. Гюльмалиев, С.О. Меджидова, Х.М. Микаилов, Б.Н. Рустамов, ПЗС фотометр на телескопе ZEISS - 600 Шамахинской Астрофизической Обсерватории II. Методика наблюдений и обработки данных ПЗС фотометрии, **Азербайджанский Астрономический Журнал**, 2009, т. 4, N3-4, с. 42 – 46.
3. Б.И.Абдуллаев, С.О.Меджидова, Х.М.Микаилов, Б.Н.Рустамов, Фотометрическая калибровка системы ZEISS-600+VRI фильтры+CCD камера ALTA U-47, **Азербайджанский Астрономический Журнал**, 2010, т. 6, N4, с. 11 – 15.
4. Н.Н.Михельсон, Оптика астрономических телескопов и методы ее расчета, Москва, Физматлит.,1995, 333с.
5. MaxIm DL CCD Imaging Software V.4 Diffraction Limited, 1997-2005.

A NEW PHOTOMETER – POLARIMETER COUPLED WITH CCD

B.I.Abdullayev, I.A.Alekberov, N.I.Gulmaliyev, S.O.Majidova, Kh.M.Mikayilov, B.N.Rustamov

Short description of optical scheme of a new photometer-polarimeter coupled with CCD FLI 4096x4096 installed on the Cassegrain focus of “ZEISS-600” telescope of the ShAO NAS Azerbaijan, is presented. Graphic construction defines the optimum sizes of baffle tube on the central aperture of the main mirror of a telescope «ZEISS-600, based on technical characteristics of the created photometer

Key words: photometer, “ZEISS-600”, cassegrain focus

CCD MATRİSA İLƏ TƏCHİZ OLUNMUŞ YENİ FOTOMETR – POLYARİMETR

B.İ.Abdullayev, İ.A.Ələkbərov, N.İ.Gülmaliyev, S.O.Məcidova, X.M.Mikayılov, B.N.Rustəmov

AMEA ŞAR-in “ZEISS-600” teleskopunun Kasseqren fokusunda qurulmuş, FLI 4096x4096 CCD matrisa ilə təchiz olunmuş yeni fotometr-polyarimetrin optik sxeminin qısa təsviri verilir. Qrafik qurma ilə, hazırlanmış fotometrın texniki xarakteristikalarına uyğun olaraq “ZEISS-600” teleskopunun baş güzgüsünün mərkəzində qoyulmuş kənar (parazit) şüalardan mühafizə borusunun optimal ölçüləri hesablanmışdır.

Aparıcı sozlər: fotometr,”SEİSS-600”, kasseqren fokusu