

Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası

AZƏRBAYCAN ASTRONOMİYA JURNALI

Cild 9 – № 3 – 2014

Azerbaijan National Academy of Sciences

Национальная Академия Наук Азербайджана

AZERBAIJANI
ASTRONOMICAL
JOURNAL

АСТРОНОМИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ
АЗЕРБАЙДЖАНА

Volume 9 – No 3 – 2014

Том 9 – № 3 – 2014

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.

REDAKSIYA HEYƏTİNİN TƏRKİBİ:

Baş Redaktor: Ə.S. Quliyev

Baş Redaktorun Müavini: E.S. Babayev

Məsul Katib: P.N. Şustarev

Üzvlər:

Asvarov A.İ	AMEA Fizika İnstitutu
Cəlilov N.S.	AMEA Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası
Ətayi Ə.Ə.	AMEA Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası
Həziyev Q.Ə	AMEA Naxçıvan Bölməsinin Batabat Astrofizika Rəsədxanası
Hüseynov V.A.	Bakı Dövlət Universiteti
İsmayilov N.Z.	AMEA Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası
Quluzadə C.M.	Bakı Dövlət Universiteti
Mikayılov X.M.	AMEA Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası

Beynəlxalq Şura:

Baleqa Y.Y.	Rusiya Elmlər Akademiyası
Çuryumov K.İ.	Kiyev Milli Universiteti, Ukrayna
Dağkəsəmənli R.D.	Rusiya Elmlər Akademiyası
Həsənov S.Ə.	MDU, Rusiya
Musayev F.A.	Rusiya Elmlər Akademiyası
Crosby N.B.	Aeronomiya İnstitutu, Belçika
Obridko V.N.	Rusiya Elmlər Akademiyası
Rozelot J.-P.	Fransa
Ştaude Y.	Potsdam Astrofizika İnstitutu, Almaniya
Teyfel V.Q.	Astrofizika İnstitutu, Qazaxıstan

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

© 2014 Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası.
© 2014 AMEA N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası.
Bütün hüquqlar qorunmuşdur.
Bakı – 2014

“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.Бабаев

Ответственный секретарь: П.Н.Шустарев

Технический редактор: Аскеров А.Б.

Адрес редакции: Азербайджан, Баку, AZ-1001, ул. Истиглалийт 10, Президиум НАНА

Журнал издаётся в Шамахинской 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, 2014 г.

© Шамахинская Астрофизическая Обсерватория им. Н.Туси НАНА, 2014 г. Все права защищены.

Баку - 2014

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

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

© 2014, Azerbaijan National Academy of Sciences.

© 2014, Shamakhy Astrophysical Observatory named after N.Tusi, ANAS. All rights reserved.

Baku -2014

MÜNDƏRİCAT

TOXUNAN HIPERBOLİK ORBITLI UZUN PERIODLU KOMETLƏR HAQQINDA Ə.S Quliyev., Ş.A. Nəbiyev	5
TEMPEL-TUTL (55P) KOMETİNİN ORBIT TƏKAMÜLÜ BARƏDƏ R.Ə. Quliyev	11
P CYGNY ULDUZUNUN ABASTUMAN RƏSƏDXANASINDA UBV FOTOMETRİYASI N. Kochiashvili, S. Beradze, I. Kochiashvili, E. Janiashvili, R. Natsvlishvili, T. Urushadze, M. Vardosanidze	18
ŞAMAXI RƏSƏDXANASININ 2 m TELESKOPUNUN KASSEQREN FOKUSUNUN CCD MATRİSLİ 2x2 PRİZMALI SPEKTROQRAFI X.M. Mikayılov, B.N. Rüstəmov , İ.Ə. Ələkbərov	23

CONTENTS

ON THE LONG-PERIOD COMETS
WITH HYPERBOLIC OSCULATING
ORBITS

A.S. Guliyev, Sh.A. Nabiyeu

5

ON THE ORBITAL EVOLUTION OF
THE COMET TEMPEL-TUTTLE (55P)

R.A. Guliyev

11

UBV PHOTOMETRY OF P CYGNI AT
THE ABASTUMANI OBSERVATORYN. Kochiashvili, S. Beradze, I. Kochiashvili,
E. Janiashvili, R. Natsvlishvili,
T. Urushadze, M. Vardosanidze

18

2x2 PRIZM SPECTROFRAF OF
CASSEGRAIN FOCUS OF 2 m
TELESCOPE OF SHAMAKHY
ASTROPHYSICAL OBSERVATORY,
WITH CCD CAMERAKh.M. Mikailov, B.N. Rustamov,
I.A. Alekberov

23

СОДЕРЖАНИЕ

О ДОЛГОПЕРИОДИЧЕСКИХ КОМЕТАХ,
ИМЕЮЩИХ ОСКУЛИРУЮЩИЕ
ГИПЕРБОЛИЧЕСКИЕ ОРБИТЫ

А.С. Гулиев, Ш.А. Набиев

5

ОБ ЭВОЛЮЦИИ ОРБИТЫ КОМЕТЫ
ТЕМПЕЛЯ-ТУТТЛЯ (55P)

Р.А. Гулиев

11

UBV ФОТОМЕТРИЯ ЗВЕЗДЫ P CYGNY В
АБАСТУМАНСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИН. Кочиашвили, С. Берадзе, И. Кочиашвили,
Е. Джанашвили, Р. Натсвлишвили,
Т. Урушадзе, М. Вардосанидзе

18

2x2 - ПРИЗМЕННЫЙ СПЕКТРОГРАФ С
ПЗС-МАТРИЦЕЙ
ФОКУСА КАССЕГРЕНА 2-х МЕТРОВОГО
ТЕЛЕСКОПА ШАМАХИНСКОЙ
ОБСЕРВАТОРИИХ.М. Микаилов, Б.Н. Рустамов,
И.А. Алекберов

23

О ДОЛГОПЕРИОДИЧЕСКИХ КОМЕТАХ, ИМЕЮЩИХ ОСКУЛИРУЮЩИЕ ГИПЕРБОЛИЧЕСКИЕ ОРБИТЫ

© 2014 г. А.С. Гулиев¹, Ш.А. Набиев^{1,2}

¹Шаманская Астрофизическая Обсерватория им. Н. Туси НАН Азербайджана

² Университет «Кавказ», Баку, Азербайджан
(e-mails: ayub54@yahoo.com, snebiyev@qu.edu.az)

В статье рассматриваются особенности почти параболических комет, имеющих оскулирующие гиперболические эксцентриситеты. Их возрастающая доля в общей совокупности комет со временем, сравнительно большие перигелийные расстояния противоречат предположению о том, что источником гиперболического избытка e является либо погрешность определения орбиты, либо негравитационные силы в кометных ядрах. Проведено и подробное пространственное MOID-тестирование комет относительно 35 ТНО ярче 4^m и 4-х планет-гигантов. Для минимальных значений MOID рассматривались 15 вариантов. Для 6 ТНО получены результаты, доказывающие их возможное влияние на минимальное изменение эксцентриситетов кометных орбит. Сделано предположение о том, что сближение с ТНО является одной из причин появления гиперболических комет.

Ключевые слова: TNO, кометы, MOID

ВВЕДЕНИЕ

Среди почти параболических комет нередко встречаются объекты, имеющие слегка гиперболические эксцентриситеты (в дальнейшем их будем называть гиперболическими кометами). В соответствующей астрономической литературе их наличие объясняется ошибками в определении орбиты, существованием негравитационных сил в ядрах и планетными возмущениями [1,2]. К этим источникам также можно добавить и дополнительный импульс, который получает ядро в результате столкновения с метеоритными телами. Но последняя возможность недостаточно хорошо изучена и вытекает из некоторых закономерностей, отмеченных в работах [3,4].

Исследование первоначальных орбит 499 почти параболических комет с наиболее точными орбитами показало, что только у 37 из них первичные полуоси являлись слегка гиперболическими. Это составляет всего лишь 7.4 процентов. В этой связи представляет интерес другое соотношение. Общее число почти параболических комет с $q > 0.1 \text{ а.е.}$ и $P > 200 \text{ лет}$ к началу сентября 2014 года составляло 1116 [5]. 277 из них имеют оскулирующие e , превышающие 1. Это составляет почти 25 процентов. Ясно, что полностью приписать их существование к

возмущениям со стороны известных планет невозможно.

Косвенные соображения показывают, что их существование трудно связать и с так называемыми негравитационными силами. Известно, что такие силы должны возникать у комет, имеющих относительно малые перигелийные расстояния, так как они больше подвергаются воздействию радиации и корпускулярного потока Солнца. Между тем расчеты показывают, что среднее значение q у этих комет составляет 2.724 (среднеквадратичное отклонение 2.054), в то время как у остальных - 1.696 (среднеквадратичное отклонение 1.582). Нормированная разность между ними,

$$Z = \frac{(2.724 - 1.696)}{\sqrt{\frac{(2.054)^2}{277} + \frac{(1.582)^2}{839}}},$$

составляет 7.618, а ее доверительная вероятность практически равна 1. С точки зрения статистики эти два класса комет по признаку не имеют ничего общего между собой.

Следовательно, объяснение наличия гиперболических комет только с точки зрения негравитационных сил не выдерживает критики.

Практически то же самое можно сказать и относительно предположения о том, что гиперболические кометные орбиты являются результатами погрешностей наблюдений и определения орбит. В этом случае их доля в общей совокупности комет со временем должна уменьшаться, поскольку с использованием высокоточной аппаратуры увеличивается и качество, и количество наблюдений. В действительности все обстоит наоборот. Например, доля таких объектов среди комет, обнаруженных до и после 2000 года составляет 32 и 42 процента, соответственно.

Вышеприведенные качественные доводы показывают, что в солнечной системе существуют скрытые возможности образования гиперболических кометных орбит.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ДАННЫЕ

Как было показано в работе [6], судя по значениям MOID (минимальное межорбитальное расстояние) кометы с «первоначальными» гиперболическими орбитами тяготеют к койперовым телам больше, чем другие кометы. Отсюда и было сделано предположение о том, что одной из причин возникновения гиперболического избытка e может быть сближение комет с крупными ТНО. В настоящей работе мы решили это предположение проверить для всех почти параболических комет, имеющих оскулирующие гиперболические эксцентриситеты.

Методика проведения расчетов такая же, как в работе [7]. Она сводится к расчетам MOID комет и крупных ТНО для поиска избытков в области малых значений этого параметра. В настоящей работе объектами исследования являются 4 планеты-гиганта и 35 наиболее крупных ТНО, имеющих абсолютный блеск больше 4^m , с одной стороны, и 277 почти параболических комет с

$e > 1$, с другой. Данные о последних объектах заимствованы из каталога [8] и отдельных номеров Циркуляров [5] за 2008-2014 гг. Кроме того, для проведения сравнительного анализа, задача исследования MOID будет осуществляться также и относительно четырех планет-гигантов.

В астрономической литературе есть множество алгоритмов вычисления минимального расстояния между двумя кеплеровскими орбитами [9]. Однако, в нашем случае приходится идти на некоторые упрощения, так как далее придется вычислять и анализировать больше 600 000 значений этого параметра. Упрощения, в основном, сводятся к следующему:

- будем считать, что сближение кометы и далекой планеты происходит строго в направлении дальнего узла кометной орбиты относительно плоскости движения планетного тела;
- в направлении дальнего узла орбита планеты принимается за круговую.

В рамках указанных упрощений MOID можно вычислить с помощью формулы (1), где $R(dn)$ является расстоянием планеты или ТНО в направлении удаленного узла кометной орбиты, q и e – неинвариантные элементы кометной орбиты, i и ω – угловые элементы кометной орбиты, ν – истинная аномалия кометы, которая варьируются от 0^0 до 360^0 с интервалом 1^0 . Заметим, что последние три элемента отсчитываются относительно плоскости орбиты планеты или ТНО, а не эклиптики (точкой отсчета является восходящий узел орбиты избранного планетного тела). Формула получена из основных преобразований сферических треугольников и требования нахождения скалярной величины вектора планетное тело-комета в треугольнике Солнце-планетное тело-комета. Ясно, что чем ближе e избранного планетного тела к 0, тем больше точность приведенной формулы.

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

Применением вышеприведенной формулы можно определить количество (N) комет, орбиты которых имеет MOID к орбите выбранного планетного тела меньше определенного значения ($r_{\min}$). Здесь в качестве критического значения $r_{\min}$ можно принимать размер сферы действия или влияния планетного тела. В наших расчетах он варьируется от 0.1 до 1.5 *a.e.*

Тем не менее, для того, чтобы судить о степени избыточности N , мы используем тестирование, широко применяемое в некоторых работах одного из авторов, в частности в [10,11]. Смысл этого тестирования в данном случае сводится к вращению орбиты базового планетного тела по параметрам Ω и I (таким образом определяются зоны сравнения), и отысканию кроме N и других дисперсионных величин: n ; σ ; α - среднее значение количества MOID на принимаемом интервале Δt относительно зон сравнения (их 67), среднеквадратичное отклонение, нормированная разность и доверительная вероятность, соответственно. Зоны сравнения определяются варьированием параметров Ω (от 0° до 330° с интервалом 30°) и $\sin I$ (от 0 до 1 с интервалом 0.167). Напомним, что по требованию одностороннего критерия Стьюдента значение нормированной разности

$$t = (N-n)/\sigma$$

должно быть больше 1.67. В этом случае доверительная вероятность α искомого избытка оказывается больше 0.95.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ

Результаты проведенных вычислений приведены в Таблице 1 (см. Приложение). Расчеты проводились для 15 вариантов параметра $r_{\min}$ (от 0.1 до 1.5 *a.e.*). Как ни странно, для Юпитера получены одни отрицательные результаты. В случае Сатурна максимальное t (0.91) оказывается при $r_{\min}$ равным 0.2 *a.e.* Но и его доверительная вероятность не отвечает должному требованию. У Урана несколько лучшая ситуация. Максимальное $t=1.40$ достигается при $r_{\min} = 0.3$ *a.e.*, а его доверительная вероятность составляет 0.92. Самый лучший результат среди планет-гигантов принадлежит

Нептуну (t равняется 2.70 и 1.88 при значениях $r_{\min}$ 0.1 *a.e.* и 0.2 *a.e.*, соответственно). Все это говорит о том, что роль планет-гигантов в преобразовании почти параболических кометных орбит в гиперболические не столь велика, как считалось раньше.

Несколько иная ситуация получается у ТНО (Таб.1 и, следовательно, Рис.1). У самого знаменитого из них - Плутона t достигает 1.33 (при $r_{\min}=0.9$ *a.e.*), у Makemake он составляет 1.47 ($r_{\min}=0.93$ *a.e.*). Наиболее впечатляющие результаты получены в случаях 2005 QU₁₈₂ ($r_{\min}=0.1$ *a.e.*; $t=3.34$; $\alpha=0.999$), 2007 UK₁₂₆ ($r_{\min}=0.1$ *a.e.*; $t=3.49$), Varuna ($r_{\min}=0.1$ *a.e.*; $t=3.49$); 2003 VS₂ ($r_{\min}=0.1$ *a.e.*; $t=3.94$). В целом у 6 ТНО при разных $r_{\min}$ мы получили результаты с доверительной вероятностью больше 0.95, а у четырех такая вероятность колеблется в пределах от 0.90 до 0.95.

Обращает на себя внимание еще одна особенность значений MOID для рассматриваемых комет относительно некоторых ТНО. Как показано на Рис.1, в случае увеличения параметра $r_{\min}$ уменьшается параметр t . Эта закономерность обнаружена для 5 ТНО. Смысл ее заключается в том, что увеличение фиксированного значения для MOID сводит на нет возможную кинематическую связь между кометами и ТНО. Среди планет-гигантов подобная картина наблюдается у Урана и Нептуна.

Таким образом, есть надежные основания предполагать, что после сближения с ТНО некоторые почти параболические кометы получают небольшое ускорение, что приводит к превращению их орбиты в слегка гиперболическую. Эта рабочая гипотеза должна быть проверена на базе соответствующих небесно-механических расчетов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Królikowska, M. A study of the original orbits of "hyperbolic" comets. **Astronomy and Astrophysics**, 2001, v.376, p.316-324.
2. Yabushita S., On the effect of non-gravitational processes on the dynamics of nearly parabolic comets. **MNRAS**, 1996, v.283, p.347-352.
3. Huges D.W., On hyperbolic comets. **J.Br.Astron.Accos**. 1991, v.101, no2, p.101-119.

4. Fernández, Sosa, Andrea, and 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, no.1, p. 767-782.
5. Marsden B.G., Williams G.V. **Catalogue of Cometary Orbits**, 16th edition. SAO, Solar, Stellar & Planetary Science Division. Cambridge. 2008.
6. Гулиев А.С., Набиев Ш.А., Гулиев Р.А., Дадашов А.С., К вопросу о связи комет с койперовыми телами. **Астрономический Журнал Азербайджана**. 2012, т.7.№1, с.5-7.
7. Guliyev Ayyub, and Nabiyev Shaig. The Possible Interrelation of Trans-Neptunian Objects and Long-Period Comets with the High-Precision Orbits. **American Journal of Astronomy and Astrophysics** V.2, no. 4, (2014) p. 38-41.
8. <http://www.minorplanetcenter.net/iau/lists/TNOs.html>
9. Kuz'Michev, V.V., & Tomanov, V.P. (2006). Searches for transplutonian planets using long-period comets. **Astronomy Letters**, 32(5), 353-360
10. 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.
11. Гулиев А.С., Дадашов А.С., О гиперболических кометах. **Астрономический Журнал Азербайджана**. 2008, т.3.№3-4, с.5-12.

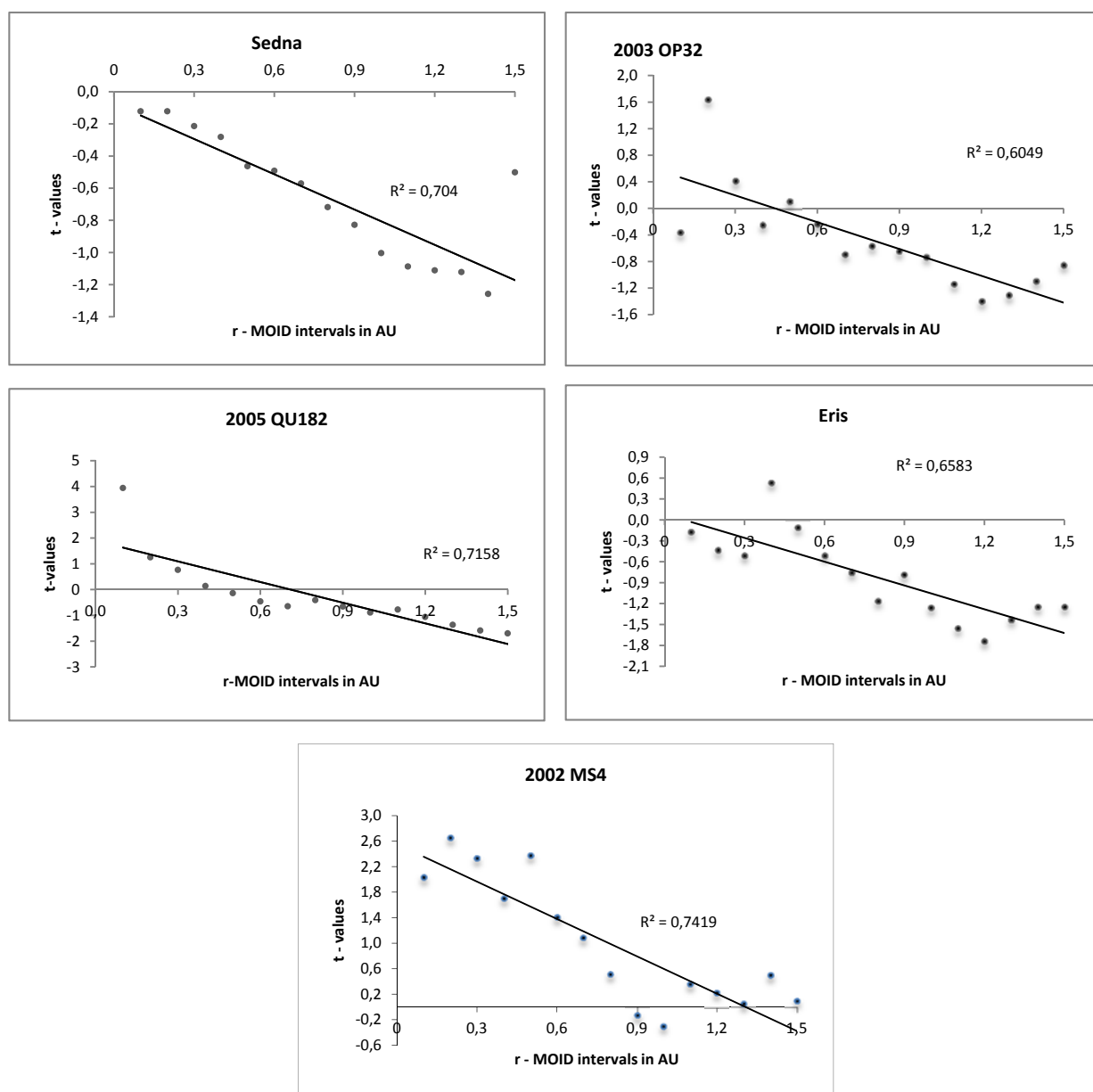


Рис. 1. Распределение t - значения для некоторых ТНО.

Таблица 1. Распределение t-статистики величин MOID для 277 оскулирующих гиперболических комет и 35 планетных тел.

Plnt/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	r<1.1	r<1.2	r<1.3	r<1.4	r<1.5
Jupiter	-0.96	-0.80	-1.07	-1.37	-0.64	-0.54	-0.68	-0.93	-1.30	-1.32	-1.34	-1.41	-1.29	-1.29	-1.34
Saturn	0.33	0.91	-0.47	-0.38	0.18	0.75	0.27	0.29	-0.01	0.14	0.80	1.02	0.46	0.56	0.66
Uran	-0.73	1.13	1.40	1.12	0.38	-0.61	-0.34	-0.08	-0.59	-0.15	-0.21	-0.38	-0.37	-0.51	-0.51
Neptun	2.70	1.88	0.50	-0.28	-1.01	-0.32	-0.50	0.10	-0.55	-0.49	-0.23	-0.18	0.09	0.33	0.33
Eris	-0.17	-0.44	-0.52	0.53	-0.11	-0.51	-0.76	-1.17	-0.79	-1.26	-1.55	-1.74	-1.43	-1.25	-1.25
Pluto	-0.31	-0.71	-1.06	-1.35	-0.31	-0.85	0.17	0.82	1.33	0.72	0.42	-0.08	-0.19	-0.32	-0.19
Makemake	-0.21	-0.56	0.88	1.43	0.38	0.54	1.05	1.47	0.81	1.06	1.35	0.97	0.76	0.55	0.19
Haumea	-0.17	1.23	0.52	-0.12	0.25	0.40	0.26	1.12	0.78	0.54	0.77	0.96	0.78	0.84	0.66
2007 OR ₁₀	N/A	-0.49	-0.70	-0.96	-1.31	-1.52	-1.75	-1.37	-1.57	-1.45	-1.73	-1.72	-0.95	-1.20	-0.86
Sedna	-0.12	-0.12	-0.21	-0.28	-0.46	-0.49	-0.57	-0.72	-0.83	-1.00	-1.09	-1.11	-1.12	-1.26	-0.50
Orcus	-0.45	-0.68	-0.91	-1.18	-0.93	-0.29	-0.31	-0.01	0.19	0.85	0.20	0.60	0.35	0.79	0.57
Qaoaor	-0.28	-0.58	-0.96	-1.11	-1.27	-1.46	-0.72	-0.63	-0.15	-0.57	-1.04	0.29	0.17	0.08	0.21
2002 LM ₆₀	-0.42	-0.52	-0.89	-0.38	-0.76	-0.95	0.25	-0.16	-0.23	-0.64	-0.61	-0.66	-0.70	-1.06	-0.57
2002 TX ₃₀₀	-0.25	-0.56	0.39	-0.13	0.18	-0.29	-0.21	-0.24	0.14	-0.27	-0.01	-0.08	0.06	0.46	0.56
2009AW ₁₉₇	-0.12	-0.56	-0.85	-1.00	-1.27	-0.70	-0.54	-0.44	-0.35	-0.32	0.13	0.42	0.64	0.19	0.08
2005 QU ₁₈₂	3.94	1.25	0.77	0.14	-0.14	-0.46	-0.65	-0.41	-0.66	-0.89	-0.78	-1.06	-1.37	-1.59	-1.70
2003 MW ₁₂	-0.21	-0.49	-0.68	0.14	0.49	0.01	0.18	-0.32	1.13	1.42	1.62	1.08	1.17	1.35	1.17
2005 UQ ₅₁₃	-0.25	-0.66	-0.81	-1.07	-1.18	-0.94	-1.31	-0.79	0.06	0.86	0.27	0.97	1.06	0.90	0.71
2007 UK ₁₂₆	N/A	3.49	5.26	3.20	2.07	1.44	0.86	1.09	1.19	1.08	1.61	1.58	1.15	0.72	1.04
2002 UX ₂₅	-0.28	-0.62	0.26	0.53	-0.07	-0.64	-0.05	-0.64	-1.09	-1.27	-1.35	-0.74	-0.27	-0.33	-0.24
2007 JJ ₄₃	-0.16	-0.47	-0.66	-0.92	-1.26	-1.37	-1.17	-0.96	-1.26	-0.67	0.21	0.19	0.12	0.38	0.27
Varuna	3.49	1.02	0.20	0.71	0.88	0.84	0.89	1.14	1.45	0.76	0.66	0.12	0.58	0.41	0.00
2003 AZ ₈₄	-0.39	-0.72	-1.02	0.35	1.21	1.82	1.80	1.47	1.69	1.31	1.93	1.18	1.64	0.92	0.97
2002 MS ₄	2.03	2.65	2.33	1.70	2.37	1.40	1.09	0.51	-0.13	-0.31	0.35	0.22	0.04	0.49	0.09
2006 QH ₁₈₁	-0.17	-0.40	-0.64	-0.95	-1.17	-0.73	-0.35	-0.77	-0.52	-0.38	-0.73	-0.61	-0.23	-0.20	-0.46
2010 EK ₁₃₉	-0.21	-0.61	-0.95	-1.25	-1.30	-1.50	-1.23	-0.95	-0.39	-0.83	-0.69	-0.97	-1.04	-0.91	-0.89
Ixion	-0.39	-0.60	-0.92	-1.21	-1.05	-1.36	-0.42	-0.14	-0.27	-0.32	0.41	-0.02	0.65	0.50	0.55
2002 TC ₃₀₂	-0.17	-0.56	-0.80	-1.28	-1.35	-1.34	-0.33	-0.70	-0.87	-0.71	-0.62	-0.52	-0.46	-0.13	-0.13
2004 GV ₉	-0.24	-0.45	-0.78	-1.03	0.18	-0.37	-0.30	-0.75	0.53	0.35	0.23	1.35	1.14	0.86	1.18
2005 RN ₄₃	-0.17	-0.46	0.62	-0.04	-0.51	-0.24	-0.69	-0.27	1.60	2.18	1.64	1.65	1.47	1.26	1.29
2010 KZ ₃₉	-0.25	-0.37	-0.62	-0.95	-1.19	-1.47	-1.70	-0.26	0.51	0.01	-0.01	0.26	-0.14	-0.17	-0.23
2001 UR ₁₆₃	-0.21	-0.53	-0.74	-1.02	-1.18	-0.78	-1.03	0.02	0.48	0.05	0.41	-0.04	-0.12	-0.42	0.04
2003 OP ₃₂	-0.37	1.64	0.41	-0.25	0.10	-0.23	-0.70	-0.57	-0.65	-0.73	-1.14	-1.40	-1.31	-1.09	-0.85
2003 VS ₂	3.94	1.05	1.36	0.43	-0.11	1.66	1.39	0.78	1.00	1.01	1.20	0.95	0.50	0.69	0.27
2004 XA ₁₉₂	-0.21	-0.46	-0.86	-1.07	-1.23	-0.86	-1.13	-1.45	-1.32	-1.19	-0.81	-0.81	-0.44	-0.73	-1.15

TOXUNAN HIPERBOLİK ORBITLI UZUN PERIÖDLÜ KOMETLƏR HAQQINDA

Ə.S Quliyev., Ş.A. Nəbiyev

Orbit eksentristetləri vahiddən böyük olan hiperbolik orbitli kometlərin Nəhəng planetlərlə və eləcə də Trans Neptun Obyektlərlə əlaqəsinin mümkünlüyü tədqiq edilir. Böyük perihelili parabolik kometlərin aşkarlanması onlar haqqında irəli sürülən e – eksentristetlərin kənar çıxmasını və ya komet nüvələrində baş verən qeyri-gravitasiya qüvvələrinin təsir nəticəsində hiperbolik kometlərin əmələ gəlməsini izah edən 2 modeli inkar edir. Məhz elə bu səbəbdən də hiperbolik kometlərin hər birinin paralqılıq ölçüləri $4m$ – dən böyük olan 35 Trans Neptun Obyektləri və 4 Nəhəng planetlər ilə 15 variantda MOID – Minimum Orbit Intersection Distance- qiymətləri tədqiq edilmişdir. Diqqətəlayiqdir ki, tətbiq edilən metodla Nəhəng planetlərin heç biri üçün güclü korelyasiya aşkarlanmamışdır. TNO - lərdən 6 – sı üçün alınmış yüksək korelyasiya və eləcə də onların yüksək etibarlılıq dərəcələri komet orbit eksentristetlərinin kiçik dəyişmələrində TNO - lərin xüsusi rolu olduğunu mümkün sayır.

Açar sözlər: TNO, kometlər, MOID, Səma mexanikası

ON THE LONG-PERIOD COMETS WITH HYPERBOLIC OSCULATING ORBITS

A.S. Guliyev, Sh.A. Nabiyeu

The relation between nearly parabolic comets with Giant Planets and Trans Neptunian Objects (TNOs) is investigated. The increasing number of large perihelion distances parabolic comets in the total population of comets over time; contradict the assumption that the source of the hyperbolic excess e -eccentricity is error in the determination of the orbit, or non-gravitational forces in comets nuclei. For this purpose we applied the detailed and spatial MOID – Minimum Orbit Intersection Distance testing model with 15 considered options to 35 TNOs that brightness's great $4m$ and 4 Giant planets. Noteworthy, there are no significant correlations for all 4 Giant planets. The obtained the strong correlations with high significant levels for 6 TNOs proving their potential impact on the minimum change of the eccentricity of comets orbits. It is suggested that the rapprochement with the TNO is one of the causes of hyperbolic comets.

Key words: TNO, comets, MOID, Celestial Mechanics

ОБ ЭВОЛЮЦИИ ОРБИТЫ КОМЕТЫ ТЕМПЕЛЯ-ТУТТЛЯ (55P)

© 2014 г. Р.А. Гулиев

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

55P является периодической кометой с периодом обращения около 33 лет. Она считается кометой типа кометы Галлея. Комета является родительским телом метеорного потока Леониды. В статье исследуется эволюция орбиты кометы 55P за 5000 лет до открытия с помощью различных интеграторов. В частности, изучается идея захвата кометы Ураном из поля долгопериодических комет. Также изучается гипотеза о захвате кометы из пояса Койпера. Ни одна из этих двух гипотез не получила подтверждения.

Ключевые слова: комета, 55P, орбита, эволюция

Комета Темпеля-Туттля является одной из интересных периодических комет. Период ее обращения составляет около 33 лет. Она имеет обратное движение, перигелий орбиты находится очень близко от орбиты Земли, поэтому в некоторых проходах комета наблюдалась очень интенсивно. Комета была открыта в конце 1865 года Эрнстом Темпелем, а в начале 1866 года независимо Туттлем. Некоторые астрономы считают, что она наблюдалась в 1366г. Комета является родоначальницей известного метеорного потока Леониды. В следующих двух возвращениях комета не наблюдалась. Последний раз она наблюдалась в 1997-98гг. Относительно происхождения кометы существует несколько гипотез:

- Леверье считал, что комета была захвачена Ураном в 126 году из поля долгопериодических комет [1]. Эту идею поддерживал русский астроном Ф.Бредихин [2].
- Всехсвятский и Гулиев [3], проделав ряд расчетов, сделали предположение о том, что комета Темпеля-Туттля, как и некоторые другие кометы семейства Урана, выброшена из системы спутников Урана в результате эруптивных процессов. Эта идея была предметом острых дискуссий в 1980-ые годы.
- Большинство специалистов считает, что комета Темпеля-Туттля является членом семейства типа Галлея и, стало быть, не имеет отношения к Урану.

Целью настоящего исследования является следующее:

1. исследование эволюции орбиты кометы в течение 5000 лет с помощью различных интеграторов;
2. проверка идеи о захвате Ураном кометы 55P из поля долгопериодических комет за исследуемый период;
3. проверка идеи о захвате кометы 55P из пояса Койпера за исследуемый период.

МЕТОДИКА И ИСПОЛЬЗОВАННЫЙ АППАРАТ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящей работе по исследованию эволюции кометы 55P был применен пакет программ Mercury [4]. Он является пакетом программного обеспечения общего назначения для решения задач N-тел. Он разработан для расчета орбитальной эволюции объектов, движущихся в гравитационном поле центрального тела. Например, Mercury может быть использован для моделирования движения планет, астероидов или комет, обращающиеся вокруг Солнца, или системы спутников на орбите планеты, или планетных систем на орбите других звезд. Mercury написан на Фортране стандарта 77. В данной работе использовалась версия продукта ver. 6.3. Пакет Mercury в настоящее время включает в себя следующие алгоритмы моделирования N-тел.

1. MVS - Mixed-Variable Symplectic - симплектический алгоритм второго порядка.
Он включает в себя простые, симплектические корректоры.

Интегратор относительно быстрый, но не может определять тесные сближения между объектами.

2. Классический Алгоритм Булирша-Штёра — численный метод решения обыкновенных дифференциальных уравнений, опирающийся на экстраполяцию Рундсона, на экстраполяцию рациональными функциями в приложениях Рундсоновского типа и на модифицированный метод средней точки. Интегратор позволяет находить численные решения обыкновенных дифференциальных уравнений с высокой точностью при достаточно малых вычислительных усилиях.
3. Основной Алгоритм Булирша-Штёра - это относительно медленный, но довольно точный в большинстве ситуаций алгоритм. Его можно использовать, когда остальные методы вызывают недоверие, работают некорректно или с большими погрешностями, или же для проверки другого алгоритма, который применялся для конкретной задачи.
4. Интегратор Гаусса-Эверхарта 15-го порядка RA15 (RADAU). Разработан Э. Эверхартом в 1973 г. специально для численного исследования комет и показал высокую эффективность в задачах кометной астрономии. Этот интегратор примерно в 2-3 раз быстрее, чем основная версия Bulirsch-Stoer. В большинстве случаев надежный, за исключением случаев, когда объекты имеют очень тесные сближения или имеют орбиты с высоким эксцентриситетом (например, сангрейзеры).
5. Hybrid symplectic/Bulirsch-Stoer integrator — очень быстрый метод средней точности. Этот алгоритм также может вычислять тесные сближения.

Mercury включает эффекты ньютоновских гравитационных сил между телами, которые считаются точками масс. Пакет также

позволяет учитывать негравитационные эффекты для комет.

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫЧИСЛЕНИЙ

На Рис.1 приводится изменение параметра a за период исследования. Он показывает, что за это время параметр мало изменялся. В то же время видно, что есть некоторые расхождения между результатами, полученными в рамках отдельных интеграторов.

На Рис.2. изображены изменения долготы перигелия кометы 55P за указанный период. Видно, что за это время он изменился всего лишь на 20° . Это важный момент для гипотезы Всехсвятского и Гулиева. Они считают, что перигелии орбит комет семейства Урана должны иметь концентрацию в направлениях 76° и 256° , где создаются наиболее оптимальные условия для выброса из спутников Урана вещества, наблюдаемого из Земли. Если бы оказалось, что в прошлом кометы имели перигелиев, заметно отклоняющихся от этих направлений, это могло бы служить контраргументом для гипотезы.

На Рис. 3 изображены результаты по изменению дальнего узла кометной орбиты за исследуемый период. В начале отчетного периода узел находился в непосредственной близости от орбиты планеты. Но по мере увеличения времени исследования он удаляется от орбиты Урана и как бы теряет с ней связь.

На Рис.4 приводится графическое изменение перигелийного расстояния кометы 55P за исследуемый период. Заметного изменения здесь также получить не удалось. По Рис.5 можно судить о динамике минимального абсолютного значения разности между истинными аномалиями кометы, полученными в рамках 5 интеграторов. Видно, что примерно за 2500 лет до открытия кометы они более или менее совпадают. Но дальше начинаются расхождения, которые иногда достигают 50° . Это означает, что эти интеграторы не эффективны для изучения эволюции кометных орбит за очень большой срок времени. На Рис.6 изображено изменение максимального расхождения значений истинной аномалии.

Всехсвятский и Гулиев [3] считают, что при исследовании динамической эволюции этой кометы должна быть учтена и возможность проявления физической эволюции. Мы исходили из предположения о том, что комета за один оборот вокруг Солнца теряет абсолютный блеск примерно на $0^m.1$, что может считаться весьма умеренным значением. Исходя из того, что в период 1865-66гг ее абсолютный блеск в шкале Всехсвятского [5] был 9^m , мы на Рис. 7 приводим ориентировочный график изменения параметра H_{10} за 1500 лет до открытия кометы (около 50 оборотов). Правда, этот график не учитывает условия видимости кометы, которые меняются от появления к появлению.

Из этого графика следует, что комета в некоторых прохождениях в прошлом могла бы быть чрезвычайно яркой. Например, в 1688 году до открытия (а это соответствует 178 году нашей эры), согласно расчетам по интеграторам она была на расстоянии 0.05 а.е. от Земли. Из формулы Всехсвятского [5]

$$H_{10} = m - 5\lg\Delta - 10\lg r$$

и данным из Рис.7 вытекает, что визуальный блеск кометы должен был быть около -4^m . Напомним, что здесь H_{10} , m , Δ и r являются абсолютным и визуальным блеском кометы, ее расстоянием от Земли и Солнца, соответственно. Трудно себе представить, что такая комета на небе могла бы быть не замеченной.

ВЫВОДЫ

Применение интеграторов не привели к ясности в вопросе о том, какой характер имела орбита кометы в прошлом. Данные, полученные в рамках 5 интеграторов, более или менее совпадают примерно за 2000 лет. Дальше они расходятся в значительной степени, что вносит неопределенность в вопросе об истоках данной кометы. Не найдены данные, утверждающие предположение о том, что комета захвачена из поля долгопериодических комет или же из пояса Койпера. Между динамической эволюцией кометы и предполагаемым изменением блеска существует несоответствие, что указывает на то, что использование интеграторов за весьма большой срок нецелесообразно.

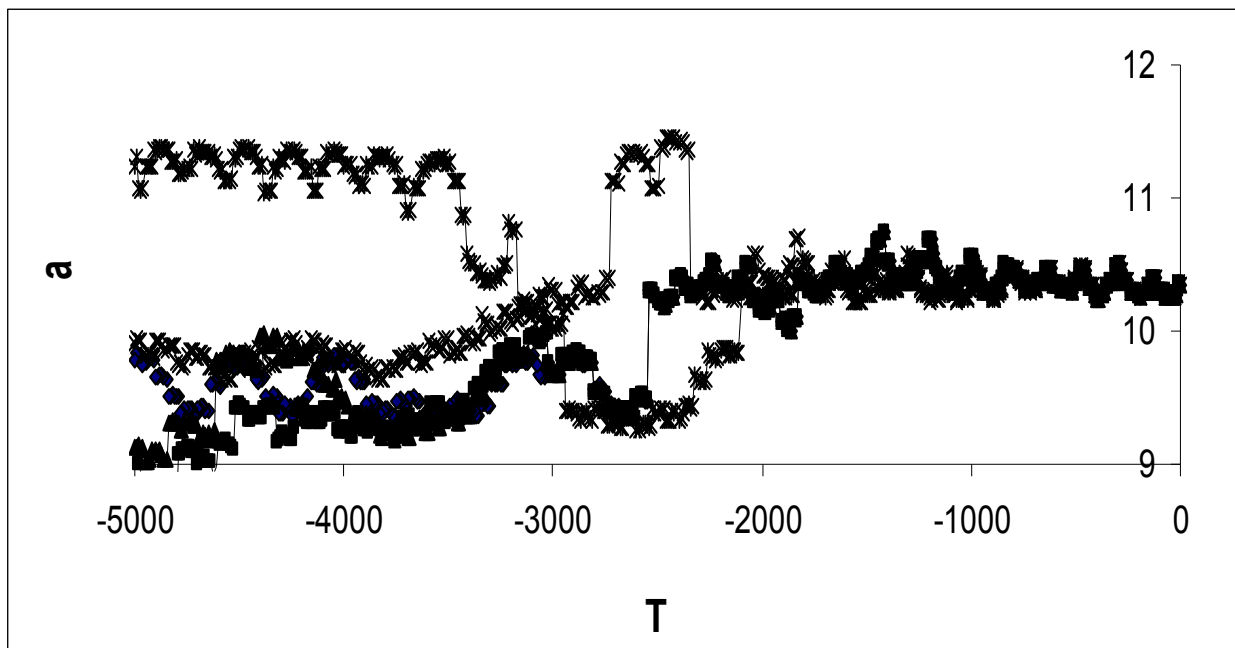


Рис. 1. Изменение параметра a кометы 55P за 5000 лет до ее открытия.

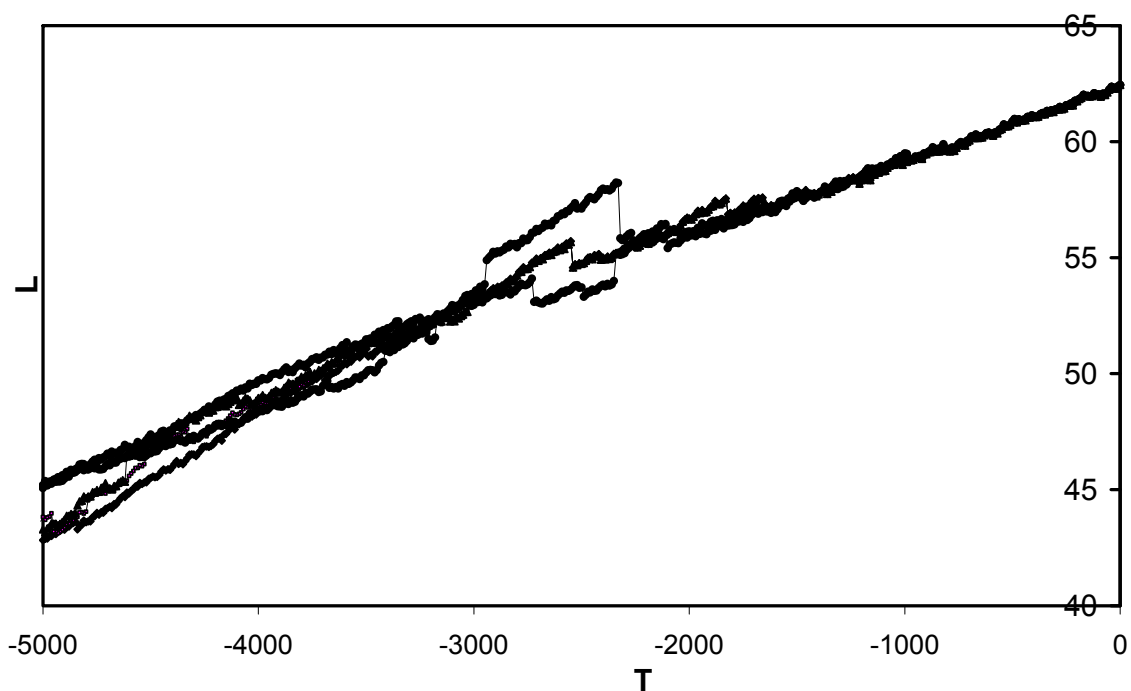


Рис. 2. Изменение параметра L кометы 55P за 5000 лет до ее открытия.

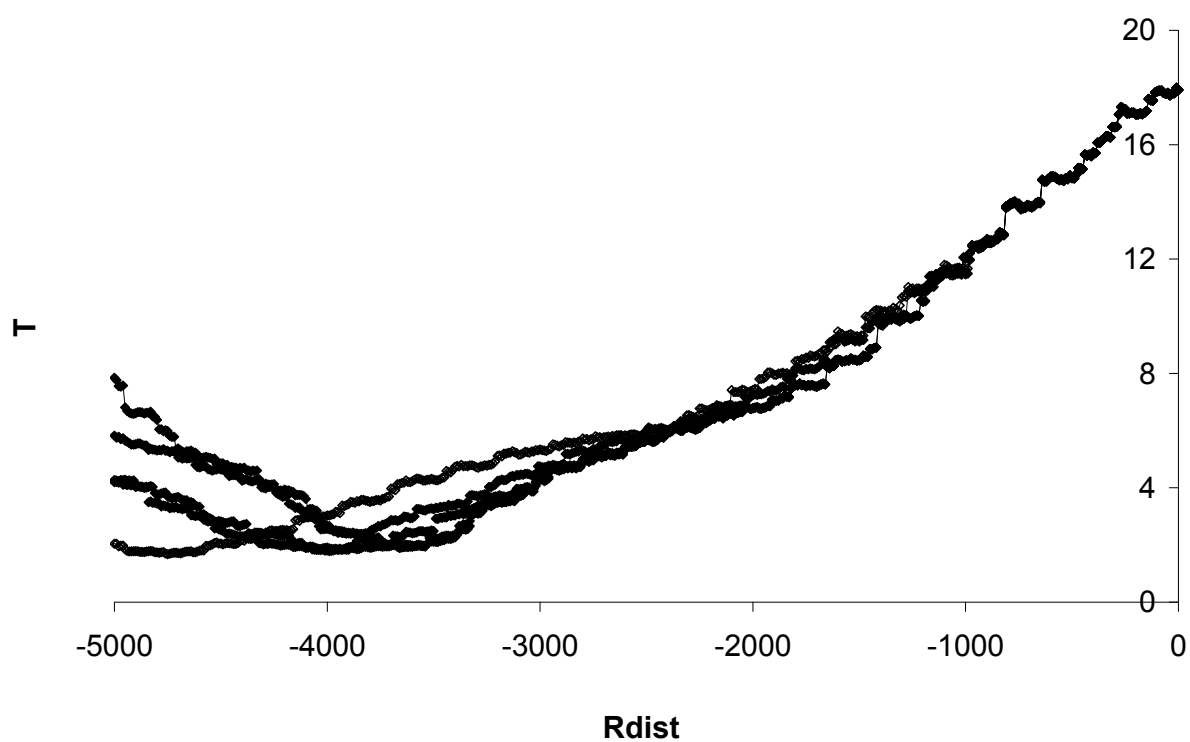


Рис. 3. Изменение удаленного узла кометы 55P за 5000 лет до ее открытия.

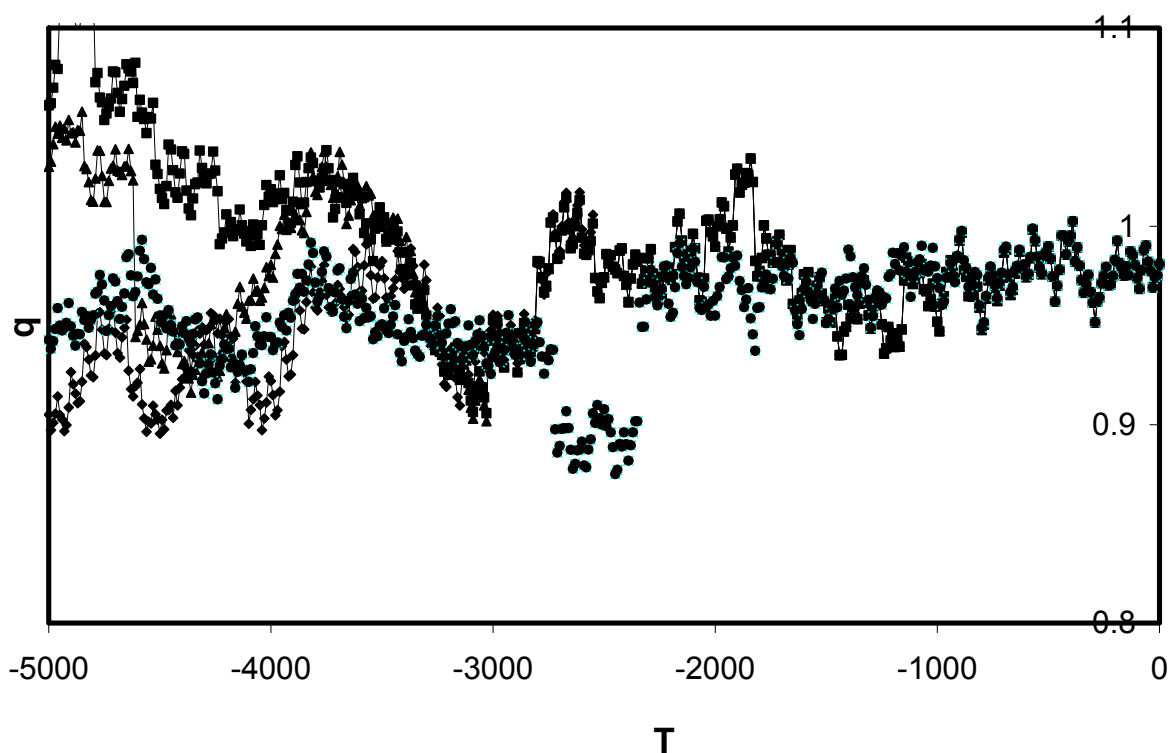


Рис.4. Изменение перигелийного расстояние кометы 55P за 5000 лет до ее открытия.

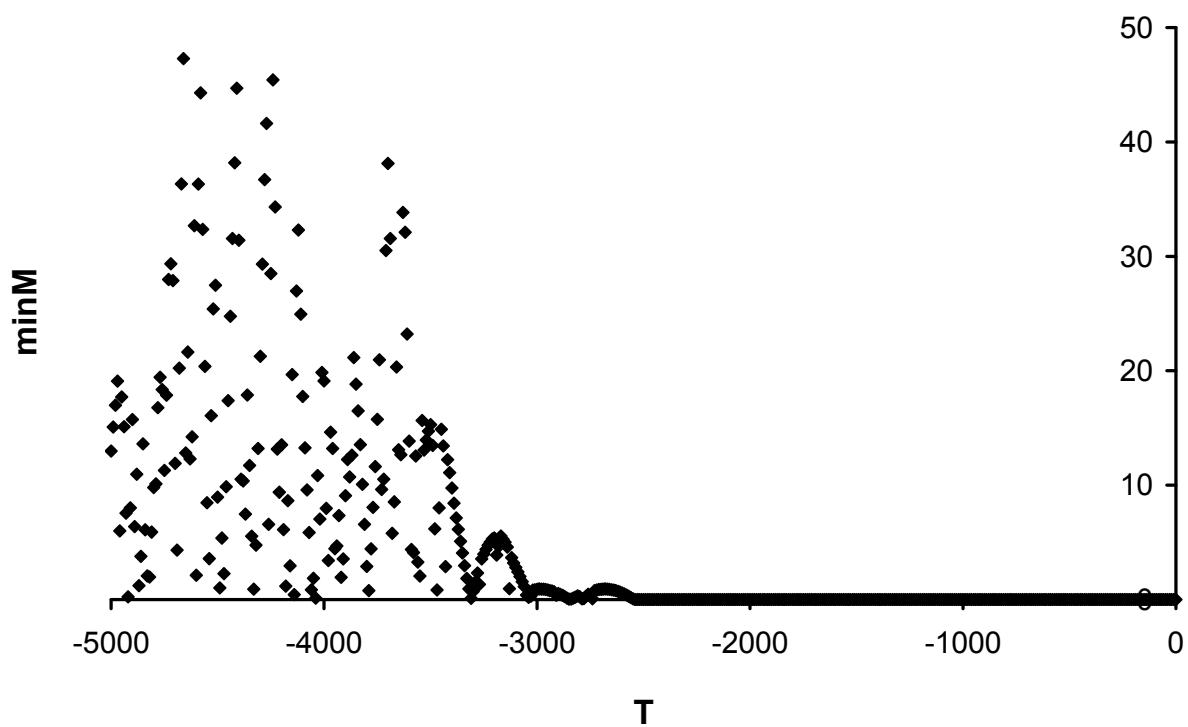


Рис. 5. Изменение величины $\min M$ в рамках различных интеграторов.

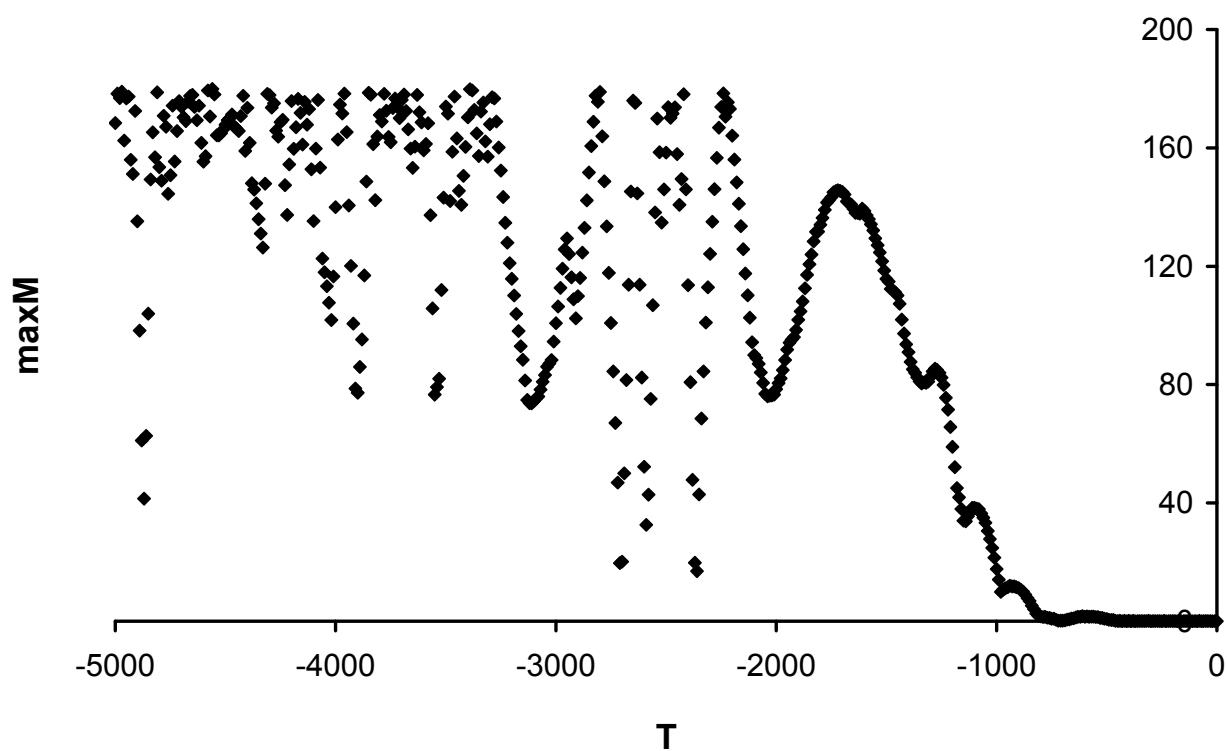


Рис. 6. Изменение величины $\max M$ в рамках различных интеграторов.

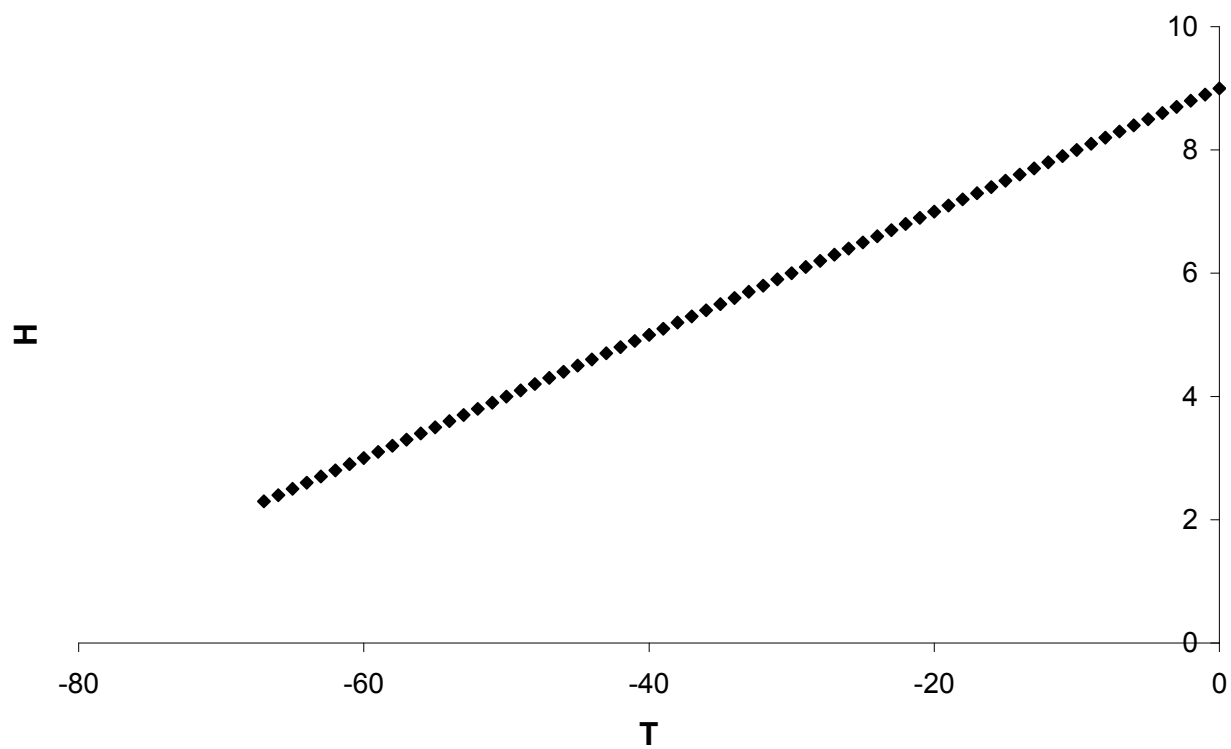


Рис. 7. Примерное изменение абсолютного блеска кометы 55P за 68 оборотов до открытия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Покровский К.Д. Происхождение периодических комет. Юрьев, 1901, 307с.
2. Федор Александрович Бредихин. Сборник посвященный памяти Ф.А.Бредихина. Москва. ООО Издательство «ПЛАНЕТА».2013. М. 191с.
3. Всехсвятский С. К., Гулиев А. С., Система комет Урана – пример эруптивной эволюции спутников планет. **Астрон. Журн.** 1981. т.59. с. 630–635.
4. <http://www.arm.ac.uk/~jec/home.html>
5. Всехсвятский С. К. **Физические характеристики комет.** М. 1958, 575с.

ON THE ORBITAL EVOLUTION OF THE COMET TEMPEL-TUTTL (55P)

R.A. Guliyev

55P is a periodic comet with an orbital period of 33 years. It fits the classical definition of a Halley-type comet. The comet is the parent body of the Leonid meteor shower. Orbital simulation of the comet's 55P/Tempel-Tuttle orbit for 5000 years before its discovery by a variety of integrators is provided in this work. In particular the idea of capturing the comet 55P by Uranus from the field of long-period comets during the integration period is checked. The hypothesis about its capture from the Kuiper belt for the study period is checked also. Both ideas have not been confirmed.

Key words: comet, 55P, orbit, evolution

TEMPEL-TUTTL (55P) KOMETININ ORBIT TƏKAMÜLÜ BARƏDƏ

R.Ə. Quliyev

55P 33 illik orbital dövrə malik kometdir. Klassik Halley tipli kometlərdən sayılır. Komet Leonid meteor selinin ana cismidir. Məqalədə 55P/Tempel-Tuttl kometinin tapılmasından 5000 il əvvəlki dövr ərzində onun orbitinin təkamülü müxtəlif integratorların köməyi ilə öyrənilir. Ayrıca olaraq 55P kometinin Uran planetinin köməyi ilə uzunperiodlu kometlərdən zəbt olunması öyrənilir. Eyni zamanda kometin Koyper qurşağından zəbt olunması hipotezinə də baxılmışdır. Heç bir hipotez öz təsdiqini tapmamışdır.

Açar sözlər: komet, 55P, orbit, təkamül

UBV PHOTOMETRY OF P CYGNI AT THE ABASTUMANI OBSERVATORY

© 2014, N. Kochiashvili¹, S. Beradze¹, I. Kochiashvili^{1,2}, E. Janiashvili¹,
R. Natsvlishvili¹, T. Urushadze¹, M. Vardosanidze¹

¹*E. Kharadze Abastumani Astrophysical Observatory, Ilia State University*

²*Dark Cosmology Centre, Niels Bohr Institute, University of Copenhagen*
(e-mail: nino.kochiashvili@iliauni.edu.ge)

We present B photometric data of 1935-1937 years period and recalculated UBV photometric observational data of the Luminous Blue Variable (LBV) star, hypergiant P Cygni, which were gathered during more than 30 years at the Abastumani Astrophysical Observatory. Until recent decades, it was considered that all LBVs are single, massive, high luminosity stars. Now for several of this type of stars the companion is found. The opinion exists that P Cygni also has a companion with orbital period of about seven years. According to this hypothesis a well-known powerful eruption could happen near periastron point. Around P Cygni there exists the nebula arising after the giant eruption. Because the real reason of characteristic light variability of P Cygni not established yet, therefore, it is of great significance in any of the observational data, which may be very important for specification of parameters during a model calculations. So, we think above mentioned photoelectric observations would be also interesting.

Key words: UBV photometry, Luminous Blue Variable Stars, P Cygni

INTRODUCTION

The investigation of all types of massive stars, especially of those that are on the short-term transitional stage of evolution, has been very actively carried out during the last decades. On the basis of observations of massive stars we can trace the evolution of galaxies throughout the whole history of the universe [1]. Particular interest in studies of massive stars is seen after explosion of so called type II supernova SN 1987A. This event proved that, indeed, the core collapse of a massive star causes a supernova event, but it was found that for this supernova the "ancestor" star was the blue supergiant and not red one, as was considered before. That was not the only red supergiants are exploding as supernovae, but sometimes blue ones as well. Therefore, after this event the theory of evolution of massive stars was again revised. The objects that are on the short-lived transitional phase of evolution and are related either to supernovae impostors and also to real supernovae, are of the special interest. These are the massive supergiant and hypergiant stars and the so-called Luminous Blue Variables (or LBVs).

Luminous Blue Variables are descendants of massive O stars, which are nearly to the end of the core hydrogen burning. They undergo episodic mass-loss and probably represent a

transition between the most massive O star and the red supergiant and/or W-R stage [2]. Extremely high luminosities of these stars place them near or above the Eddington limit. They are characterized by large variability of amplitudes and violent mass ejections. They have unusually high mass loss rates ranging from 10^{-6} - 10^{-3} $M_{\odot}/\text{yr}$.

P Cygni (34 Cyg.) is one of the most luminous stars of the Galaxy. It has been classified as a LBV after two major outbursts in 1600 and 1660. Analysis of historical observations of P Cygni has shown that between 1700 and 1988 its overall brightness slowly increased by 0.15 ± 0.02 mag/century [3].

P Cygni is an early B(B1Ia) spectral type hypergiant star. The first spectra of P Cygni, obtained as early as 1897, already shown the famous P Cygni-type spectral lines - an undisplaced emission accompanied by a shortward displaced absorption core [4]. Initially this was interpreted as a blend of two different lines. McCrea [5] and Beals [6] were the first to interpret P Cygni-type profiles in novae, Wolf-Rayet stars and P Cygni itself as due to a radially expanding stellar envelope.

Early serious, detailed analysis of P Cygni spectrum has been carried out by Beals [7], Hutchings [8] and de Groot [9]. More recently,

Stahl et al. [10] and Markova [11] have published spectral atlases with identifications of many weak lines in the visual spectral region.

The Copernicus satellite obtained the first spectra of P Cygni in the non-visible ultraviolet region [12]. IUE satellite has received a large number of high-and low-resolution ultraviolet spectra and the analysis has been done by various authors [13-18].

Near-IR and IR observations have been reported by Barlow and Cohen [19], Abbott et al. [20], Waters and Wesselius [21]. Barlow and Cohen used infrared and radio observations in order to estimate the mass-loss rate.

A study of the brightness variations of P Cygni between 1985 and 1992/2000 reveals different time-scales, as follows: A long period of the order of 1540 d or 4.2 years is identified as the so-called Short S Doradus Phase [22]. A shorter quasi-period of approximately 100 days can be identified quite frequently and is similar to the so called 100-day micro-variations also found in other, similar objects. There is firm evidence for the presence of a stable period of 17.34 ± 0.1 days with amplitude of no more than 0.1 mag. These variations are identified with the so-called α Cygni-type micro-variations [23]. Their colour behavior is variable: sometimes the star reddens

when it brightens; sometimes the star becomes bluer on such occasions.

OBSERVATIONS OF P CYGNI IN ABASTUMANI

Photometric observations of P Cygni in the Abastumani Observatory were held from 1935 using 33 cm reflector. The telescope was equipped with electro-photometer with maximum of spectral sensitivity at 4350 Angstrom of wavelength. The photometric system was similar with Johnson's B band (color).

The amplitude of light variability attained 0.16 magnitudes. Observations of September 7-November 11, 1936, revealed variation of brightness of 0.10 mag. and observations during September 8-October 8, 1937 show light fluctuations of 0.08 mag [24]. We have clear evidence that the stellar brightness rose by about 0^m.3 (0^m.298) during approximately one year and then it has almost the same level of 0^m.08 fluctuations during two observational runs. Two sharp minima of stellar brightness are clearly seen on the bases of those observations made by Nikonov [24]: $HJD_{\min}=2428074.83$ and $HJD_{\min}=2428449.34$. Also two maxima moments were fixed: $HJD_{\max}=2428444.31$ and $HJD_{\max}=2428480.26$. The corresponding time intervals are 374.51 and 35.95 days (Fig. 1).

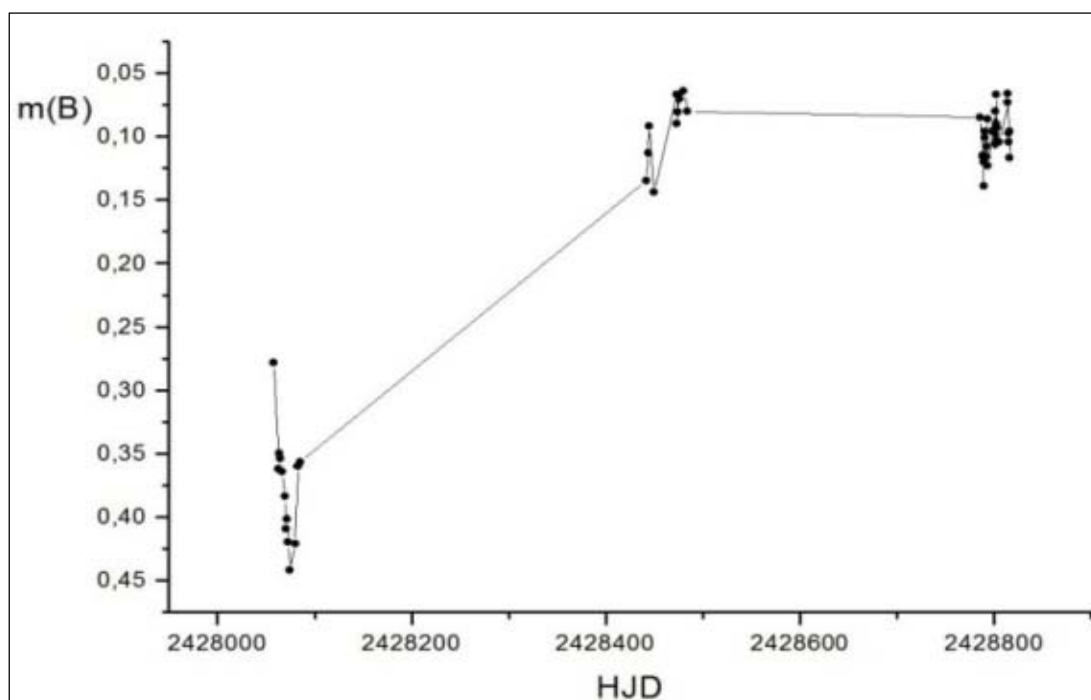


Fig. 1. Nikonov's observations of P Cygni during 1935-1937 period.

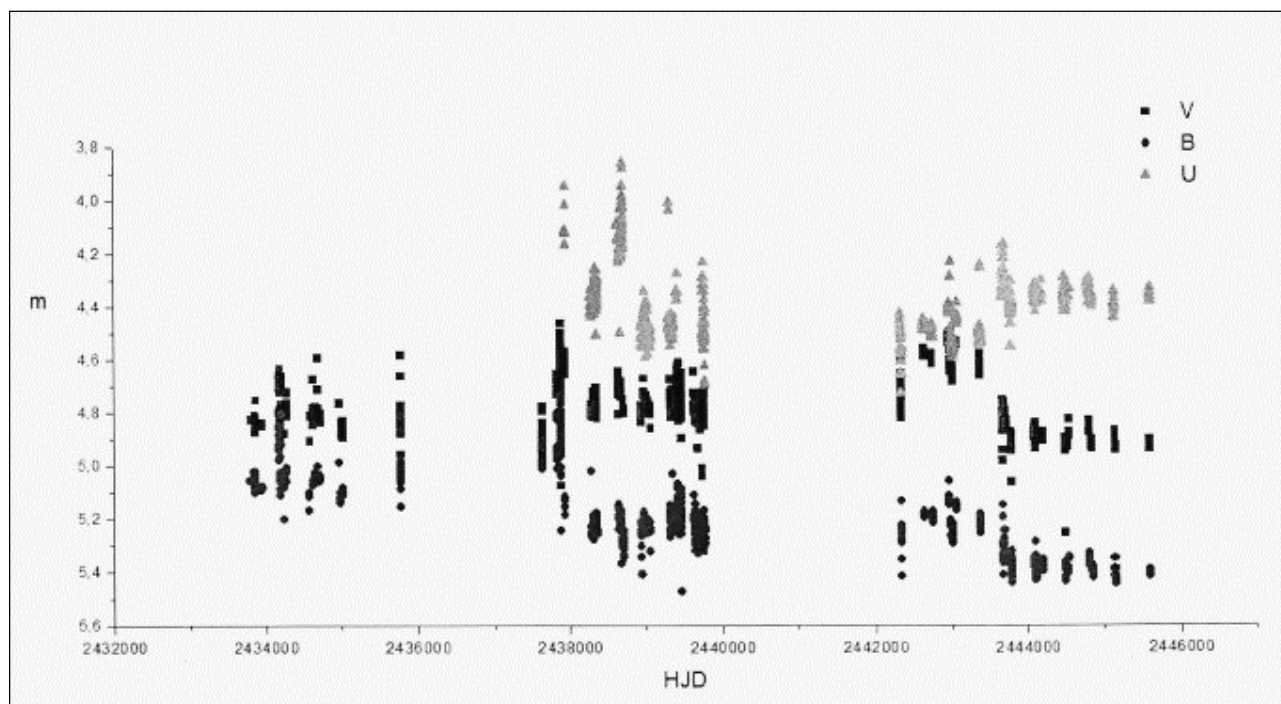


Fig. 2. UB observations of P Cygni made by E. Kharadze and N. Magalashvili during 1951-1983.

From 1951 Nino Magalashvili and Eugene Kharadze were regularly observing P Cyg using 33 cm reflector with electro-photometer. B and V filters were used during 1951-1960 and then, after 1961, U, B and V filters instead. On the basis of these observations, Kharadze and Magalashvili made conclusion that the behavior of the star was similar to W UMa variability, with the period of 0.500565 d and 0.10-0.08 mag. [25]. The article gained great attention from the investigators of variable stars, but W UMa variability was not confirmed.

Kharadze and Magalashvili continued observing the star until 1983. After 1968 they used the same filters and the same photometer with the 48 cm Cassegrain telescope of the Abastumani Observatory. These observations are not published yet. So we recalculated their data using 36 Cyg as comparison star (where it was possible) and are giving these UB data on Fig.2.

At the first glance, we can see that during 1974-1983 years the star was reddened while brightened in B and V bands (the last third part of the Fig. 2). The middle part of the figure represents time interval of 1961-1967 and the colour behavior of the star is different: during brightening in V band the star is fainter in B and U.

CONCLUSIONS:

Unpublished observations of P Cygni obtained by Kharadze and Magalashvili at the Abastumani Observatory are very significant due to the following reasons: 1. they represent homogenous data of more than 30 years and probably it would be possible to reveal periodicity(ies) in brightness variations; 2. there are UB observations and we can trace colour behavior of the star; 3. the observations by Kharadze and Magalashvili are unique because they are the only existing data of P Cygni observed with filters between 1951 and 1983.

REFERENCES:

1. Haiman, Zoltán; Loeb, Abraham, Signatures of Stellar Reionization of the Universe. **Astrophys.J.**, v.483, pp. 21-37.
2. Massey, Philip. The Discovery of a P Cygni Analog in M31. **Astrophys.J.**, 2006, v.238, p. L93-L96.
3. Israelian, G. and de Groot M. P Cygni: An Extraordinary Luminous Blue Variable. **Space Sci. Rev.**, 1999, v. 90, p. 493-522.
4. Maury, Antonia C., Pickering, Edward C. Spectra of bright stars photographed with the 11-inch Draper Telescope as part of the Henry Draper Memorial. **Annals of Harvard College Observatory**. 1897, v.28, p.1-128.
5. McCrea, W.H. Multiplet intensities in the "flash" spectrum. **The Observatory**, 1929, v.52, p. 267-274.

6. Beals, C.S. The Wolf-Rayet Stars (With Plate IX). **Journal of the Royal Astronomical Society of Canada**. 1930, v.24, p. 277-281.
7. Beals, C.S. The Atmospheres of the Early Type Stars (with Plates XVII to IX), **Journal of the Royal Astronomical Society of Canada**. 1950, v.44, p.221-240.
8. Hutchings, J.B. Expanding atmospheres in OB supergiants-III. P. Cygni. **MNRAS**, 1969, v.144, p. 235-243.
9. de Groot. Spectral variations of P Cygni. **Communications of the Konkoly Observatory**. 1969, v.65 p. 203-214.
10. Stahl, Otmar. Luminous Blue Variables of the Magellanic Clouds. In: **New Aspects of Magellanic Cloud research; European meeting on the Magellanic Cloud**, 2nd, SFB No. 328 'Evolution of Galaxies', Heidelberg, Germany, June 15-17, 1992. 1993. A95-88790, p. 263-270.
11. Markova, N. VizieR On-line Data Catalog: J/A+AS/108/561. Originally published in: 1994, **A&AS**. V.108. 561M.
12. Hutchings, J. B. Copernicus ultraviolet spectra of OB supergiants with strong stellar winds. **Astrophys. J.**, 1976, v.204, p. L99-L102.
13. Cassatella, A; Beechmans, F; Macchetto, F; Benvenuti, P; Clayel, J; Heck, A; Selvelli, P; Stickland, D; Lamers H. J. G. I. M. On the high resolution ultraviolet spectrum of P Cygni. **Astron. Astrophys.**, 1999, v.79, p. 223-229.
14. Hutchings, J.B. Ultraviolet spectroscopy of the extreme B supergiants P Cygni and Zeta-1 Scorpii. **Astrophys. J.**, v. 233, 1979, p. 913-918.
15. Underhill, Anne B. Luminous Early-Type Stars. **IUE Proposal ID#SGEAU**. 1982.
16. Luud, I.; Sagar, A. The Ultraviolet Spectrum of P Cygni. Tartu Astrofüüs. Obs. Teated, Nr. 60, 22 p. **Tartu Astrofiz. Obs. Prepr.**, 1980, A-1.
17. Lamers H. J. G. I. M; de Groot; Cassatella, A. The distance, temperature and luminosity of the hypergiant P Cygni (B1 Ia+). **Astron. Astrophys.**, 1983, v.128. p. 299-310.
18. Israelian, G. On the nature of the photometric variability of the luminous blue variable P Cygni. **Aust. J. Astron.**, 1996, v. 6, p. 183 - 188.
19. Barlow, M.J; Cohen, M. Infrared photometry and mass loss rates for OBA supergiants and Of stars. **Astrophys. J.**, 1977, v.213, p.737-755.
20. Abbot, R. I.; Tse, S. F.; Cefola, P. Satellite orbit theory for a small computer. IN: **Astrodynamic 1983; Proceedings of the Conference**, Lake Placid, NY, August 22-25, 1983. Part 1 (A84-30526 13-13). **San Diego, CA, Univelt, Inc.**, 1984, p. 543-572.
21. Waters, L.B.F.M; Wesselius, P.R; The density structure of the wind of P Cygni (B1 Ia+). **Astron. Astrophys.** 1986, v.155. p. 104-112.
22. van Genderen A.M., S Doradus variables in the Galaxy and the Magellanic Clouds, **A&A**, 2001, v. 366, p. 508.
23. van Genderen A.M., Sterken C., de Groot M.J.H., New perceptions on the S Doradus phenomenon and the micro variations of five Luminous Blue Variables (LBVs), **Astron. Astrophys. Suppl.**, 1997, v. 124, p. 517-531.
24. Nikonov V.B. Photoelectric Observation of P Cygni. 1937, **Bull. AbAO**, v. 1, p. 35-38.
25. Magalashvili N; Kharadze E: Periodicity of the Light Variation of P Cygni. **IBVS**, 1967, v. 210, p.1.

P CYGNY ULDUZUNUN ABASTUMAN RƏSƏDXANASINDA UBV FOTOMETRİYASI

N. Kochiashvili¹, S. Beradze¹, I. Kochiashvili^{1,2}, E. Janiashvili¹,
R. Natsvlishvili¹, T. Urushadze¹, M. Vardosanidze¹

Abastuman Astrofizika Rəsədxanasında 1935-1937-ci illərdə yüksək işıqlıqlı mavi dəyişən ulduzlar qrupuna daxil olan P Cyg hipernəhənginin fotometrik müşahidələrinin nəticələri şərh edilmişdir. Sonuncu onilliklərə qədər yüksək işıqlıqlı mavi dəyişən ulduzların massiv tək ulduzlar olduğu güman edilirdi. Lakin son illər bu sinfə daxil olan bir neçə ulduzun qoşa ulduz olduğu aşkar edilmişdir. Artıq P Cyg ulduzunun da dövrü təxminən 7 il olan qoşa ulduz ola bilməsi haqqında tədqiqatlar vardır. Bu ulduzdan məlum olan maddə tullanması isə komponentin periastrdan keçməsi zamanı baş verə bilər. Çox güman ki, P Cyg ulduzunun ətrafında olan dumanlıq da bu atılma nəticəsində əmələ gəlmişdir. Lakin bu ulduzla əlaqədar olan bir çox problemlər hələ öz həllini tapmamışdır. Məsələn bu ulduzun fotometrik dəyişkənliyinin dəqiq səbəbi məlum deyildir. Ona görə də P Cyg ulduzunun yeni fotometrik müşahidələrinə ehtiyac vardır. Məqalədə qeyd olunan müşahidə materialı bu ulduzun fiziki modelinin qurulmasında istifadə oluna bilər.

Açar sözlər: UBV fotometriya, Yüksək İşıqlıqlı Mavi Dəyiçənlər, P Cygni

UBV ФОТОМЕТРИЯ ЗВЕЗДЫ R CYGNI В АБАСТУМАНСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

Н. Кочиапвили¹, С. Берадзе¹, И. Кочиапвили^{1,2}, Е. Джанапвили¹,
Р. Натсвлишвили¹, Т. Урушадзе¹, М. Вардосанидзе¹

Приводятся результаты фотометрических наблюдений гипергиганта R Cyg, который относится к голубым переменным звездам высокой светимости. Наблюдения были проведены в Абастуманской Астрофизической Обсерватории в 1935-1937 гг. До последних десятилетий считалось, что голубые переменные звезды высокой светимости являются одиночными звездами. Однако в последние годы была выявлена двойственность некоторых звезд из этой группы. Согласно некоторым исследованиям звезда R Cyg также может являться двойной звездой с приблизительно 7 летним периодом. Выброс вещества из этой звезды может произойти при прохождении компоненты через периастр. Туманность, которая присутствует вокруг звезды R Cyg также может образоваться в результате этого выброса. Несмотря на то, что звезда R Cyg в течение долгих лет исследуется многочисленными астрономами, остаются многие нерешенные проблемы. Например, причина фотометрической переменности этой звезды не до конца ясна. Поэтому повторные фотометрические наблюдения звезды R Cyg являются весьма актуальными. Наблюдательный материал данной работы может успешно быть использован при построении физической модели звезды R Cyg.

Ключевые слова: UBV фотометрия, голубые переменные высокой светимости, звезда R Cygni

2x2 - ПРИЗМЕННЫЙ СПЕКТРОГРАФ С ПЗС-МАТРИЦЕЙ ФОКУСА КАССЕГРЕНА 2-х МЕТРОВОГО ТЕЛЕСКОПА ШАМАХИНСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

© 2014 г. Х.М. Микайлов, Б.Н. Рустамов, И.А. Алекберов

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

2x2 - призмный спектрограф фокуса Кассегрена 2-х м телескопа Шамахинской Астрофизической Обсерватории был модернизирован для выполнения спектральных наблюдений при помощи приемника ПЗС-матрицы. Это позволяет, при оптимальных для ПЗС-матриц экспозициях, получать спектры слабых звезд и галактик в области длин волн $\lambda\lambda 4100\div 7000\text{Å}$ и $\lambda\lambda 4500\div 10000\text{Å}$ с обратной дисперсией 94 Å/mm у H γ , 150 Å/mm у H β и 420 Å/mm у H α . Разрешения в областях линий H γ , H β и H α имеют значения соответственно 1.7 Å и 3.4 Å , 2.7 и 5.3 , 7.6 Å и 15.1 Å , в зависимости от того, применяется фактор бинирования 1 или 2.

Ключевые слова: телескоп, спектрограф, ПЗС-матрица, спектр.

ВВЕДЕНИЕ

2x2-призмный спектрограф фокуса Кассегрена был включен в наблюдательный комплект 2-х м телескопа ШАО НАН

Азербайджана [1] и использовался для получения низкодисперсионных спектров слабых, нестационарных звезд [см. напр.2-7].

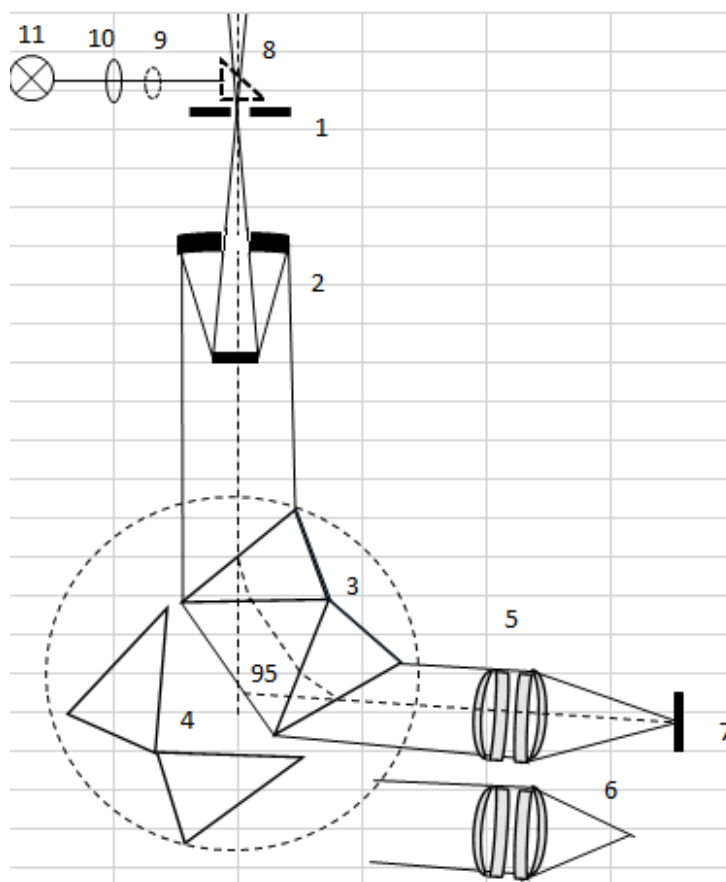


Рис. 1. Оптическая схема 2x2- призмного спектрографа. 1- щель спектрографа, 2- коллиматор, 3- двухпризменная диспергирующая система F2, 4- двухпризменная диспергирующая система UBK-7, 5- камера с фокусным расстоянием $f=137.5\text{ мм}$, 6- камера с фокусным расстоянием $f=82.5\text{ мм}$, 7- CCD, 8- пара призм для спектра сравнения, 9- фильтры, 10- конденсор, 11- лампа спектра сравнения.

На Рис.1 показана оптическая схема данного спектрографа. Спектрограф снабжен двумя призмными системами и двумя камерами, а также имеет обратный зеркальный коллиматор с диаметром зеркала 45 мм и фокусным расстоянием 660 мм. Светосила коллиматора 1/14.5. Две двухпризмные системы спектрографа являются диспергирующими. Первая из них – F2, с длиной волны λ_{4340} Å в минимуме отклонения, вторая – UVK-7, с длиной волны λ_{3970} Å в минимуме отклонения. Углы отклонения для обеих систем одинаковы и равны 95° . Механика спектрографа позволяет быстро переходить из одной системы в другую. Камера спектрографа имеет два четырехлинзовых объектива диаметром 55 мм из ультрафиолетового стекла. Фокусные расстояния их 82.5 мм и 137.5 мм; относительные отверстия 1:1.5 и 1:2.5, для первой и второй камеры, соответственно. Камера снабжена кассетным устройством для фотопластинок форматом 41x54 мм. На одну фотопластинку можно было снимать по несколько спектров. При использовании камеры с фокусным расстоянием $f=137.5$ мм в сочетании с системой F2, при угле наклона $4^\circ.49$, обеспечивалась спектральная область $\lambda\lambda$ 3600÷5000 Å, с обратной дисперсией 94 Å/мм при Ну [1,8].

2x2 -ПРИЗМЕННЫЙ СПЕКТРОГРАФ С ПЗС -МАТРИЦЕЙ

После окончания эры фотопластинок в астроспектроскопии и перехода к использованию фотоэлектрических приемников излучения – ПЗС-матриц, в Шамахинской Астрофизической Обсерватории возникла необходимость или создать новые, современные светоприемники для спектральных наблюдений, или приспособить уже существующие в штатной наблюдательной базе 2-х м телескопа приборы к применению высокочувствительных ПЗС- матриц. В ШАО НАН был выбран второй путь. Начиная с 1998 г. под руководством одного из авторов - Х.М. Микаилова проводится модернизация классических приемников излучения. Используя оптические узлы и детали

классического штатного спектрографа фокуса куде 2-м телескопа Шамахинской Обсерватории, был сконструирован эшелле - спектрометр, оснащенный криогенно охлаждаемой ПЗС-матрицей [9, 10]. Был разработан и внедрен, для наблюдения в фокусе Кассегрена 2-м телескопа Шамахинской Обсерватории, эшелле-спектрометр на базе универсального спектрографа UAGS [11-13].

2x2-призмный спектрограф «Канберра» в классическом варианте долгие годы являлся одним из плодотворно эксплуатируемых спектрографов в Кассегреновском фокусе 2-х м телескопа Шамахинской Обсерватории. Данная работа посвящена возобновлению функционирования данного спектрографа с применением в качестве приемника излучения ПЗС- матрицы. Оптические узлы и детали, а также оптический канал для получения спектра сравнения, были сохранены. Кассетное устройство заменено специальным блоком для крепления ПЗС-матрицы к спектрографу. Фокусировка и ориентация ПЗС-матрицы по отношению к оптической оси спектрографа, осуществляется с помощью специальных винтов. Общий вид спектрографа с ПЗС- матрицей приведен на Рис.2.

НАБЛЮДЕНИЯ

Спектральные наблюдения были проведены с помощью 2x2-призмного спектрографа фокуса Кассегрена 2-м телескопа ШАО в области длин волн: $\lambda\lambda$ 4100÷6900 Å. В качестве светоприемника была использована термоэлектрически охлаждаемая ПЗС-матрица Apogee Alta F2. Чип матрицы - KAF-1603, с размерами активной области 1536x1024 пикселя (размер пикселя 9 мкм). Кривая чувствительности ПЗС-матрицы показана на Рис.3.

Матрица подключена к компьютеру, с установленным программным обеспечением MaxIm DL CCD фирмы «Diffraction Limited», созданного для управления ПЗС-матрицей [14]. Весь процесс наблюдения управляется с помощью пакета прикладных программ MaxIm DL V4 предназначенных для управления ПЗС-матрицей фирмы Apogee Instruments. С целью устранения различных

искажений, вносимых оптической системой и приемником излучения, наряду со спектрами исследуемого объекта и спектра сравнения, с помощью этой же программы снимаются калибровочные изображения: байеса (bias), темноты (dark) и плоского поля (flat field). Все

изображения получаются в формате .fit (flexible image transport). Как в классическом варианте спектрографа, спектр исследуемого объекта и спектр сравнения снимаются на одном и том же кадре (Рис.4).

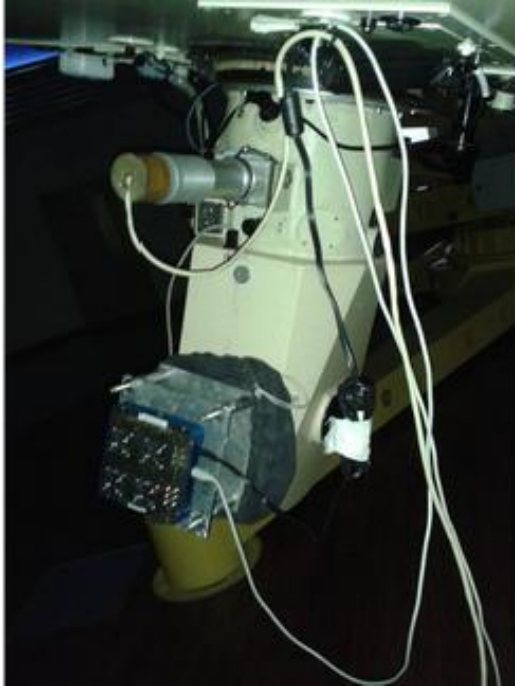


Рис. 2. Общий вид 2х2-призменного спектрографа с ПЗС-матрицей.

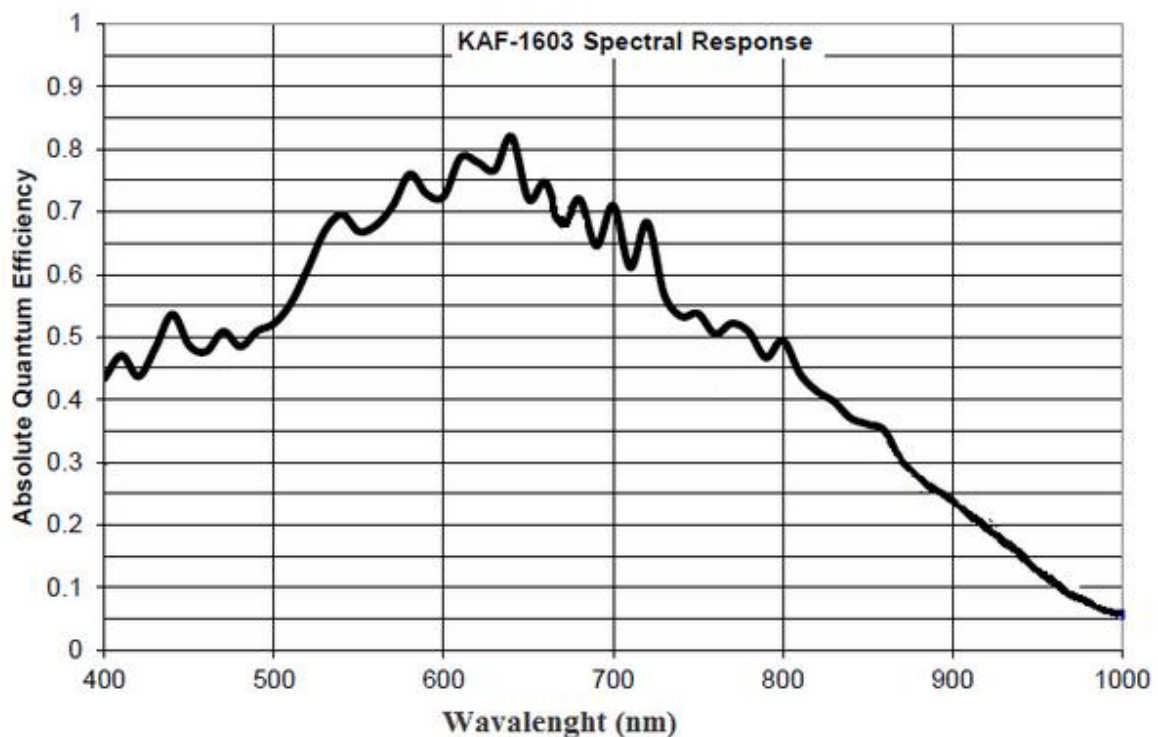


Рис. 3. Кривая чувствительности ПЗС-матрицы Arroye Alta F2.

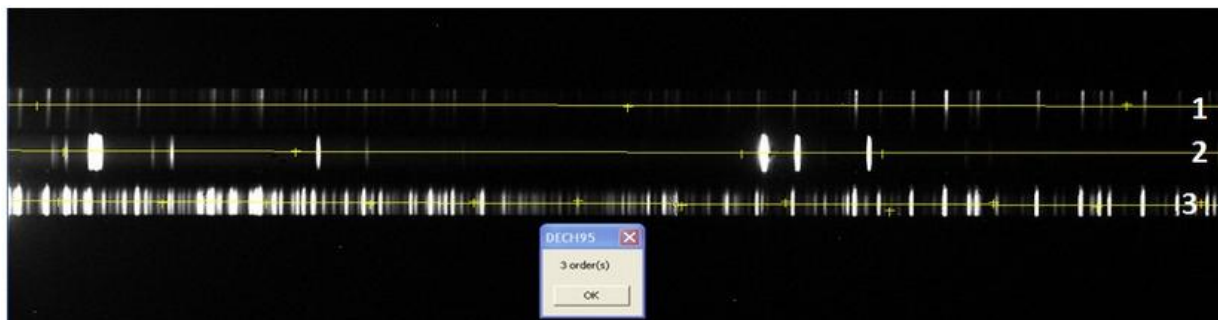


Рис. 4. Спектр, полученный на 2x2-призменном спектрографе с помощью ПЗС-матрицы. 1 и 3 - спектры сравнения (спектр лампы Th+Ar); 2 - планетарная туманность NGC 6572.

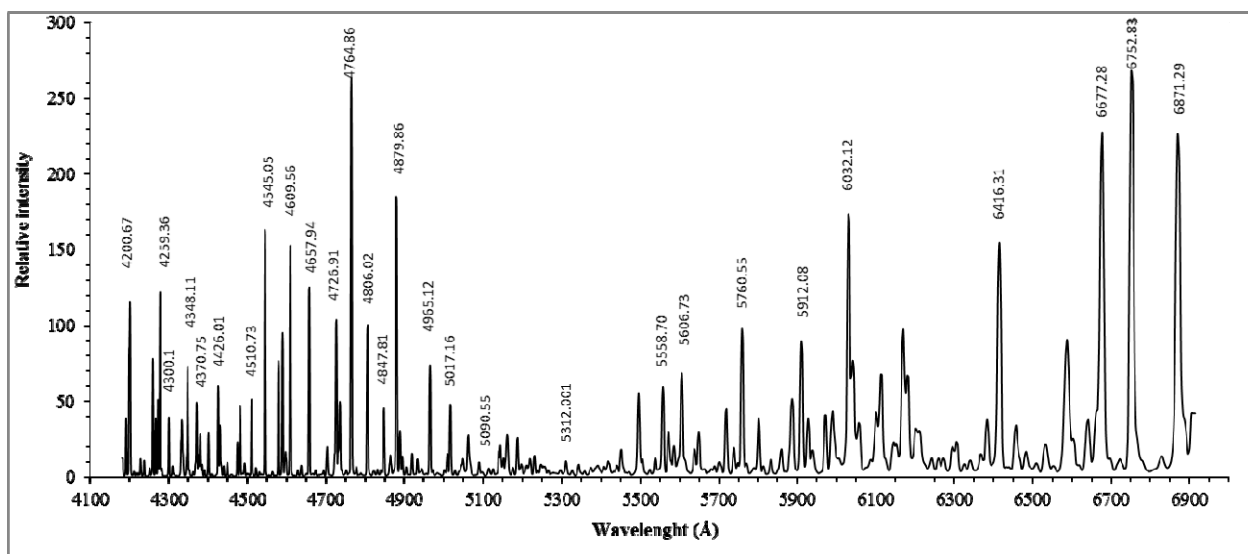


Рис. 5. Спектр лампы Th+Ar, в области длин волн 4100÷6900 Å, полученный на 2x2-призменном спектрографе с помощью ПЗС-матрицы. Дисперсия 94 Å/мм у НУ. На рисунке указаны длины волн линий, используемых при построении дисперсионной кривой.

ОБРАБОТКА СПЕКТРАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

Обработка спектров осуществляется с помощью пакета программ DECH20, разработанного в CAO АН РФ [15]. С этой целью в первую очередь изображения, полученные в формате *.fit, нужно преобразовать в формат, доступный для чтения программой DECH 95 (tools/image transform/ "swap bytes"). Для экстракции спектра (переход на формат .100 или .200) полученный кадр принимается как эшелле-спектр с тремя порядками (Рис.4). Последующие шаги обработки совершенно идентичны с обработкой эшелле-спектров, которые подробно описаны в наших предыдущих работах [16-19].

ДИСПЕРСИОННАЯ КРИВАЯ

Для редукции спектров в качестве спектра сравнения использован спектр лампы Th+Ar. Из-за того, что пиксельные строчки ПЗС-матрицы неточно параллельны спектру, который был получен в фокальной плоскости спектрографа, появляется инструментальное смещение длин волн. С целью устранения инструментального смещения длин волн при построении дисперсионной кривой по спектру исследуемого объекта, используются половины значения, shift-a, измеренные по первому и третьему порядку спектра сравнения. На Рис.5 показан спектр лампы Th+Ar, полученный на 2x2-призменном спектрографе с помощью ПЗС матрицы.

На Рис. 6 приведено окно программы DESH20 при построении кривой дисперсии. Дисперсионная кривая построена по формуле:

$$\lambda_n = \lambda_0 + (\lambda_m - \lambda_0) / (X_m - X_0) * (X_n - X_0),$$

где λ_0 и λ_m - длины волн линий, расположенных на концах исследуемого участка спектра, X_0 и X_m - координаты этих линий, соответственно; λ_n - длина волны искомой линии, с координатой X_n в пикселях.

На Рис. 7 приведена кривая зависимости линейной дисперсии от длины волны линии, построенная по спектру лампы Th+Ar.

Вычисление длин волн в спектре проводят и по интерполяционной формуле Гартмана

$\lambda = \lambda_0 + c / (n_0 - n)$, где λ - вычисляемая длина волны, n - линейная координата в спектре, λ_0 , c , n_0 - константы. Формула обеспечивает хорошую точность в пределах участка в несколько сот ангстрем в видимой или ультрафиолетовой областях спектра. Для определения констант λ_0 , c , n_0 используют три опорные линии λ_1 , λ_2 , λ_3 , причем λ_1 и λ_3 должны быть расположены на концах исследуемого участка спектра, а λ_2 - в его середине. Для определения этих параметров составлена мини программа «Qartman 2.5».

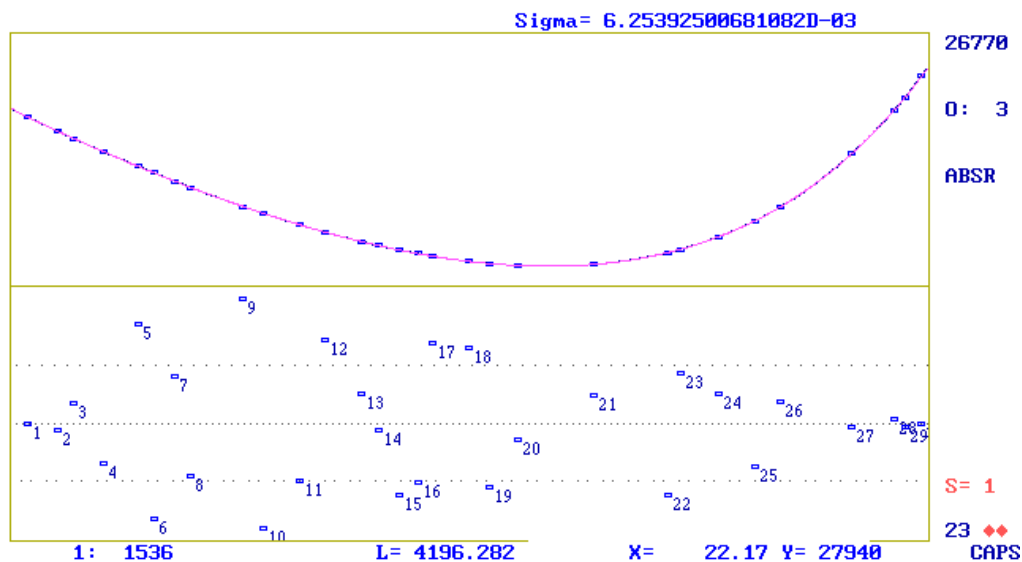


Рис. 6. Окно программы DESH20 при построении кривой дисперсии в области длин волн: $\lambda\lambda 4100\div 6900 \text{ \AA}$.

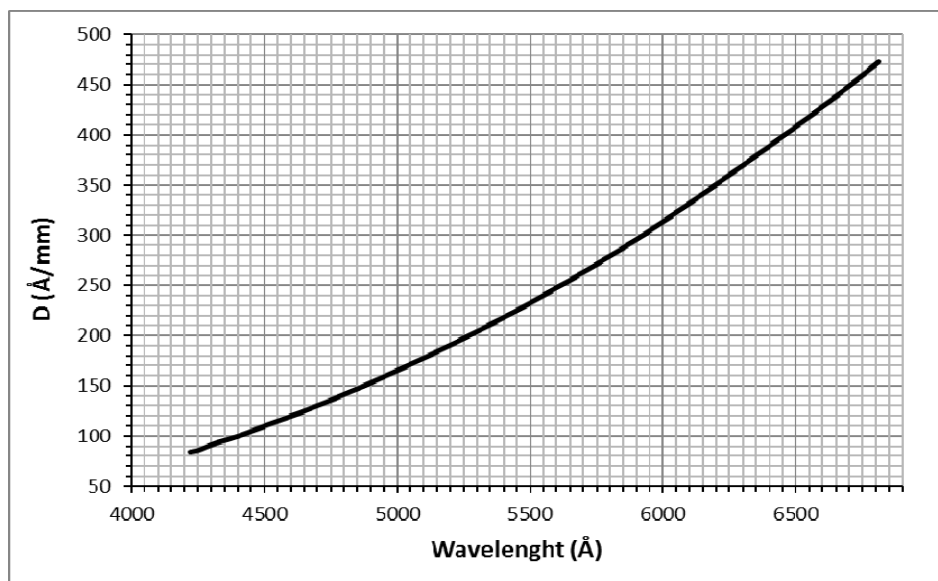
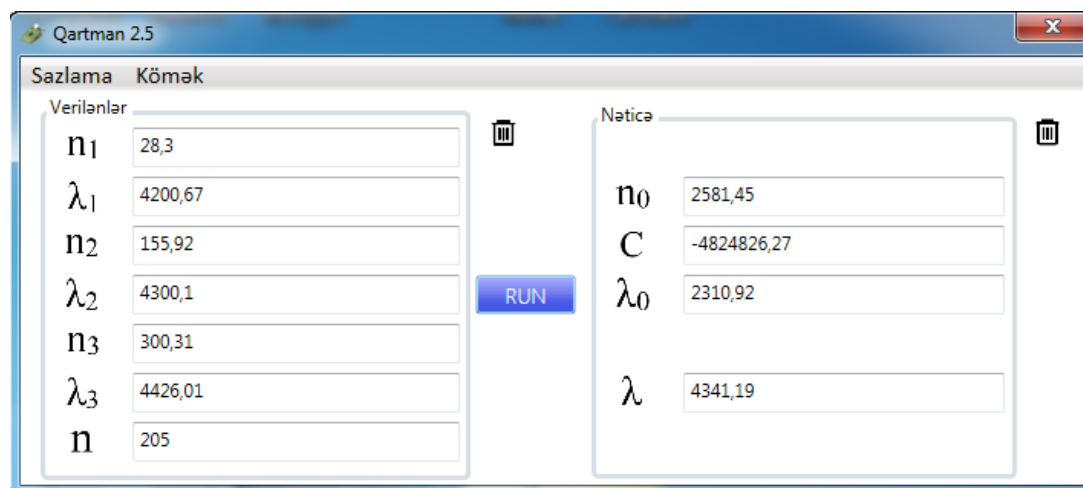


Рис. 7. Кривая зависимости линейной дисперсии от длины волны линии, построенная по спектру лампы Th+Ar.



Задавая длины волн ($\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$), линейные координаты опорных (n_1, n_2, n_3) и искомой (n) линий на спектре (в пикселях), вычисляем константы (λ_0, c, n_0) и длину волны (λ) искомой линии.

РАЗРЕШАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ

Разрешающая способность спектрографа, наряду с некоторыми факторами, также зависит от разрешающей силы светоприемника. При бинировании с факторами 1 и 2, ширины входных щелей спектрографа равны соответственно 0.085 мм и 0.17 мм. Для обоих случаев была вычислена разрешающая сила спектрографа у отдельных линий и результаты приведены в Табл.1.

На Рис.8 для иллюстрации разрешающей способности спектрографа представлены фрагменты спектров α Boo, полученных с binning-1 (a) и с binning-2 (b)

Таблица 1. Разрешающая способность и обратная дисперсия 2x2-призменного спектрографа у избранных линий в области спектра $\lambda\lambda 4300\div 6600 \text{ \AA}$.

λ	D $\text{\AA/mm}$	$\Delta\lambda (\text{\AA})$	
		1pix=0.009mm	1pix=0.018mm
H γ	94	1.7	3.4
H β	148	2.7	5.3
NaI (D1, D2)	290	5.2	10.4
H α	420	7.6	15.1

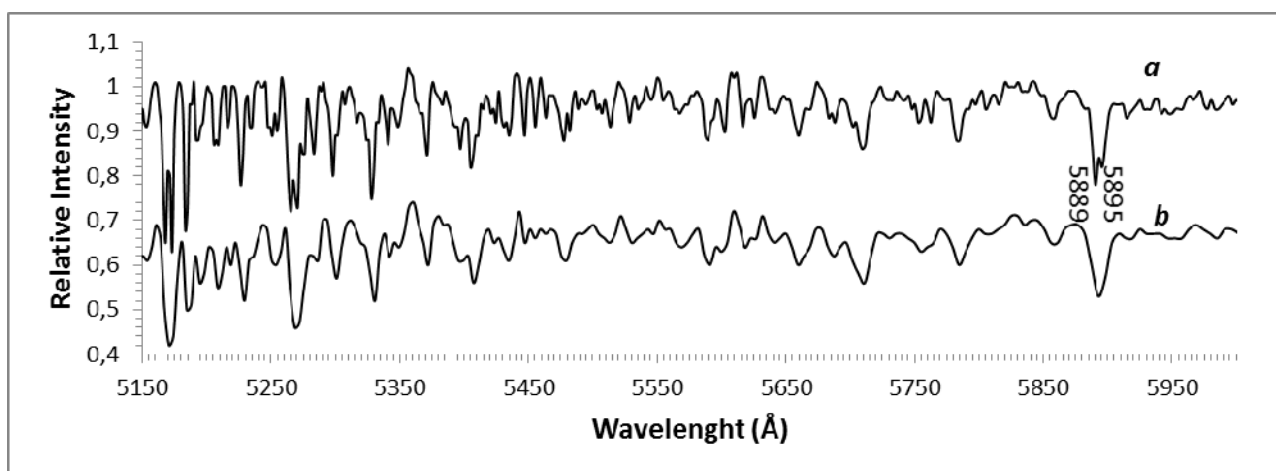


Рис. 8. Фрагменты спектров α Boo, полученных на 2x2-призменном спектрографе с binning-1 - (a) и binning-2 - (b), для иллюстрации разрешающей способности спектрографа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Для тестирования системы «2-м телескоп + 2x2-призмный спектрограф + ПЗС- камера» были получены спектры: планетарной туманности NGC 6572, сейфертовской галактики NGC 4151 и симбиотической звезды AG Dra.

1. На Рис.9 представлен спектр планетарной туманности NGC 6572 в области длин волн $\lambda\lambda 4100\div 7000 \text{ \AA}$, с обратной дисперсией $94 \text{ \AA/mm}$ у Н γ . Проведено отождествление видимых эмиссионных линий и измерены их лучевые скорости (Табл.2).

Таблица 2. Список отождествляемых эмиссионных линий в спектре планетарной туманности NGC6572 и их лучевые скорости.

$\lambda(\text{\AA})$	$RV(\text{km/s})$	$\lambda(\text{\AA})$	$RV(\text{km/s})$
4340	-0.8	5875	-37.8
4363	-14.9	6300	-12.7
4471	-50.6	6364	-10.2
4711	-7.4	H α	-10.1
4740	-6.2	6583	-11.3
H β	-6.5	6678	-15.7
4922	-20	6716	1.1
4959	-5.6	6730	-7.6
5007	-14.1		

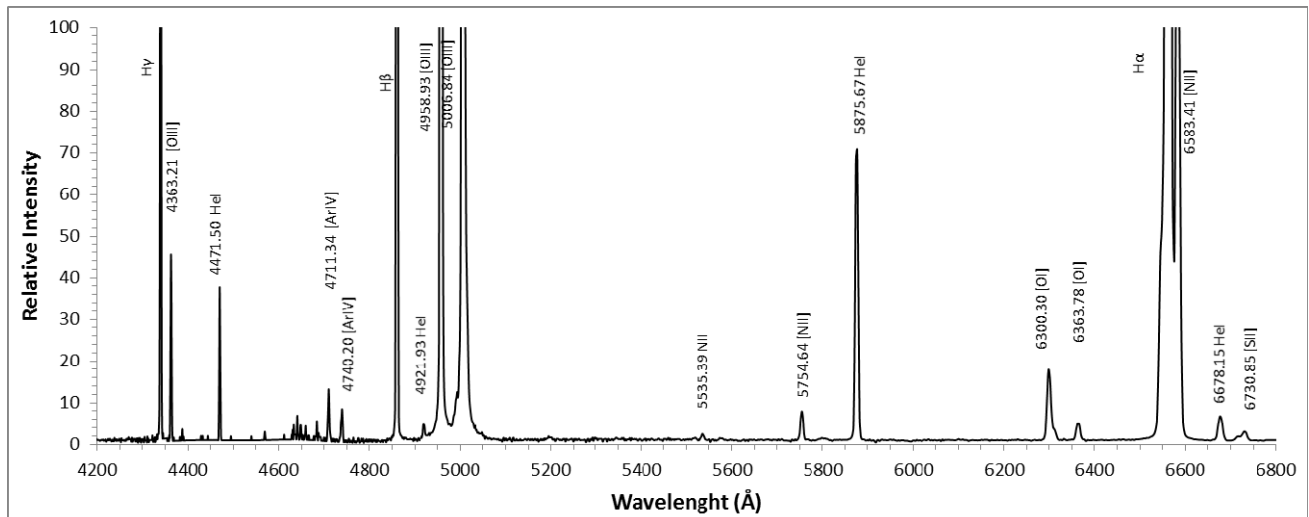


Рис. 9. Образец спектра планетарной туманности NGC 6572, полученный на 2-м телескопе ШАО с помощью 2x2-призмного спектрографа, ПЗС-матрицы (binning-1), с обратной дисперсией $94 \text{ \AA/mm}$ у Н γ , в области длин волн $\lambda\lambda 4200\div 6800 \text{ \AA}$. Время экспозиции - 120 сек ($V\sim 10.8$).

2. На Рис.10 приведен спектр сейфертовской галактики NGC 4151 в области длин волн $\lambda\lambda 4100\div 7000 \text{ \AA}$, полученный на 2x2-призмном спектрографе с обратной дисперсией $94 \text{ \AA/mm}$ у Н γ . В Табл.3 представлены результаты отождествления и измерения основных параметров эмиссионных линий в спектре NGC 4151.

На Рис.11 для сравнения приведен спектр сейфертовской галактики NGC 4151, полученный в Крымской Астрофизической Обсерватории на 2.6 м телескопе на ПЗС-матрице с близкими к нашим спектрам разрешениями [20]. Как видно из Рис.10 и 11 эти спектры качественно хорошо согласуются.

3. На Рис. 12 приведен спектр симбиотической звезды AG Dra, полученный на 2-м телескопе ШАО с помощью 2x2-призмного спектрографа и ПЗС-матрицы, с обратной дисперсией $94 \text{ \AA/mm}$ у Н γ , в области длин волн $\lambda\lambda 4500\div 10000 \text{ \AA}$. Время экспозиции - 120 сек.

На Рис.13 для сравнения приведен спектр атмосферы Земли в области длин волн $\lambda\lambda 6000\div 10000 \text{ \AA}$, заимствованный из [21]. Хорошо виден характерный эмиссионный спектр звезды AG Dra и, особенно, полосы поглощения атмосферы Земли в красной области спектра [21]

Таблица 3. Список отождествляемых эмиссионных линий в спектре сейфертовской галактики NGC 4151 и результаты измерения основных параметров (RV-лучевые скорости, EW – эквивалентные ширины; I/I_0 - относительные интенсивности) этих линий.

$\lambda(\text{\AA})$	element	RV(km/s)	EW($\text{\AA}$)	I/I_0	$\lambda(\text{\AA})$	element	RV(km/s)	EW($\text{\AA}$)	I/I_0
4340.47	H γ	976.6	50.9	4.3	5577.35	[OI]	-21.61	6.05	1.7
4363.21	[OIII]	900.9	34.7	4	5720.7	[FeVII]	898.2	2.82	1.28
4471.5	HeI	850.6	2.14	1.4	5754.59	[NII]	915.6	1.72	1.17
4685.68	HeII	934.8	10.9	2.3	5875.63	HeI	925	7.2	1.41
4861.34	H β	989.4	155.8	7.4	6087	[FeVII]	961	8.15	1.41
4958.92	[OIII]	997.4	227.6	21.4	6300.3	[OI]	1045.2	35.6	2.7
5006.84	[OIII]	1025.8	704	70.3	6363.78	[OI]	1029.9	16.3	1.6
5158.89	[FeVII]	1033.7	3.88	1.32	6562.82	H α	1056		14.5
5199.83	[NI]	1046.6	5.19	1.54	6562.83	H α + [NII]		733.6	
5309.11	[CaV]	1028.6	2.6	1.2	6730.85	[SII]	873.8		3.1

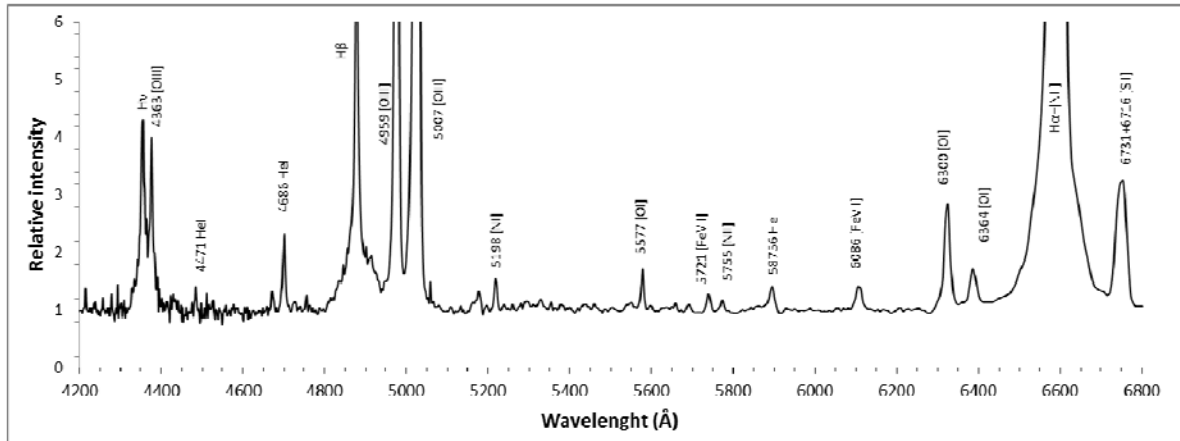


Рис. 10. Образец спектра сейфертовской галактики NGC 4151 полученный на 2-м телескопе ШАО с помощью 2x2 призмного спектрографа, ПЗС матрицей (binning-1), с обратной дисперсией 94 $\text{\AA}/\text{mm}$ у H γ , в области длин волн $\lambda 4200\div 6800 \text{\AA}$. Время экспозиции 600 сек. ($V \sim 11.5$).

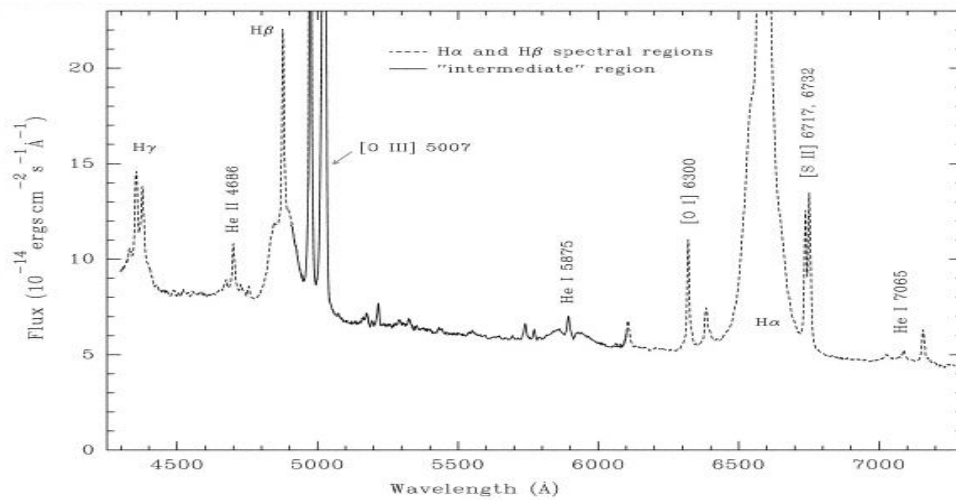


Рис.11. Спектр сейфертовской галактики NGC 4151, полученный на 2.6 м телескопе КрАО с помощью ПЗС-матрицы. Спектральное разрешение в среднем 8 $\text{\AA}$ [20].

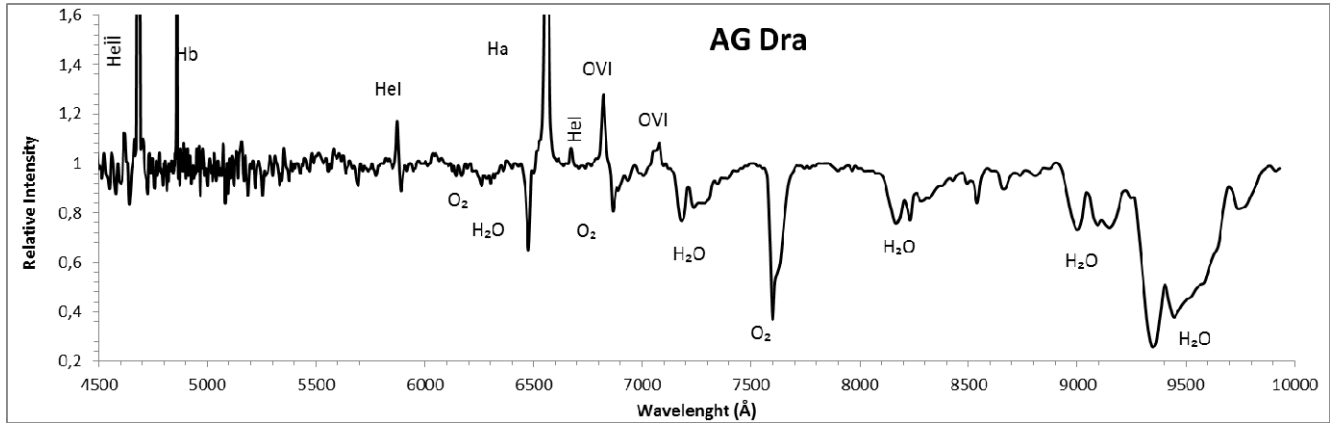


Рис. 12. Спектр симбиотической звезды AG Dra, полученный на 2-м телескопе ШАО с помощью 2x2-призмного спектрографа и ПЗС-матрицы, с обратной дисперсией 94 Å/mm у $H\gamma$, в области длин волн $\lambda\lambda 4500\div 10000 \text{ Å}$.

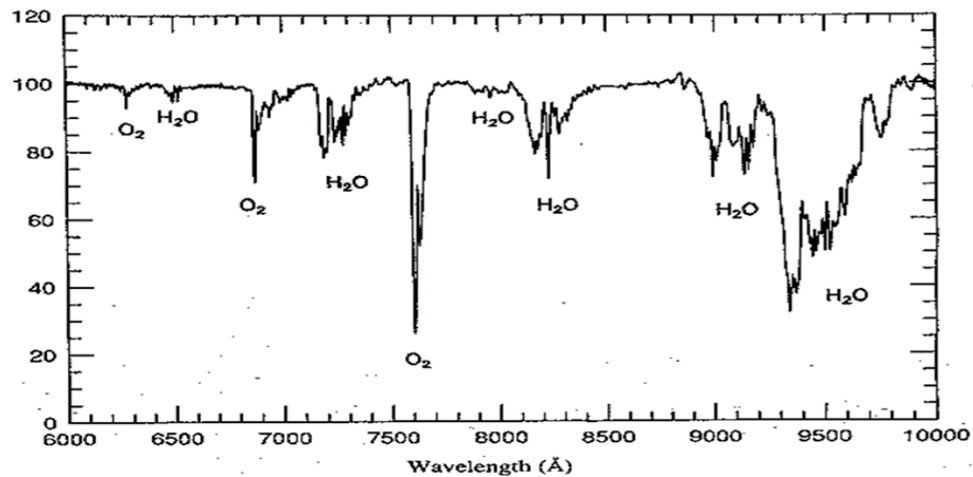


Рис. 13. Спектр атмосферы Земли в области длин волн $\lambda\lambda 6000\div 10000 \text{ Å}$, заимствованный из [21].

В Табл.4 приведены лучевые скорости и эквивалентные ширины наиболее сильных эмиссионных линий в спектре AG Dra.

Таблица 4. Лучевые скорости и эквивалентные ширины эмиссионных линий в спектре AG Dra.

$\lambda(\text{Å})$	$RV(km/s)$	$EW(\text{Å})$
4685.68	-154.78	44.5
4861.34	-147.8	6.6
5875.63	-148.21	1.9
6562.82	-154.94	46.9

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учитывая все вышеизложенное, можно прийти к такому заключению, что 2x2-призмный спектрограф фокуса Кассегрена с установленной на нем ПЗС-матрицей существенно увеличивает проникающую силу

2-м телескопа. Методика наблюдений и обработка полученного спектрального материала универсальна. Наряду с программами MaxIM DL V4 и DECH20 можно применить и другие современные пакеты прикладных программ, предназначенных для обработки цифровых спектральных данных. Анализ полученного спектрального материала по звездам и галактикам показывает, что данный спектрограф Кассегреновского фокуса 2-м телескопа ШАО, при наличии соответствующей ПЗС-матрицы, позволяет получать качественные низкодисперсионные спектры относительно слабых небесных тел, вполне пригодных для решения ряда актуальных задач современной практической астрофизики: спектральные наблюдения эруптивных звезд разного типа, в

экстремальных состояниях блеска; исследование молодых нестационарных звезд в очагах звездообразования со слабым видимым блеском; спектральные наблюдения галактик; комет и т.д.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асланов И.А., Азимов С.М., Салманов И.Р., Ибрагимов Н.Б., Исмаилов З.А., Исследование 2x2 призмленного спектрографа фокуса Кассегрена двухметрового телескопа ШАО. **Известия АН. Азерб. Серия физ. - тех. и мат. наук**, 1968, №6, с.108-113.
2. Исмаилов З.А., О быстрых изменениях контура линии H α в спектре RW Aur. **Астрон. Циркуляр**, 1972, №734, с.6-8.
3. Исмаилов З.А., Микаилов Х.М., Спектральные наблюдения AG Dra в 1983 году. **Астрофизика**, 1986, т.25, с. 447-452.
4. Микаилов Х.М., Лууд Л.С., О модели симбиотической звезды AG Dra. **Астрофизика**, 1987, т.27, с.219-230.
5. Исмаилов З.А., Рустамов Б.Н., Спектральные исследования Т Тельца. I. Некоторые особенности эмиссионного спектра. **Циркуляр ШАО**, 1999, №97, с.10-13.
6. Исмаилов З.А., Рустамов Б.Н., Спектральные исследования Т Тельца. II. Двумерная спектральная классификация. **Циркуляр ШАО**, 1999, №97, с.14-16.
7. Рустамов Б.Н., Линии H β и H γ в спектре V1057 Cyg. **Письма в Астрон. журн.**, 2001, т.27, с.42-46.
8. Gollnow H., The Newtonian Two - Prism Spectrograph of the Mount Stromlo Observatory. **Mount Stromlo Observatory Reprint №47, Zeitschrift für Astrophysik**, 1963, v.56, pp/241-252.
9. Мусаев Ф.А., Куде эшелле спектрометр. **Письма в Астрон. журн.** 1993. т.19, с.776-783.
10. Рзаев А.Х., Гасанов Н.О., Микаилов Х.М., Алекберов И.А., Шукюров М.Э., Эшелле спектрометр фокуса Куде 2-м телескопа ШАО АН Азербайджана. **Циркуляр ШАО**, 1999, № 95, с.3-7.
11. Микаилов Х.М., Оптические расчеты эшелле-спектрометров Шамахинской астрофизической обсерватории. **Азербайджан. Астрон. журн.**, 2006, №1-2, с. 47-52.
12. Микаилов Х.М., Халилов В.М., Распределение относительных интенсивностей в спектральных порядках дифракционных решеток эшелле. **Циркуляр ШАО**, 2005, №110, с. 51-56.
13. Микаилов Х.М., Халилов В.М., Алекберов И.А., Эшелле-спектрометр фокуса Кассегрена 2-м телескопа ШАО НАН Азербайджана. **Циркуляр ШАО**, 2005, №109, с.21-29.
14. MaxIm DL CCD Imaging Software V.4 **Diffraction Limited**, 1997-2005.
15. Галазутдинов Г.А., Система обработки звездных Эшелле-спектров 1 Обработка изображений 2 Обработка спектров. **Препринт САО РАН**, 1992, № 92, с.3-51.
16. Микаилов Х.М., Халилов В.М., Спектральные исследования симбиотической звезды СН Лебедя. **Кинематика и физика небес. тел.**, 2005, т.21, № 6, с.452-460.
17. Рзаев А.Х., Гасанова А.Т., Юшкин М.В., Микаилов Х.М., Исследование нестационарности атмосферы α Cyg П. Переменность профилей линий ионов и H β . **Астрофиз. бюлл.**, 2007, т.62, No.1, стр.61-71.
18. Меджидова С.О., Рустамов Б.Н., Микаилов Х.М., Алекперов И.А., Линия H α в спектре звезды WW Vul. **Кинематика и физика небесных тел.** 2014, т.30, №2, стр.48-57.
19. Меджидова С.О., Микаилов Х.М., Рустамов Б.Н., Переменность профилей линии H α в спектре звезды WW Vul в 2006 - 2010гг. **Письма в Астрон. Журнал.** 2014, т.40, №6, стр.386-395.
20. Sergeev S.G., Pronik V. I. and Sergeeva E.A., Complex Variability Pattern in NGC 4151 III. Variability of the Broad Emission Line Profiles over 11 Years. **The Astrophys. Journal**, 2001, v. 554, pp.245-260.
21. http://old.kpfu.ru/f6/bin_files/absorbtion!44.pdf

ŞAMAXI RƏSƏDXANASININ 2 m TELESKOPUNUN KASSEQREN FOKUSUNUN CCD MATRİSLİ 2x2 PRİZMALI SPEKTROQRAFI

X.M. Mikayilov, B.N. Rüstəmov, İ.Ə. Ələkbərov

Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının 2m teleskopunun Kasseqren fokusunun 2x2 prizmalı spektroqrafı, spektral müşahidələrdə CCD matris işıqqəbuledicisindən istifadə olunması məqsədilə, modernləşdirilib. Bu spektroqrafda CCD matris tətbiq etməklə, optimal ekspozisiyalarda, spektrin $4100 \div 7000 \text{ Å}$ dalğa uzunluğu oblastında, H γ yanında 94 Å/mm, H β yanında 150 Å/mm və H α yanında 420 Å/mm tərs dispersiyaları ilə, zəif ulduz və qalaktikaların spektrini almaq mümkün olacaq. H γ , H β və H α xətləri oblastında spektral ayırdetmə, spektrin alınması zamanı binning 1 və ya 2 tətbiq olunmasından asılı olaraq uyğun olaraq 1.7 Å və 3.4 Å; 2.7 Å və 5.3 Å; 7.6 Å və 15.3 Å təşkil edir.

Açar sözlər: teleskop, spektroqraf, CCD matris, spektr

2x2 PRIZM SPECTROFRAF OF CASSEGRAIN FOCUS OF 2 m TELESCOPE OF SHAMAKHY ASTROPHYSICAL OBSERVATORY, WITH CCD CAMERA

Kh.M. Mikailov, B.N. Rustamov, I.A. Alekberov

2x2 prism spectrograph of Cassegrain focus of 2 m telescope of Shamakhy Astrophysical Observatory was upgraded by establishing the CCD to carry out spectroscopic observations. This allows one to get by choosing optimal CCDs exposure, the spectra of faint stars and galaxies in the wavelength range $\lambda\lambda 4100 \div 7000\text{\AA}$, with inverse dispersion $94\text{ \AA/mm}$ at $H\gamma$, $150\text{ \AA/mm}$ at $H\beta$ and $420\text{ \AA/mm}$ at $H\alpha$. Resolutions in the lines $H\gamma$, $H\beta$ and $H\alpha$, respectively, have the values of $1.7\text{ \AA}$ and $3.4\text{ \AA}$, $2.7\text{ \AA}$ and $5.3\text{ \AA}$, $7.6\text{ \AA}$ and $15.3\text{ \AA}$, depending on whether we apply a binning factor of 1 or 2.

Key words: telescope, spectrograph, CCD camera, spectrum