

**AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR
AKADEMİYASI**

**AZƏRBAYCAN
ASTRONOMİYA
JURNALI**

**2010
CİLD 5
№ 3**

**AZERBAIJANI ASTRONOMICAL
JOURNAL**

Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası

AZƏRBAYCAN ASTRONOMİYA JURNALI

Cild 5 – № 3 – 2010

Azerbaijan National Academy of Sciences

Национальная Академия Наук Азербайджана

AZERBAIJANI
ASTRONOMICAL
JOURNAL

АСТРОНОМИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ
АЗЕРБАЙДЖАНА

Volume 5 – No 3 – 2010

Том 5 – № 3 – 2010

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

© 2010 Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası.

© 2010 AMEA N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası.

Bütün hüquqlar qorunmuşdur.

Bakı – 2010

“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:

Джалалов Н.С. (Шамакхская Астрофизическая Обсерватория)

Гусейнов Р.Э. (Бакинский Государственный Университет)

Исмаилов Н.З. (Шамакхская Астрофизическая Обсерватория)

Гасымов Ф.К. (Институт физики НАНА)

Гулүзаде Дж.М. (Бакинский Государственный Университет)

Технический редактор: Аскеров А.Б.

Адрес редакции:

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

Журнал издается в Шамакхской 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, 2010 г.

© Шамакхская Астрофизическая Обсерватория им. Н.Туси НАНА, 2010 г. Все права защищены.

Баку - 2010

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)

İsmayilov 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

© 2010, Azerbaijan National Academy of Sciences.

© 2010, Shamakhy Astrophysical Observatory named after N.Tusi, ANAS. All rights reserved.

Baku - 2010

MÜNDƏRİCAT

AZƏRBAYCAN MEA N.TUSİ ADINA ŞAMAXI ASTROFİZİKA RƏSƏDXANASINDA PLANETLƏRİN TƏDQİQİ Ə.Ə.Ətəyi, E.R.Yuzbaşov	5
YÜKSƏK ENLİKDƏ YERLƏŞƏN 89 HER ULDUZUNUN TƏKAMÜL STATUSU Ə.M.Xəlilov, Ə.R.Həsənova, Z.A.Səmədov	15
YENİ QU 1975=V1500 Cyg ULDUZUNUN SPEKTRİNDƏ MÜŞAHİDƏ OLUNAN HİDROGENİN EMISSİYA XƏTLƏRİNİN STRUKTURUNUN METAL EMISSİYA XƏTLƏRİNİN STRUKTURASINDAN FƏRQLƏRİ M.B. Babayev	20
55 Cyg ULDUZU ATMOSFERİNDƏ BAŞ VERƏN QEYRİ-ADİ DƏYİŞKƏNLİKLƏR Y.M.Məhərrəmov	23

CONTENTS

INVESTIGATIONS OF PLANETS IN THE SHAMAKHY ASTROPHYSICAL OBSERVATORY OF NAS OF AZERBAIJAN NAMED AFTER M.N.TUSI A.A.Atai, E.R.Yuzbashov	5
THE EVOLUTIONARY STATUS OF THE HIGH-LATITUDE SUPERGIANT 89 HER A.M.Khalilov, A.R.Hasanova, Z.A.Samedov	15
STRUKTURE DISTINCTION OF HYDROGEN EMISSION LINES FROM METAL LINES IN SPECTRUM OF NOVA 1975 =V1500CYG M.B. Babayev	20
UNUSUAL VARIABILITIES IN THE ATMOSPHERE OF THE STAR 55 Cyg Y.M.Maharramov	23

СОДЕРЖАНИЕ

ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛАНЕТ В ШАМАХИНСКОЙ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ ИМ. М.Н.ТУСИ НАН АЗЕРБАЙДЖАНА А.А.Атаи, Э.Р. Юзбашев	5
ЭВОЛЮЦИОННЫЙ СТАТУС ВЫСОКОШИРОТНОГО СВЕРХГИГАНТА 89 HER А.М.Халилов, А.Р.Гасанова, З.А.Самедов	15
СТРУКТУРНЫЕ РАЗЛИЧИЯ ЭМИССИОННЫХ ЛИНИЙ ВОДОРОДА ОТ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЛИНИЙ В СПЕКТРЕ НОВОЙ ЛЕБЕДЯ 1975-V1500 CYG М.Б. Бабаев	20
НЕОБЫЧНЫЕ ПЕРЕМЕННОСТИ В АТМОСФЕРЕ ЗВЕЗДЫ 55 Cyg Я.М.Магеррамов	23

ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛАНЕТ В ШАМАХИНСКОЙ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ им. М.Н.ТУСИ НАН АЗЕРБАЙДЖАНА

© 2010 г. А.А.Атаи¹, Э.Р. Юзбашев²

¹Шамехинская Астрофизическая Обсерватория им. Н.Туси НАН Азербайджана

²Институт Физики НАН Азербайджана
(e-mail: atai1951@yahoo.com)

В настоящей работе кратко описывается история планетных исследований в Азербайджане и основные научные результаты, полученные сотрудниками Шамехинской Астрофизической Обсерватории им. Н.Туси Национальной Академии Наук Азербайджана по исследованию планет солнечной системы.

Ключевые слова: планеты солнечной системы.

В 60-х годах выше обсерватории, на окраине Картдага, находящегося на высоте около 2000 м над уровнем моря, один из сотрудников обсерватории – Н.Б.Ибрагимов, чьим именем назван один из кратеров на карте Марса, вел наблюдения этой Красной планеты. Именно в этих годах были заложены основы исследований планет в ШАО и Н.Б. Ибрагимов, работающий под руководством академика Украины Н.П.Барабашева в Харьковском Государственном Университете, провел интегральную спектрофотометрию Марса.

ПЛАНЕТЫ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ

Марс. Известно, что метод интегральной спектрофотометрии, наряду с другими астрофизическими методами, является одним из эффективных методов исследования физических свойств атмосфер и поверхностей планет и их спутников. Первые спектрофотометрические наблюдения Марса были проведены во время противостояния в 1960-1961 гг. в ШАО НАН Азербайджана на телескопе АЗТ-7 со спектрографом АСП-9 (дисперсия 143 Å/мм у Н_γ). На основании спектрофотометрических наблюдений Марса в 1960-1961 гг. Н.Б. Ибрагимовым [1] были определены монохроматические звездные величины планеты в интервале 4050-6360 Å в 20 длинах волн, также фазовые коэффициенты и сферическое альbedo. Полученные результаты [1] показали, что геометрическое альbedo Марса монотонно

возрастает с длиной волны, в то время как фазовый коэффициент уменьшается с увеличением длины волны и имеет минимум вблизи 5050 Å. Эти данные имели большое значение для последующих исследований Красной планеты.

Установлено, что распределение интенсивности отраженного излучения по спектру хорошо представляется значениями спектрофотометрического градиента в двух участках спектра: 4050-5100 Å и 5100-6360 Å. Было выявлено различие в ходе градиентов φ_1 (4050- 5100 Å) и φ_2 (5100-6360 Å) с изменением угла фазы α и обнаружено, что характер изменения градиентов неодинаков. А также было обнаружено, что показатель цвета Марса с увеличением угла фазы несколько возрастает. Для градиента φ_1 имеет место минимум вблизи $\alpha = 24^\circ$, а для градиента φ_2 максимум при $\alpha = 34^\circ$, т.е. изменения градиентов φ_1 и φ_2 имеют различный характер [1].

На основании полученных данных было установлено, что в коротковолновой части спектра в атмосфере Марса значительную роль играет истинное поглощение ($\omega = 0.55$ для 4050 Å, и $\omega = 0.60$ для 4250 Å, где ω - альbedo однократного рассеяния), рассеяние света не подчиняется закону Рэлея, а индикатриса рассеяния вытянута вперед [2]. Автор работы предполагал, что существенную роль в коротковолновой области спектра в атмосфере Марса играют крупные частицы.

Второй этап исследования Красной планеты в ШАО соответствует 70-м годам, когда ее наблюдения приобрели большой мировой интерес. В этом периоде, впервые в Советском Союзе были получены крупномасштабные снимки Марса в ШАО совместно с сотрудниками ГАО НАН Украины в фокусе Кудэ 2-м телескопа ($F=72\text{ м}$) [3]. Масштаб изображения при этом составлял $2.86''$ на мм .

В июле-августе 1971 года, во время великого противостояния Марса, сотрудники ШАО НАН Азербайджана и ГАО НАН Украины провели фотографические наблюдения Красной планеты на 2-м рефлекторе при одновременном контроле прозрачности земной атмосферы на телескопе АЗТ-8 (С.З. Омаров и М.С. Гаджиев). Совместный анализ полученных материалов в июле-августе 1971 г. не выявил наличие желтых облаков на Марсе. Однако, начиная с 03.08.1971 до конца периода наблюдений, были хорошо видны фиолетовые облака вблизи краев диска (западного и восточного).

Фотографическим методом были установлены:

- неожиданный рост контрастов в некоторых деталях, который можно было объяснить предположением, что в ту ночь над этими областями находились фиолетовые облака;

- контрасты "моря-материки" имели различный ход вдоль спектра для разных объектов; были выявлены слабые изменения и постепенный рост к красному концу спектра;

- контраст "море-полярная шапка" прогрессивно падает от синей области к ИК-области, что согласуется с прежними исследованиями [4,5];

- полученные данные показали, что кривые отражательной способности полярных шапок весьма отличаются друг от друга. Этот факт позволяет предположить, что в атмосфере Марса плавают пылевые частицы (поднятые ветрами с поверхности материков), которые и придают полярным шапкам (а также морям) цветовые свойства [6]. В дальнейшем этот результат был подтвержден данными КА, исследовавших Марс в начале 90-х годов.

Марс был изучен также спектральным методом.

На спектрограммах планеты резко выделялась полоса $\lambda 6200\text{ Å}$ ($\lambda 6201\text{ Å}$ и $\lambda 6216\text{ Å}$) [7].

В атмосфере планеты был установлен верхний предел содержания $\text{NO}_2 \sim 0.02 \text{ мм}\cdot\text{атм}$. [8].

Сотрудники ШАО и ГАО совместно установили, что фиолетовые облака представляют собой "сгустки" аэрозольных частиц, постоянно присутствующих в марсианской атмосфере и создающих известный эффект фиолетовой дымки [9].

Надо отметить, что ШАО постоянно участвовала в различных программах Союзного масштаба по исследованию Марса. Последний раз, это было в 1990-91 гг., до распада Советского Союза, когда мы участвовали в изучении причин возникновения пылевой бури в атмосфере этой планеты.

В свое время результаты исследований Н.Б.Ибрагимова, где он обнаружил уменьшение фазового коэффициента с увеличением длины волны и наличие минимума фазового коэффициента по спектру в $\lambda 5250\text{ Å}$ для Марса, были высоко оценены учеными [10, 11], о чем говорится в частности в работе [12].

Венера. Исследования Венеры, атмосфера которой считается довольно горячей, представляет большой интерес как планеты земной группы. Дальнейшие изучения этой планеты с помощью космических аппаратов имели большое значение для понимания земного климата. В 1967 году в фокусе Кассегрена 2-м рефлектора ШАО при помощи призмного спектрографа (дисперсия 93 Å/мм у H_γ) были получены около 20 спектрограмм ночной стороны Венеры. На одной из спектрограмм, полученной 10 июня 1967 года, были обнаружены эмиссионные линии. Наиболее интенсивными линиями являлись $\lambda 3903\text{ Å}$ и $\lambda 3898\text{ Å}$ [13]. Ближайшими к ним являются полосы CO_2 $\lambda 3890\text{ Å}$, $\lambda 3904.5\text{ Å}$, а также полоса CO $\lambda 3893\text{ Å}$. Однако, только одна из этих полос была отмечена Н.А.Козыревым [14].

На спектрограммах Венеры были обнаружены темные и светлые детали у терминатора планеты и изучено

распределение энергии в спектре этих деталей и яркости вдоль терминатора при разных длинах волн ($\lambda 3900 - 4400 \text{ Å}$) [15].

Впервые было установлено, что светлые детали у терминатора обусловлены облаками верхнего яруса, освещаемые лучами Солнца. Что касается темных деталей, то это могут быть либо "ямы" (провалы в облачном слое), либо облака с иными размерами и свойствами частиц (эти результаты были подтверждены дальнейшими исследованиями этой планеты с помощью КА "Венера").

ПЛАНЕТЫ – ГИГАНТЫ

Юпитер и Сатурн. При изучении физических условий в атмосферах планет-гигантов большое значение имеет получение высокодисперсных спектров, позволяющих детально исследовать распределения интенсивности по диску и полуширины отдельных линий поглощения, формирующихся в атмосферах планет-гигантов. Такие данные позволяют наилучшим образом исследовать вертикальную и горизонтальную структуры атмосфер планет.

По спектрограммам, полученным на 2-м рефлекторе ШАО была изучена тонкая структура полос поглощения CH_4 $\lambda 6190 \text{ Å}$, NH_3 $\lambda 6450 \text{ Å}$ в спектре Юпитера и CH_4 $\lambda 6190 \text{ Å}$, CH_4 $\lambda 6800 \text{ Å}$, в спектре Сатурна. На основании измеренных полуширин линий в этих полосах были оценены давления в атмосферах планет [16]. В спектре Юпитера по линиям полосы поглощения NH_3 $\lambda 6450 \text{ Å}$ были оценены значения давлений: $P_{\text{H}_2} = 0.6 \text{ атм}$, $P_{\text{He}} = 0.3 \text{ атм}$, а по линиям полосы CH_4 $\lambda 6190 \text{ Å}$ – $P_{\text{H}_2} = 2.2 \text{ атм}$, $P_{\text{He}} = 4 \text{ атм}$. Н.Б. Ибрагимов [17] четко зарегистрировал компоненты R и P - ветвей полосы поглощения CH_4 $\lambda 6800 \text{ Å}$ в спектре Сатурна, по линиям этой же полосы определил $P_{\text{H}_2} = 1.3 \text{ атм}$, $P_{\text{He}} = 2.3 \text{ атм}$.

Из-за более низкой температуры атмосферы Сатурна определенная часть газообразного аммиака должна вымерзнуть, превратившись в кристаллы, образуя при этом видимый облачный слой планеты. Поэтому, в видимой части спектра Сатурна можно наблюдать только полосы поглощения NH_3 $\lambda 6475 \text{ Å}$ и ее интенсивность будет разной в разных точках диска Сатурна [18].

По спектрограммам Сатурна, полученным в 1969, 1971 и 1974 гг. в ШАО в фокусе Кудэ 2-м телескопа ($F = 72 \text{ м}$) на спектрографе с разрешающей силой $\lambda/\Delta\lambda = 35000 \div 40000$ и пространственным разрешением $2''$, в видимой области спектра планеты были обнаружены более 40 слабых линий поглощения NH_3 $\lambda 6450 \text{ Å}$ и было установлено, что интенсивность депрессий в области $\lambda 6445 \text{ Å}$ и $\lambda 6475 \text{ Å}$ заметно меняется от даты к дате. Основываясь на результатах наблюдений были определены некоторые характеристики атмосферы Сатурна: вращательная температура, давление и объемная концентрация – $T_{\text{вр}} = 129 \pm 8 \text{ К}$, $P = 1.7 \pm 0.14 \text{ атм}$, $n = (6.7 \pm 1.2) \cdot 10^{12} \text{ см}^{-3}$, соответственно. Выявлено, что $n(\text{NH}_3)/n(\text{CH}_4) = (0.76 \pm 0.13) \cdot 10^{-2}$ в $5 \div 9$ раз ниже по сравнению с Юпитером [18,19].

Были изучены вариации интенсивности полос поглощения CH_4 $\lambda 5430$, 6190 , 7020 , 7250 , $7980 + 7820 \text{ Å}$ в спектре Сатурна и CH_4 $\lambda 7020$, 7250 , CH_4 $7980 + \text{NH}_3$ $7920 + \text{CH}_4$ 7820 Å в спектре Юпитера [16].

На основе продолжительных исследований по линиям поглощения NH_3 $\lambda 6450 \text{ Å}$ по диску Юпитера было определено содержание аммиака ($(17 \pm 4) \text{ м атм}$) в его атмосфере [20]. Установлено, что эффект центр – край к западному и восточному лимбам носит различный характер. Это связано с тем, что атмосфера Юпитера является вертикально неоднородной; такая неоднородность сама по себе нестабильна.

Температурная неоднородность, изменение концентрации аэрозоля, ход поглощения газа в разных областях диска и зависимость таких свойств от времени являются важными факторами в исследованиях атмосфер планет-гигантов.

Отметим также, что вращательные температуры в облачном слое Юпитера в БКП, EZ и SEB соответствуют следующим значениям: $162 \pm 25 \text{ К}$, $145 \pm 31 \text{ К}$ и $150 \pm 46 \text{ К}$, соответственно. Эти значения были получены по данным 1970 г., которые имеют несколько большее значение по сравнению со значениями 1971 г.

Сравнительная спектрофотометрия деталей на диске Юпитера по линиям и полосам

поглощения молекулярных газов позволяет сделать следующие выводы:

1. Тепловой режим в деталях БКП, EZ и SEB на диске Юпитера не одинаков и меняется со временем. Это отражается в их окраске (или цветовых контрастах) и в изменении содержания газов (особенно сильно это относится к NH_3),

2. В облачном слое экваториальной зоны ход относительной концентрации аэрозоля по глубине атмосферы Юпитера не является стабильным.

3. Детали EZ, SEB и БКП на диске Юпитера на той глубине, на которой формируются слабые линии аммиака, мало отличаются по своим оптическим свойствам и даже Большое Красное Пятно становится неотличимым от окружающих его соседей STrZ до "спектрофотометрической" глубины.

4. Относительная концентрация аэрозоля и ход поглощения по эффективной глубине в светлой (EZ) и темной частях (БКП) диска Юпитера отличаются меньшим наклоном кривых для БКП [21].

Известно, что относительная интенсивность ненасыщенных линий аммиака очень чувствительна к изменениям вращательной температуры и зависит от оптической глубины атмосферы. Поэтому существование больших разбросов в значениях вращательной температуры указывает на неоднородность атмосферы – т.е. отражается в изменениях плотности в верхних слоях атмосферы. Такая неоднородность является нестабильной. Нам кажется, что увеличение поглощения в линиях NH_3 $\lambda 6450\text{Å}$ в $2\div 3$ раза, выявленное в 1970-71 гг., позволяет говорить о большом пространственном расширении аммиачных облачных слоев Юпитера. Этот факт был подтвержден компьютерными изображениями, полученными с помощью космического зонда "Galileo" в 1998 году и орбитальным телескопом "Hubble" [22, 23]. Возможно, что в результате воздействия молний, обнаруженных "Galileo", кристаллический аммиак, сублимируясь, может перейти в газовое состояние, что может привести к увеличению интенсивностей полос поглощения аммиака в $2\div 3$ раза. Существование таких мощных молний, присущих Юпитеру, не исключает

возможности возникновения конвекций или мощных солитонов в его атмосфере. А это, в свою очередь, может привести к изменению контрастности на его диске. В этом случае, глубина проникновения солнечных лучей уменьшается и отличия, наблюдаемые в разных деталях экваториальной части диска Юпитера, сливаются [24].

Было изучено распределение интенсивностей квадрупольных линий $S(1)$ $\lambda 6367.76\text{Å}$ по диску Юпитера и линий $S(0)$ $\lambda 6435.03\text{Å}$ и $S(1)$ $\lambda 6367.7\text{Å}$, принадлежащих полосе H_2 (4-0) по диску Сатурна. В рамках двухслойной модели атмосферы было определено содержание водорода в надоблачной атмосфере этих планет. На Юпитере эти значения равняются $7.6\div 9.6$ км амага, на Сатурне $11\div 17$ км амага. Оценки вращательной температуры разных участков диска Сатурна, лежащих вдоль экватора интенсивности (99-115K) [25], хорошо согласуются с результатами измерений, полученных по линиям поглощения NH_3 $\lambda 6450\text{Å}$ в спектре этой планеты [18, 19].

Анализ наблюдательных и вычисленных данных показал, что на той глубине, на которой формируется линия $S(1)$ H_2 $\lambda 6367.76\text{Å}$ физические условия в БКП, SEB и EZ неодинаковы, и к тому же сильно меняются со временем, что сильно воздействует на формирование молекулярных линий. Далее, вычисления показали, что содержание молекулярного водорода в надоблачной атмосфере равно $U(\text{H}_2)=5.4\div 8.8$ км амага; количество поглощающего газа, приходящееся на среднюю длину свободного пробега фотона между двумя актами рассеяния в облачном слое $A_L=2.7\div 4.5$ (км амага) и удельное содержание газа, на единицу длины свободного пробега $w_s=(2.7\div 4.5) \cdot 10^{-6}$ ((км амага) cm^{-1}) и давление $P_{\text{H}_2}=0.12\div 0.19$ атм. [26].

Атмосфера Юпитера в полосах поглощения молекулярных газов в видимой области спектра была также изучена методом интегральной спектрофотометрии. Суть этой методики заключается в том, что она связывает яркости центра диска (диафрагма 3".5) и части диска, охватываемая диафрагмой 28". Наблюдения Ш.М.Намазова показали, что интенсивность слабых полос для диафрагмы

28" на 10-15% ниже, чем для диафрагмы 3".5. Однако, интенсивность слабых полос меняется в 1.5-2 раза, а интенсивность полосы CH_4 $\lambda 7250 \text{ \AA}$ на 25-30%. Так как слабые полосы поглощения формируются в более глубоких слоях атмосферы планет-гигантов, то можно предположить, что существенные изменения интенсивности молекулярных полос происходят в основном за счет изменений физических условий в облачном слое [27]. На основе результатов этих наблюдений была применена новая методика для определения физических параметров атмосферы Юпитера для случая отсутствия данных о потемнении к краям диска планеты.

Для интерпретации наблюдаемых данных Юпитера мы ограничились возможностями простой двухслойной (однородный полубесконечный слой и верхняя чисто газовая атмосфера) модели формирования полос поглощения. Анализ наблюдательных и расчетных результатов, а также сравнение с результатами предыдущих работ показывают, что для полосы поглощения метана $\lambda 7250 \text{ \AA}$ величина τ_v (оптическая толщина атмосферы) меняется от 0.50 до 0.138, т.е. почти в 3 раза. Такое соотношение сохраняется и для слабых полос поглощения метана и аммиака ($\lambda 7020 \text{ \AA}$ и $\lambda 6450 \text{ \AA}$).

По найденным значениям τ_v для полосы CH_4 $\lambda 7250 \text{ \AA}$ было определено содержание метана в верхней чисто газовой атмосфере Юпитера, которое меняется от 13.6 до 37.4 *м.атм.* А содержание метана и аммиака на длине свободного пробега фотона между двумя актами рассеяния в облачном слое Юпитера для CH_4 $\lambda 7020 \text{ \AA}$ и $\lambda 7250 \text{ \AA}$ меняется от 4.25 до 8.5 *м.атм.*, в то время как для NH_3 $\lambda 6450 \text{ \AA}$ от 0.2 до 0.30 *м.атм.* Если, для полос поглощения CH_4 $\lambda 6190 \text{ \AA}$ и NH_3 $\lambda 6450 \text{ \AA}$ объемные коэффициенты рассеяния можно считать примерно одинаковыми, то получим $(C_{\text{I}})\text{NH}_3 / (C_{\text{I}})\text{CH}_4 = (4.8 \div 3.5) \cdot 10^{-2}$ [28].

При изучении вертикальной структуры атмосфер планет-гигантов возникает ряд проблем общего характера, а также трудности, связанные с выбором модели. Для решения этих проблем необходимо знание точных значений мономатических коэффициентов поглощения газов k_v при соответствующих условиях, т.е. в условиях атмосфер планет.

Для уточнения значений мономатического коэффициента поглощения, полученных в лабораторных условиях в полосах поглощения $\lambda 5520 \text{ \AA}$ и $\lambda 6475 \text{ \AA}$ аммиака, мы предложили простой способ, который базируется на анализе наблюдаемого спектра планет и лабораторного спектра данной полосы молекулярного газа [29].

По данным наблюдений для экваториальной области Юпитера и Сатурна, лабораторным измерениям, а также по результатам вычислений для полосы поглощения NH_3 $\lambda 6475 \text{ \AA}$ в отдельности были построены зависимости $\ln(N\text{I}/\tau_v)$ от $\ln(N\text{I})$ для этих планет. После построения зависимостей $\ln(N\text{I}/\tau_v) = f(\ln(N\text{I}))$ были вычислены значения мономатических коэффициентов поглощения NH_3 $\lambda 6475 \text{ \AA}$.

Результаты расчета показывают, что в условиях атмосфер Юпитера и Сатурна в далеких крыльях полосы поглощения NH_3 $\lambda 6475 \text{ \AA}$ значения k_v сравнимы с лабораторными измерениями, а в центральных участках этой полосы отклонение увеличивается даже до ~ 2.8 раза. Спектральный ход отношения вычисленных значений мономатического коэффициента поглощения к лабораторным измерениям имеет сложный вид и напоминает ход поглощения по полосе NH_3 $\lambda 6475 \text{ \AA}$ для обеих планет. Кривая, описывающая отношение вычисленных мономатических коэффициентов поглощения Юпитера к Сатурну согласуется с особенностями хода поглощения NH_3 $\lambda 6475 \text{ \AA}$. Аналогические вычисления проводились для Юпитера в слабой полосе поглощения NH_3 $\lambda 5520 \text{ \AA}$.

По лабораторным измерениям полоса $6\nu_1$ ($\lambda 5520 \text{ \AA}$) слабее полосы $5\nu_1$ ($\lambda 6475 \text{ \AA}$) приблизительно в ~ 6.5 раз. Вычисленные интегральные коэффициенты поглощения для полос NH_3 $\lambda 6475 \text{ \AA}$ и $\lambda 5520 \text{ \AA}$ в спектре Юпитера отличаются в ~ 8 раз. Значения вычисленного интегрального коэффициента поглощения для Юпитера в ~ 1.65 и ~ 2.1 раза отличаются от лабораторных значений для полос $\lambda 5520 \text{ \AA}$ и $\lambda 6475 \text{ \AA}$, а для полосы поглощения NH_3 $\lambda 6475 \text{ \AA}$ в условиях Сатурна, отличаются от лабораторных значений в ~ 1.65 раза. По сравнению с Юпитером на Сатурне температура понижается, вследствие

чего давление насыщенных паров резко уменьшается. Может быть это связано с тем, что часть аммиачного газа на Сатурне конденсируется, образуя кристаллический покров планеты, и тем самым экранирует внутренний облачный слой планеты, ответственный за эффективное газовое поглощение.

Наши расчеты показывают, что графики зависимостей $\ln(Nl/\tau_s)$ от $\ln(Nl)$ для двух разных полос поглощения аммиака $\lambda 5520\text{Å}$ и $\lambda 6475\text{Å}$ не смещены, а лежат на одной прямой.

Уран и Нептун. По спектрограммам Урана, полученным Ю.Д.Давудовым [30] на 2-м рефлекторе с дисперсией 6, $12\div 30\text{ Å/мм}$ исследовались полосы поглощения метана и индуцированная давлением линия водорода $H_2 - S(0) (4 - 0) \lambda 6420\text{Å}$. В спектре Урана в области $\lambda 6500\text{--}6750\text{Å}$ были обнаружены 45 интенсивных линий поглощения, которые отсутствуют в спектре Солнца. Кроме того, на спектрограмме Урана четко регистрировались полосы поглощения метана $\lambda 5340, 5840, 6140, 6560$ и 6620Å . На основе этих данных было установлено, что полоса поглощения метана 6190Å состоит из трех полос. По двум спектрограммам Урана изучены вариации интенсивности полос поглощения метана при переходе от центра к краю и установлено, что интенсивность по диску планеты не меняется. Высота спектра с учетом уменьшения оптической системы спектрографа составляла около 0.4 мм . Согласно визуальным оценкам в период наблюдений диаметр изображения диска звезды расположенной на том же зенитном расстоянии, что и планета, составляла $d = 0.3''\text{--}0.5''$, а эфемеридный диаметр Урана $3.8''$. При таком соотношении между d и эфемеридным диаметром планеты появляется возможность провести хотя бы грубую поверхностную спектрофотометрию Урана [31].

Именно по этим спектрограммам были исследованы полосы поглощения $CH_4 \lambda 5430, 5570, 5970$ и 6190Å и определены некоторые оптические параметры ($\sigma_\alpha, \tau_v, \lambda_v, L(CH_4)$ и др.) атмосферы этой планеты [32].

Подтвердились результаты работы Ю.Д.Давудова, Н.Б.Ибрагимова [31], указывающие на существование оптически тонкого надоблачного слоя атмосферы $\tau < 0.1$, прояв-

ляющего себя главным образом в поглощении [30]. А в работе Пильчера [33] позже предполагается, что этот надоблачный слой может играть существенную роль в повышении альbedo в центрах сильных полос поглощения [30].

Дальнейшие исследования [34,35,36, 37] показали, что в видимой области спектра Урана и Нептуна существуют многие депрессии, которых нет в списке [38]. Позже Е. Каркошка [39] отметил существование ещё трех полос поглощений в спектрах Урана и Нептуна, отождествляя их с метаном, которые были ранее обнаружены в наших работах [34,35,36] и опубликованы на страницах центральных изданий. Эти полосы поглощения соответствуют $\lambda 4060\text{Å}$ (4070Å в [36]) 4200Å , 4656Å .

Нами было установлено, что в центральной части полосы поглощения метана $CH_4 \lambda 6190\text{Å}$ в спектре Урана монохроматическое поглощение больше, чем на Нептуне [34,40]. В слабых и умеренных полосах поглощения Нептун темнее, чем Уран. В центральных частях сильных полос поглощения Нептун становится ярче. Иногда это поярчение исчезает в умеренных полосах поглощения и наблюдается только в достаточно сильных полосах поглощения метана. Этот факт был выявлен также по записям спектра Урана и Нептуна, полученным другими авторами [33]. Можно предположить, что у Нептуна плотность аэрозольного слоя в верхней атмосфере предлагаемого в работах [30,31, 33] больше, чем у Урана, из-за чего в сильных полосах остаточная интенсивность увеличивается. Ясно, что сильные полосы формируются в основном вблизи верхней границы облаков или дымки, тогда как слабые полосы в более глубоких слоях атмосферы. Этот важный факт, указывающий на различие степени вертикальной неоднородности облачных покровов Урана и Нептуна, был упомянут значительно позже, спустя десять лет [41].

Было проведено сравнение наблюдаемого спектрального хода геометрического альbedo Урана с теоретическими расчетами для трех простейших моделей формирования абсорбционных полос — модели простого отражения, модели с однородным

рассеивающим полубесконечным аэрозольным слоем и модели с однородной полубесконечной рэлеевской атмосферой ($\sigma \sim \lambda^4$). Последняя модель показывает наилучшее согласие с геометрическим альбедо Урана как в центрах слабых и умеренных полос поглощения CH_4 , так и в непрерывном спектре между полосами.

Установлено, что вычисленные значения $A_g(\lambda)$ для Нептуна в рамках двухслойной модели и для рассеивающей модели в отличие от Урана не соответствуют наблюдаемым значениям даже для слабых и умеренных полос [42]. Анализ наблюдаемых данных об интенсивности полос поглощения в спектре Нептуна показал, что существует некоторая корреляция между коротковолновым поглощением в непрерывном спектре и поглощением в полосах поглощения метана [37].

Яркие спутники планет-гигантов.

В начале 70-х годов в Шамахинской астрофизической обсерватории были также изучены спектрофотометрические особенности ярких спутников планет-гигантов: Галилеевых спутников Юпитера и спутника Сатурна – Титана [30]. Была выявлена высокая пористость поверхностных слоев спутников. Кроме того, было однозначно установлено, что цвет Ио резко меняется с фазой вращения, достигая в U-V значения около $0.^m65$ ($\sim 0.^m2$ в B-V и $\sim 0.^m45$ в U-V). Это означает, что величина долготного эффекта в блеске Ио возрастает от V к U. Иными словами, контраст темных образований на поверхности спутника с их окрестностями возрастает к фиолетовому концу спектра. Такой эффект, который наблюдается у Ио, мог быть вызван атмосферой, у которой истинное поглощение преобладает над рассеянием, а оптическая толщина растет к фиолетовому концу спектра [43].

Далее была определена интенсивность полосы поглощения CH_4 $\lambda 6190 \text{ \AA}$ в спектре Титана, но тщательные измерения спектрограмм спутников Юпитера не показали каких-нибудь следов этой полосы.

Большое внимание уделялось исследованию Ио – спутника Юпитера в

1975-77 гг. [44]. По спектрограммам Ио, полученным на 2-м рефлекторе ШАО с дисперсией 12 и 15 $\text{\AA}/\text{мм}$, были исследованы профили линий излучения NaI, FeI, MgI, CaI. Найдено, что контуры этих линий имеют несимметричную форму. Показано, что вариации отношения интенсивности D_2/D_1 в спектре Ио носят реальный характер и меняются в пределах 1.6 ± 0.3 . Интенсивность D-линий натрия при $\Phi = 90^\circ$ приблизительно на 40% больше, чем при $\Phi = 270^\circ$. Кроме того, вычислены числа излучающих нейтральных атомов натрия и нижний предел числа излучающих атомов железа, магния, кальция вдоль луча зрения, которые по порядку величины составляют $3 \cdot 10^{11}$, $2 \cdot 10^{12}$, $5 \cdot 10^{10}$ атомов см^{-2} , соответственно. Полученные результаты в ШАО, оценки числа излучающих атомов вдоль луча зрения ($2 \div 4$) 10^{11} атомов см^{-2} хорошо согласуются с оценками других авторов [45, 46].

Изученные нами характерные линии излучения металлов в спектре Ио уже доказывали существование активных процессов на поверхности спутника Юпитера, но до полета «Вояджер-1» такой вывод был в то время еще не доказуемым. После обнаружения вулканов на Ио КА США «Вояджер-1» о наших наблюдениях неоднократно упоминалось в разных работах [47, 48].

На основе спектрофотометрических исследований ярких спутников планет-гигантов получены следующие результаты [49, 50]:

- в видимой области спектра у Европы, Ганимеда и Каллисто никаких линий излучения не обнаруживается;
- поиск линий аммиака в спектре Ио дал отрицательный результат;
- в спектре Титана отсутствуют полосы поглощения метана $\lambda 4860 \text{ \AA}$ и $\lambda 5430 \text{ \AA}$.

Результаты исследований, проведенных сотрудниками Шамахинской Астрофизической обсерватории были опубликованы на страницах центральных журналов, а также нашли свое отражение в монографии [51]. Отметим, что мы привели результаты наиболее важных исследований по планетам Солнечной системы. Например, в работе [52] для интерпретации слабых полос

поглощения метана в строгой теории спектров планет с двухслойной атмосферой были применены наблюдаемые данные, полученные Н.Б. Ибрагимовым в спектре Юпитера. Ценность вышеупомянутых результатов также подтверждается ссылками на эти работы [53,54,55].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования Н.Б.Ибрагимова в области физики атмосфер планет, особенно по Марсу, были высоко оценены на заседании Генеральной Ассамблеи Международного Астрономического Союза, состоявшемся в августе 1982 года - было решено назвать один из кратеров на карте Марса – «Ибрагимов».

В 1983 году по распоряжению Генерального директора НПО КИ Азербайджана Т.К.Исмаиловым была восстановлена лаборатория Физики планет (в то время ШАО был в составе НПО КИ), но, к сожалению, в 1986 году лаборатория была ликвидирована. Несмотря на все это, исследование атмосфер планет в ШАО продолжается и сегодня. Дальнейшее изучение физических свойств и динамических процессов в верхних слоях атмосфер Юпитера и Сатурна, Урана и Нептуна, а также исследование формирования полос поглощения в спектрах планет-гигантов внесли вклад в развитие метрологии планет, в решение задач эволюции атмосфер планет и космогонии в целом.

Необходимо отметить, что в последнее время наиболее точную информацию о физических процессах, происходящих в атмосферах планет, удастся получить с помощью прямого зондирования атмосфер этих планет космическими аппаратами. Отметим, что успехи, достигнутые в этом направлении, в свою очередь, стимулируют развитие технической оснащенности наземных наблюдений. Поэтому, пока что наземные наблюдения остаются основным источником получения более или менее регулярной информации о физических процессах, происходящих в атмосфере планет солнечной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Н.Б.Ибрагимов. Интегральная спектрофотометрия Марса. **Кандидатская диссертация**. Харьков, 1965.
2. Н.Б.Ибрагимов. Определение оптических параметров атмосферы Марса. **Вестник ХГУ, N 8, Серия астрономическая**. 1965, в.2, с.38-41.
3. В.В.Аврамчук, А.Р.Гайдук, Ю.Д.Давудов, Н.Б.Ибрагимов, И.К.Коваль, В.Д.Крутов. Фотографические наблюдения Марса в период великого противостояния 1971 г. **Астрон. Вестник**, 1972, т.VI, N. 3, с.165-167.
4. В.А. Бронштэн, Н.Б.Ибрагимов. Спектрофотометрия материков, морей и Южной Полярной шапки Марса в июле-августе 1971 г. **Астрон. вестник**, 1976, т. X, N 1, с.38-43.
5. Н.Б.Ибрагимов. Уровень контраста некоторых деталей Марса в июле 1971 года. **Астрон. Цирк**. 1971, N 656, ноябрь 9, с.3.
6. В.А.Бронштэн, Н.Б.Ибрагимов. Спектрофотометрия материков, морей и полярных шапок Марса на двухметровом рефлекторе Шемахинской обсерватории в 1969 г. **Астрон. Вестник**. 1971, т.V, N1, с.16-22.
7. Н.Б.Ибрагимов. О полосе NO_2 $\lambda 6200 \text{ \AA}$ в атмосфере Марса. **Астрон. Цирк**. 1969, N 533, окт. 22, с 3-4.
8. Н.Б.Ибрагимов, В.А. Бронштэн. О присутствии NO_2 в атмосфере Марса. **Письма в Астрон. Журн**. 1975, т. 1, N 11, с.45-48.
9. Н.Б.Ибрагимов, И.К.Коваль. О фиолетовых облаках Марса. **Астрометрия и Астрофизика**. 1971, № 14, с.3-8.
10. В.Г.Тейфель. **Итоги Науки**. Серия Астрономия. М. ВИНТИ. 1967, с.252.
11. Н.П.Барабашов. О фазовой кривой Марса и распределении яркости на его диске. **Астрон. Журн**. 1969, т. 46, № 6, с. 1249-1257.
12. А.А.Атаи, Р.А.Зейналов. Академическая биография Н.Б.Ибрагимова, **Астрон. Журн. Азербайджана**. 2008, № 1-2, с.32-37.
13. Н.Б.Ибрагимов. О свечении ночного неба Венеры. **Астрон. Цирк**. 1969, N533, окт. 22, с.3.
14. Н.А.Козырев. **Изв. Кр. АО**. 1954, 12, с.169.
15. Н.Б.Ибрагимов. Спектрофотометрическое исследование деталей на Венере. **Астрон. Вестник**. 1970, т.IV, N 1, с.31-33.
16. Н.Б.Ибрагимов. Исследование планеты Юпитера и Сатурна на двухметровом рефлекторе ШАО. **Астрон. Журнал**. 1974, т.51, вып.1, с.178-186.
17. Н.Б.Ибрагимов. О тонкой структуре полосы поглощения CH_4 вблизи $\lambda 6800 \text{ \AA}$ в спектре Сатурна. **Астрон. Цирк**. 1970, № 566, с.4-6.
18. В.В.Аврамчук, А.И.Кармелюк. Исследование полосы поглощения аммиака вблизи $\lambda 6450 \text{ \AA}$ в спектре Сатурна. I. Наблюдения. **Астрометрия и Астрофизика**. 1984, т. 51, с. 51-56.
19. В.В.Аврамчук, А.И.Кармелюк. Исследование полосы поглощения аммиака вблизи $\lambda 6450 \text{ \AA}$ в спектре Сатурна. II. Количественный анализ наблюдений. **Астрометрия и Астрофизика**. 1984, т. 52, с.30-37.
20. Н.Б.Ибрагимов. Определение содержания аммиака в атмосфере Юпитера. **Астрон. Журнал**. 1975, т. 52, вып. 4, с.895-898.
21. А.А. Атаи, Ш.М. Намазов, А.М.Мамед-заде. О

- физическом различии некоторых структурных образований атмосферы Юпитера. **Астрон. Вестник**. 1994, т.28, N 1, с.3-12.
22. Д.Х.Аткинсон. Эксперимент по изучению ветра в атмосфере Юпитера путем измерения доплеровских скоростей с помощью космического зонда «Галилео Юпитер». **Астрон. Вестник**. 2001, т.35, № 5, с. 387-413.
23. N.J.Chanover, D.M.Kuehn and R.F.Beebe. Vertical Structure of Jupiter's Atmosphere at the Galileo Probe Entry Latitude. **Icarus**. 1997, vol. 128, p. 294-305.
24. А.А.Атаи, Ш.М.Намазов, М.Дж.Ахундова. О различии физических условий в атмосфере Юпитера вблизи восточного и западного краев его диска. **Цирк. ШАО**. 2003, № 106, с.8-15.
25. А.Н. Аксенов, А.А. Атаи, Н.Б.Ибрагимов. Исследование квадрупольных линий водорода в спектрах Юпитера и Сатурна. **Астрон. Вестник**. 1978, т.ХП, № 2, с.101-106.
26. А.А.Атаи. Молекулярный водород в Большом Красном Пятне Юпитера. **Астрон. Вестник**. 1990, т.24, N 2, с. 121-126.
27. Ш.М.Намазов. Об интенсивности молекулярных полос поглощения метана и аммиака в спектре Юпитера. **Астрон. Цирк**. 1986, № 1470, с. 3-4.
28. А.А. Атаи, Ш.М. Намазов. Временные изменения физических параметров атмосферы Юпитера. **Астрон. Вестник**. 1992, т. 26, N 1, с. 51-61.
29. А.А. Атаи. О переопределении значении мономатричных коэффициентов поглощения для полос NH_3 $5\nu_1$ $6475\text{\AA}$ и $6\nu_3$ CH_4 $6190\text{\AA}$ в условиях атмосферы Юпитера. **Астрон. Журн. Азерб.** 2009, №1-2, с.31-38.
30. Ю.Д.Давудов. Спектрофотометрия Урана и ярких спутников планет-гигантов. **Кандидатская диссертация**. Баку, 1972.
31. Н.Б.Ибрагимов, Ю.Д.Давудов. Спектрофотометрия Урана в области $5000-6800\text{\AA}$. **Астрон. Журнал**, 1975, N 5, Т.52, с. 1029-1033.
32. А.А. Атаи, Н.Б.Ибрагимов. Исследование полос поглощения CH_4 в спектре Урана. **Астрон. Вестник**, 1977, Т.ХI, № 2, с. 90-93.
33. C.P. Pilcher, D.P. Cruikshank, D.Morrison. Evidence for weather on Neptune I. **Astrophys. J.** 1977, 214, No. 2, p. 1, с. 657-662.
34. А.А.Атаи. Спектрофотометрия Урана и Нептуна в области $4300-7000\text{\AA}$. **Астрон. Вестник**. 1980, т.14, N 3, с.154-161.
35. А.А.Атаи, Ф.Н.Кырхларов. Полосы поглощения в спектре Нептуна в области $4000-5000\text{\AA}$. **Астрон. Цирк**. 1985, №1391, июль, с.5-7.
36. А.А.Атаи, Н.А. Гусейнов. Полосы поглощения в спектре Урана в области $4000-5000\text{\AA}$. **Астрон. Цирк**. 1987, №1475, январь, с.1-3.
37. А.А.Атаи, Ф.Н.Кырхларов. Поглощения в спектре Нептуна в области $4000-5000\text{\AA}$. **Цирк. ШАО**. 1988, № 81, с.13-18.
38. В.И. Мороз. **Физика планет**, 1967, Изд-во. «Наука», Москва, с.580.
39. E.Karkoschka. Spectrophotometry of the Jovian Planets and Titan at 300-to 1000-nm wavelength: The methane spectrum. **Icarus**. 1994, 111, N 1, p.174-192.
40. А.А.Атаи. Спектрофотометрия Урана, Нептуна и ярких спутников планет-гигантов. **Кандидатская диссертация**. Баку, 1980.
41. В.Г.Тейфель. Аэрозольная составляющая атмосфер планет-гигантов. **Астрон. Вестник**. 1992, Т.26, № 1, с.3-27.
42. А.А.Атаи. Спектрофотометрия Нептуна в области $4700-7000\text{\AA}$. **Цирк. ШАО**. 1986, № 78-79, с.40-50.
43. Ю.Д.Давудов, И.К. Коваль. Спектрофотометрические особенности некоторых спутников планет. **Астрометрия и Астрофизика**. 1971, в. 14, с.49-54.
44. А.А.Атаи, Н.Б.Ибрагимов. Исследование эмиссионных линий в спектре Ио. **Астрон. Вестник**. 1978, т. ХII, № 1, с.27-33.
45. T.D.Parkinson. Sodium airglow from Io. **Atmospheres of Earth and planets**. Ed. B.M.McCormac, Dordrecht, Boston. 1975, с.433-440.
46. L.Trafton, T.Parkinson, W.Macy. The spatial extent of sodium emission around Io. **Astrophys. J.** 1974, 190, N 2, с.85-89.
47. П.Г.Куликовский. **Справочник любителя астрономии**. Под. ред. В.Г.Сурдина. Москва, Эдиториал УРСС, 2002, 688 с.
48. Б.И.Силкин. **В мире множество лун**. Москва, «Наука», 1982, 208 с.
49. А.А.Атаи. Спектрофотометрия галилеевых спутников Юпитера. **Астрон. Цирк**. 1980, № 1092, с.5-7.
50. А.А.Атаи. Спектрофотометрия Титана в области $4000-7000\text{\AA}$. **Астрон. Цирк**. 1979, № 1047, с.6-8.
51. А.Р.Гайдук, Н.Б.Ибрагимов, И.К.Коваль. **Фотометрические характеристики Марса по данным фотографических наблюдений в период великого противостояния 1971**. Киев, «Наукова Думка», 1975, 170 с.
52. А.С.Аниконов. Интерпретация слабых полос поглощения в спектре Юпитера. **Астрон. Вестник**. 1974, т.8, №4, с. 223-228.
53. N.G. Douglas. Optical methane band observations of Jovian SL-9 impact debris, **Astron. and Astrophys.** 1996, v.313, N 1, p.315-321.
54. J.S.Neff, D.C. Humm, J.T. Bergstralh, A.L. Cochran et.al.. Absolute spectrophotometry of Titan, Uranus and Neptune: $3500-10500\text{\AA}$. **Icarus**. 1984, v.60, N 2, p.221-235.
55. K.H.Baines and J.T.Bergstralh. The structure of the Uranian atmosphere: constraints from the geometric albedo spectrum and H_2 and CH_4 line profiles. **Icarus**. 1986, v.65, N.2/3, p.406-441.

**AZƏRBAYCAN MEA N.TUSİ ADINA ŞAMAXI ASTROFİZİKA RƏSƏDXANASINDA
PLANETLƏRİN TƏDQIQI**

Ə.Ə.Ətəyi, E.R.Yuzbaşov

Məqalədə Azərbaycanda planetlərin tədqiqi tarixi və Milli Elmlər Akademiyasının N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası əməkdaşlarının aldığı elmi nəticələr qısa şərh olunmuşdur.

Aparıcı sözlər : Günəş sisteminin planetləri

**INVESTIGATIONS OF PLANETS IN THE SHAMAKHY ASTROPHYSICAL
OBSERVATORY OF NAS OF AZERBAIJAN NAMED AFTER M.N.TUSI**

A.A.Atai, E.R.Yuzbashov

The history of planets research in Azerbaijan and scientific results of research carried out by colleagues of Shamakhy Astrophysical Observatory named after N.Tusi of National Academy of Sciences is briefly described in this article.

Key words: planets of the solar system.

ЭВОЛЮЦИОННЫЙ СТАТУС ВЫСОКОШИРОТНОГО СВЕРХГИГАНТА 89 HER

© 2010 г. А.М.Халилов, А.Р.Гасанова, З.А.Самедов

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

С использованием спектрограмм полученных на 2-м телескопе Шамахинской Астрофизической Обсерватории (ШАО) и на основе моделей атмосфер Куруца определены параметры атмосферы и химического состава высокоширотного сверхгиганта 89 Her. Сравнение полученных результатов показывает, что в 89 Her содержание Fe понижено, однако C и S показывают избыток по отношению к нормальным сверхгигантам Населения I. Отмечено, что химический состав высокоширотных сверхгигантов отличается от нормальных сверхгигантов Населения I. Исследование подтверждает гипотезу о том, что высокоширотные F – сверхгиганты – объекты на стадии ухода с асимптотической ветви гигантов.

Ключевые слова: звёзды сверхгиганты, атмосферные модели, химический состав.

НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ И ЕГО ОБРАБОТКА

Звезда 89 Her (спектральный класс F2 I_{bc}, $m_v = 5^m.43$) расположена на галактической широте $b = 21^\circ.9$ и расстоянии от галактической плоскости $z = 2.2$ кпк. Абсолютная звездная величина, по сообщениям разных авторов, оценивается от -6^m до -9^m [1].

Наблюдения этой звёзды были выполнены в 1980 г. в фокусе Кудэ 2-м телескопа Шамахинской Астрофизической Обсерватории (ШАО) с разрешением $0.3 \text{ \AA}$ и (обратной) дисперсией $8 - 12 \text{ \AA/мм}$ для синей и красной областей спектра, соответственно. Высота (расширение) спектров на спектрограммах составляет 1.0 и 0.7 мм, а плотность для тех же участков спектра 0.8 и 1.0, соответственно. Отождествлены более 300 линий и определены их эквивалентные ширины W_λ и центральные глубины R_λ . Наблюдательный материал и его обработка, также методика определения химического состава и других параметров этой звезды более подробно описаны в наших предыдущих работах [2, 3].

ЭВОЛЮЦИОННЫЙ СТАТУС 89 HER

На существование сверхгигантов типа A и F, лежащих в высоких галактических широтах, впервые указал [4]. Из этих звезд он отметил, HR 6144, 89 Her, и HD 161796, спектральных классов A7 I_b, F2 I_{bc} и F3 I_b, и видимыми звездными величинами $m_v = 6^m.53$, $m_v = 5^m.5$ и $m_v = 7^m.21$, соответственно.

Галактическая широта этих звезд лежит в пределах 22° или больше. Таким образом, эти объекты расположены далеко от галактической плоскости и скорее всего они формировались там же.

До сих пор (прошло более пятидесяти лет с момента открытия), эволюционный статус этих объектов остается неясным. Предложено несколько вариантов, объясняющих эволюционный статус высокоширотных сверхгигантов:

- 1) молодые, массивные звезды, которые недавно сформировались и «убежали» на большое расстояние от галактической плоскости;
- 2) старые, мало-массивные звезды - эти звезды в конце эволюции достигают высокой светимости;
- 3) они - результат эволюции двойной системы звезд.

Большая часть наблюдательных данных, по всей видимости, говорит в пользу второй гипотезы. Как известно, некоторые шаровидные скопления содержат звезды класса A или F, лежащих на несколько величин выше горизонтальной ветви. Самый известный пример – HD116745=ROA 24 в ω Centauri [5], которая ($M = -3^m.1$) является самой типичной для скопления NGC 5986. Это скопление содержит два таких объекта [6]. Присутствие этих сверхгигантов в шаровых скоплениях показывает, что звезды малой массы могут достигнуть высоких светимостей во время их развития. Среди

поля звезд, исследованы химические составы звезд типа A и F: BD+39°4926, HR 4912, HD 46703 и HR 4049 (см. [7-9]). Эти исследования показали небольшой дефицит железа (см. Табл.1). Это снова показало, что звезда малой массы относится к старому населению шаровых скоплений. Модельные эволюционные треки для звезд малой массы, высокоширотных "сверхгигантов", показывают, что в конце их эволюции от асимптотической ветви гигантов (ABГ) они переходят к системе ядер планетарных туманностей, проходят через область диаграммы ГП.

В спектрах 89 Her [10, 11], HD 161796 [12], и HR 4049 [9] найдены сильные инфракрасные избытки. Это новое доказательство эволюционного статуса для звезд ABГ. Предполагается, что эти звезды окружены большим количеством пыли. К подобным высокоширотным F сверхгигантам можно отнести IRAS 18095+2704 [13], у которого в спектре обнаружен сильный инфракрасный избыток. Однако до сих пор нет анализа химического состава этого объекта. Околозвездные эмиссионные линии CO и OH, были исследованы в спектрах звезда HD 161796 и 89 Her [14]. Пыль и газ, окружающие эти объекты, говорят об обширной потере массы, когда звезды были близки к типу ABГ (подобный аргумент в пользу статуса ABГ был выдвинут для переменной звезды RV Tau). В настоящее время околозвездные наблюдательные материалы получены только в инфракрасных и радио-областях спектра. Наблюдение

флуоресценции планетарной туманности будет возможным тогда, когда центральная звезда достигнет достаточно высокой температуры во время ее последующей эволюции.

Интерпретация высокоширотных сверхгигантов, как post -AGB звезда, недавно подвергли сомнению Fernie и Sasselov [15]. Звезды 89 Her и HD 161796 - пульсирующие переменные, которые относят к типу UU Herculis. Fernie и Sasselov указывают, что на следы ABГ стадии может указывать быстрое увеличение эффективной температуры и уменьшение радиусов, поскольку звезды развиваются к левой стороне диаграммы ГП. Однако, наблюдения за несколько десятилетий в фильтрах B-V 89 Her, HD 161796, и UU Her не показывают предсказанного уменьшения в цветном индексе, и не было обнаружено никакого изменения в периоде пульсации UU Her в течение 20-ого века.

В работе [16] недавно предложили альтернативную интерпретацию. Они утверждают, что эволюционная фаза долговременной (долговечной) высокой светимости возможна тогда, когда это двойная звезда и предполагается, что высокоширотные сверхгиганты являются такими объектами. Отметим, что в наших [2, 17-18] и работах других авторов [14] для высокоширотного сверхгиганта 89 Her есть намек на то, что это двойная звезда.

Химический состав высокоширотного сверхгиганта может дать дополнительную информацию относительно его

Табл.1. Химический состав некоторых высокоширотных сверхгигантов и нормальных сверхгигантов населения I.

Содержание	HR 6144	HD 161796	89Her		HR 7671	HD 46703	HR 4912	BD +39°4926	Нормал. сверхгиг. Насел. I
			Luck 1990	наши данные					
lg ϵ (Li)	---	< 1.6	< 1.6		2.4	---	---	---	
[Fe/H]	-0.4	-0.3	-0.4	-0.9	-1.1	-1.6	-1.2	-2.9	0.0
[C/Fe]	+0.3	+0.3	+0.3	+0.6	-0.3	+1.0	+1.0	+2.5	-0.6
[N/Fe]	+0.9	+1.1	+0.6	-	+0.1	+1.8	+0.6	+2.5	0.5
[O/Fe]	+0.3	+0.4	+0.1	-	-0.3	+1.1	+0.9	2.8	-0.3
[Al/Fe]	+0.5	+0.4	+0.2	-	+0.4	-0.1	+0.4	+0.6	
[S/Fe]	+0.4	+0.7	+0.1	0.63	+0.2	+1.2	+0.2	+3.0	0.0
[Na/Fe]	+0.8	+0.5	+0.5	1.1	+0.5	---	---	---	

эволюционного статуса. Как уже было сказано, дефицит металлов (см. Табл. 1), найденный для четырех высокоширотных сверхгигантов, указывает на их связь с членством в старом населении. Для исследования эволюционного статуса этих звезд мы сравнили химический состав четырех высокоширотных сверхгигантов. Из первичного списка [4] было выбрано все три объекта и переменный высокоширотный сверхгигант HR 7671. В Табл.1 представлены несколько замечательных характеристик металлических свойств химического состава этих звезд, включая широкий диапазон от $[Fe/H] = -0.3$ (HD 161796) до $[Fe/H] = -2.9$ (BD +39°4926). Установлено низкое содержание металлов у высокоширотных сверхгигантов в отличие от сверхгигантов Населения I, для которых имеются сходные солнечным металлические свойства: $\langle [Fe/H] \rangle = +0.03$ со средним квадратичным отклонением 0.12, на основе 41 соседнего сверхгиганта F-K ([19]).

Углерод, азот и кислород помогают проследить в атмосферах звезд продукты горения гелия и водорода в эволюционирующих звездах. Из Табл.1 видно, что высокоширотные сверхгиганты не показывают свойственного для типичных сверхгигантов Населения I содержания CNO: $\langle [C/Fe] \rangle = -0.56$, $\langle [N/Fe] \rangle = +0.46$, и $\langle [O/Fe] \rangle = -0.35$ ([19]).

Подобный химический состав для звезд HR 6144, HD 161796 и 89 Her нехарактерен для сверхгигантов Населения I. Звезды с небольшим дефицитом металлов ($[Fe/H] = -0.4$) указывают на образование их в толще диска Галактики. Углерод и азот оба являются избыточными для всех трех звезд, однако кислород является избыточным только у первых двух, что указывает на то, что продукты горения водорода и гелия были смешаны на звездной поверхности. Кроме того, несколько звезд из программы показывают эмиссии в крыльях линии H_α и сильные инфракрасные избытки. Эти два свойства не типичны для массивных сверхгигантов Населения I.

По местоположению на диаграмме Г-Р трудно отнести эти звезды к Населению I и поэтому предполагается, что высокоширотные

сверхгиганты - звезды малой массы в эволюционной стадии АВГ (наличие пылевой оболочки – протопланетарной туманности). Однако эти звезды не показывают повышенной роли элементов s-процесса, замеченной у высокопроэволюционировавших В звезд.

Однако исследования [9] и наши для 89 Her, HR 6144 и HD 161796 не показывают повышенной доли тяжелых элементов s-процесса, замеченных у высокопроэволюционировавшихся АВГ звезд. Теоретически это понимается как следствие “second dredge-up”, даваемого горячим протоном. В настоящее время необходимо исследовать альтернативные интерпретации АВГ, например, такие, как двойные звезды. AGB звезды теоретически понимаются как следствие вторичного расширения внешней конвективной оболочки (“second dredge-up”), когда звезда переходит на асимптотическую ветвь сверхгигантов с тепловыми пульсациями в слоевом гелиевом источнике (ТП – AGB). Красный сверхгигант, сжатие углеродного ядра, горение гелия и водорода в слоевом источнике. Далее постепенный сброс оболочки, возникновение планетарной туманности и образование белого карлика из обнажившегося ядра с массой $0.85 M_\odot$.

По данным [9], HR 7671 в отличие от других трех звезд, которые очень бедны металлами ($[Fe/H] = -1.1$), имеет небольшой дефицит С и О. S-процесс обладает способностью увеличивать химический состав в четыре раза выше солнечного, и давать удивительно большое количество лития [$\lg \epsilon (Li) = 2.4$]. Этот объект может быть действительно АВГ звездой, которая произошла от богатой литием звезды типа S.

Также интересно было сравнить наши результаты с результатами, полученными для других F-сверхгигантов, находящихся на различных расстояниях от галактической плоскости.

Как было отмечено выше, звезда 89 Her, ($V=5^m.46$, спектральный класс F2 I_{bc}) имеет галактическую широту $b=21^\circ.9$ и расстояние от галактической плоскости $z = 2200$ пс. Для сравнения были выбраны четыре сверхгиганта класса F, которые находятся на разных стадиях эволюции. Звезда γ Cyg ($V=2^m.24$, F8 I_b, $z = 6$

m) является нормальным сверхгигантом. Полярная звезда α UMi ($V=1^m.95 \pm 2^m.05$, F8 I_b) принадлежит к группе долгопериодических цефеид, т.е. попадает в область пульсационной неустойчивости на диаграмме спектр-светимость ([20]). Звезда ρ Cas ($V = 4^m.1 \pm 6^m.2$, F8 I_{ap}, $z = -90$ m) - сверхгигант очень высокой светимости. По характеру изменения блеска её отнесли к группе переменных звёзд типа R Северной Короны. Сверхгигант φ Cas ($V=5^m.0$, спектральный класс F0 I_a) находится на расстоянии от галактической плоскости $z = -150$ m.

Сверхгиганты 89 Her и φ Cas были исследованы нами в работах [3, 21]. Другие три сверхгиганта исследовались в работах [22, 23]. Отметим, что при сравнении содержания химических составов была использована единая система lg gf. Например, для определения содержания железа авторы [22, 23] использовали другие силы осцилляторов. Поэтому, для сравнения содержания железа нами учитывалась разница lg gf между нашими и результатами [22, 23]. Эта поправка составляет $\Delta \epsilon \approx 0.15$. На Рис.1 сравнивается химический состав 89 Her и других F-сверхгигантов. Видно, что величина содержания химических элементов в 89 Her в среднем уменьшается с увеличением атомного веса по сравнению с отмеченными F-сверхгигантами. Однако содержание углерода показывает повышенное значение в среднем на 0.15 dex. Имеется дефицит редкоземельных элементов в атмосфере 89 Her по сравнению с атмосферами других F-сверхгигантов. Аномалия химического состава 89 Her относительно Солнца и других F-сверхгигантов, найденная нами и другими авторами [3, 24, 9], еще раз доказывает, что это звезда не типична для массивных сверхгигантов Населения I.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, получены следующие общие результаты, говорящие о том, что высокоширотные сверхгиганты не являются сверхгигантами Населения I:

1. Наблюдаемый небольшой дефицит металлов $[Fe/H]$, показывающий их происхождение в толще диска или в гало.

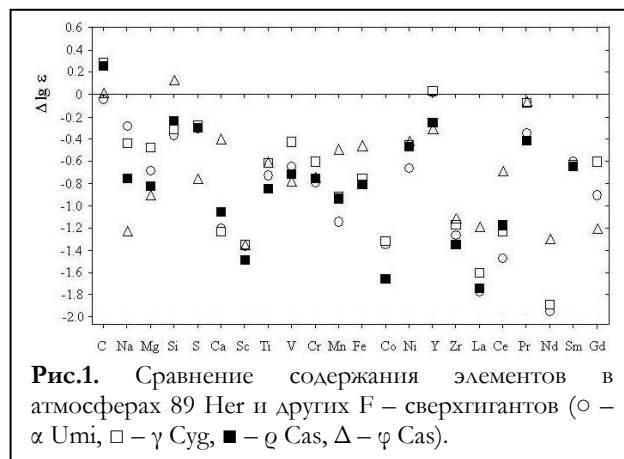


Рис.1. Сравнение содержания элементов в атмосферах 89 Her и других F – сверхгигантов (○ – α Umi, □ – γ Cyg, ■ – ρ Cas, Δ – φ Cas).

2. Избыток содержания углерода и азота по отношению к сверхгигантам Населения I.
3. Большой избыток S, найденный у подмножества высокоширотных звезд.
4. Присутствие эмиссии в линии H_{α} и сильные инфракрасные потоки IRAS.

Итак, полученный аномальный химический состав сверхгиганта 89 Her, полученный нами и другими авторами, [9, 14, 24, 26] вместе с особенностями фотометрических характеристик [25] позволяет считать доказанной гипотезу о принадлежности FHGL-звезд к старым звездам, находящимся на стадии ухода с асимптотической ветви гигантов (post - AGB).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. W.W. Morgan, H.A. Abt and J.W. Tapscott, **Revised MK Spectral Atlas for Stars Earlier than the Sun**. 1978, Yerkes Observatory, University of Chicago and Kitt Peak National Observatory.
2. Халилов А.М. Периодические изменение лучевой скорости и профилей линии H_{α} в спектре 89 Her (F2 Ibe). **Вестник Бакинского Университета**. 2008, № 3, с.174-182.
3. Халилов А.М., Самедов З.А., Гасанова А.Р. Исследование сверхгиганта 89 Her. **Астрономический журнал**. 2008, т.85, № 10, с.940-945.
4. Bidelman W. P. Spectral Classification of Stars Listed in Miss Payne's Catalogue of C Stars. **Ap. J.** 1951, v.113, p.304-308.
5. Diskens R.J. and Powell A.L.T., An abundance analysis of the F – type giant HD 116745 in the globular cluster Omega Centauri. **Mon. Not. R. Astr. Soc.** 1973, 161, p.249-255.
6. Bond H.E. A Slitless-Spectroscopic Survey of the Nearer Globular Clusters. **Bull. American Astron. Soc.** 1977, v.9, pp.601.
7. Luck R.E. The chemical compositions of nine southern supergiant stars. **Astrophys J.** 1979, v.232, p.797-806.

8. Luck R.E., Bond H.E. The chemical compositions of 26 distant late-type supergiants and the metallicity gradient in the galactic disk. **Astrophys J.** 1980, v.241, p.218-227.
9. 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.
10. Humphreys R.M., Ney E.P. Infrared stars in binary systems. **Astrophys. J. Lett.** 1974, v.190, p.339-347.
11. Humphreys R.M., Ney E.P. Supergiant binary stars. **Astrophys. J. Lett.** 1974, v.187, p.75-79.
12. Parthasarathy M., Pottasch S. R. The far – infrared (IRAS) excess in HD 161796 and related stars. **Astron. Astrophys.** 1986, v.154, p.16-19.
13. Hrivnak B.J., Kwok S. and Volk K.M. The high-latitude F supergiant IRAS 18095 + 2704 - A proto-planetary nebula. **Astrophys. J.** 1988, v.331, p.832-837.
14. Bujarrabal V., van Winckel H., Neri R., Alcolea J., Castro-Carrizo A., Deroo P. The nebula around the post-AGB star 89 Herculis. **Astron. Astrophys.** 2007, v.468, L45-L48.
15. Fernie J.D., Sasselov D.D. The evolutionary state of UU Herculis stars. **Publ. ASP.** 1989, v.101, p.513-520.
16. Iben I.Jr., Tutukov A.V. Model stars with degenerate dwarf cores and helium-burning shells-A stationary-burning approximation. **Astrophys. J.** 1989, v.342, p.430-448.
17. Халилов А.М., А.Р. Гасанова Переменность некоторых спектральных линий и профилей линий $H\alpha$ в спектре 89 Her (F2 Ibe). **Астрономический Журнал Азербайджана.** 2007, том 2, № 3-4, с.20-25.
18. Халилов А.М., Гасанова А.Р. Изменение лучевой скорости компонент линии $H\alpha$ в спектре сверхгиганта 89 Her в период 1955-2005 гг. **Астрономический Журнал Азербайджана.** 2006, том 2, № 3-4, с.34-39.
19. Luck R.E., Lambert D.L. Carbon, nitrogen, and oxygen in intermediate-mass supergiants - Is oxygen underabundant? **Astrophys. J.** 1985, v.298, p.782-791.
20. Evans Nancy Ramage, Sasselov Dimitar D., Short C.Ian. Polaris: amplitude period change, and companions. **Astrophys. J.** 2002, v.567, no.2, p.1121-1130.
21. Гасанова А.Р. Халилов А.М. Атмосфера сверхгиганта φ Cas (F0Ia). II. Определение физических параметров и химического состава. **Циркуляр ШАО.** 2003, т.106, с.37-38.
22. Боярчук А.А., Любимков Л.С. Детальный анализ сверхгигантов класса F. Распределение микротурбулентности и содержание элементов в атмосфере φ Cas. **Изв. Крым. Астрофиз. Обсерв.** 1983, т.66, с.130-139.
23. Боярчук А.А., Любимков Л.С., Детальный анализ сверхгигантов класса F. Распределение микротурбулентности и содержание элементов в атмосферах звезд γ Cyg и α UMi. **Изв. Крым. Астрофиз. Обсерв.** 1981, т.64, с.3-12.
24. Ключкова В.Г., Панчук В.Е. F – Сверхгиганты на высоких галактических широтах. **Письма в АЖ.** 1988, №10, с.933-939.
25. 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.
26. Warters L.B.F.M., Waelkens C., Mayor M., Trams N.R. A model for 89 Herculis system. **Astron. and Astrophys.** 1993, v.269, p.242-248.

YÜKSƏK ENLİKDƏ YERLƏŞƏN 89 HER ULDUZUNUN TƏKAMÜL STATUSU

Ə.M.Xəlilov, Ə.R.Həsənova, Z.A.Səmədov

ŞAR-ın 2-m teleskopunda alınmış spektrlər və Kuruğun modellərinə əsasən yüksək enlikdə yerləşən 89 Her ifratnəhəng ulduzunun kimyəvi tərkibi və atmosfer parametrləri təyin olunmuşdur. Alınmış nəticələr I nəsli normal və yüksək enlikdə yerləşən ifratnəhəng ulduzların kimyəvi tərkibi ilə müqayisə olunmuşdur. Aydın olmuşdur ki, 89 Her və yüksək enlikdə yerləşən digər ifratnəhəng ulduzlarda I nəsli normal ifratnəhənglərə nisbətən dəmirin miqdarı az, carbonun və kükürdün miqdarı isə xeyli çoxdur. Qeyd olunur ki, yüksək enlikdə yerləşən F tipli ifratnəhəng ulduzların kimyəvi tərkibi I nəsli normal ifratnəhəng ulduzlardan fərqlidir.

Tədqiqatlar yüksək enlikdə yerləşən F tipli ifratnəhəng ulduzların nəhənglərin asimptotik qolunu (post - AGB) tərk etmək mərhələsində olan yaşlı ulduzlar olması haqqındakı hipotezi təsdiq edir.

Aparıcı sözlər: ifratnəhəng ulduzlar, atmosfer modelləri, kimyəvi tərkib.

THE EVOLUTIONARY STATUS OF THE HIGH-LATITUDE SUPERGIANT 89 HER

A.M.Khalilov, A.R.Hasanova, Z.A.Samedov

Using the spectra obtained at 2- m telescope at ShAO, for high galactic latitude F – type supergiant 89 Her, the chemical composition and atmospheric parameters on the basis of model – atmosphere analyses have been calculated. Comparison of these results with ones of the same spectral type of normal supergiants shows that in 89 Her the Fe abundance is low, but the C and S abundances are high. It is noted that the chemical composition of F-type high latitude supergiants are differ from the typical supergiants of Population I. The analysis confirms the suggestion that the high-latitude F - supergiants are the objects on the post asymptotic giant branch evolution stage.

Keywords: stars: supergiants, model atmospheres, chemical composition.

СТРУКТУРНЫЕ РАЗЛИЧИЯ ЭМИССИОННЫХ ЛИНИЙ ВОДОРОДА ОТ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЛИНИЙ В СПЕКТРЕ НОВОЙ ЛЕБЕДЯ 1975-V1500 Cyg

© 2010 г. М.Б. Бабаев

Шамахинская Астрофизическая Обсерватория им Н.Туси НАН Азербайджана

Долговременное изучение спектра Новой звезды V1500 Cyg показало, что структура эмиссионных линий металла Fe II λ 4177, λ 4233 сильно отличается от структуры эмиссионных линий водорода (H_{α} , H_{β} , H_{γ} , H_{δ} и др.). У водородных линий наблюдаются 4 компоненты. В тоже время, в эмиссионных линиях металла FeII наблюдаются 6 компонентов. И это основное явление является одним из главных отличий структуры эмиссионных линий водорода от металлических линий в спектре этой звезды.

Ключевые слова: Новые звезды, структура эмиссионных линий, компоненты линии.

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, наблюдения Новых звезд в ШАО начались 24 октября 1967 года. До настоящего времени в нашей обсерватории наблюдались 5 Новых звезд. Они следующие:

1. Новая Дельфина 1967=HR Del;
2. Новая Лисички 1968=LV Vol;
3. Новая Змеи 1970=FN Ser;
4. Новая Орла 1970=1229 Aql;
5. Новая Лебедя 1975=V 1500 Cyg.

Новая Лебедя 1975=V1500Cyg относится к той группе Новых, у которой блеск максимальный (см. Таблицу 1).

Спектральные наблюдения этих 5 звезд проводились в ШАО на телескопе АСТ-452 (350 мм) с дисперсией $D=116 \text{ Å/mm}$, и на 2-х метровом телескопе в кассегреновском фокусе (дисперсия в кассегреновском фокусе 30 Å/mm).

В Куде фокусе дисперсия составляла 4 Å/mm . В этом случае спектральное наблюдение приводилось на 2-х м телескопе (см. Таблицу 2). Спектральные наблюдения этой звезды проводились в ШАО с 1 сентября по 18 сентября 1975 года. Получено всего 10

спектрограмм в области спектра $\lambda\lambda$ 7000-6700 Å на фотопластинках А-500 и А-700 с экзопозициями от 30 до 60 минут.

На записи спектрограммы, полученной 2 сентября 1975 года, присутствовали очень широкие эмиссионные линии Бальмеровской серии водорода от H_{α} до H_{16} , FeII, HeI, HeII, OII и др. Действительно, в этом случае ширина эмиссионных линий больше, чем у других эмиссионных линиях других Новых звезд.

На этой записи линии поглощения отсутствуют. В этом же спектре все эмиссионные линии водорода имеют четыре резко выраженные компоненты (см. Рис.2, Табл.2.).

Целью данной работы является изучение структуры сильных эмиссионных линий в спектре Новой Лебедя 1975=V1500 Cyg.

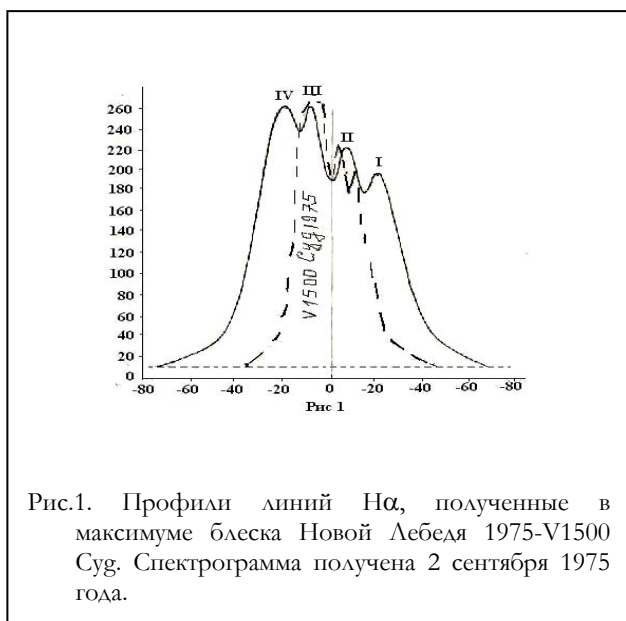
Первичный просмотр записей, полученных на микрофотометре «Лирефо» показал, что все наблюдаемые эмиссионные линии имеют многокомпонентную структуру.

Таблица 1. Яркие Новые звезды

№	Название звезды	Зв.велич в минимуме	Зв.велич. в максимуме	Амплитуда их яркости
1	V 1500 Cyg	21.0 ^m	2.0 ^m	1.5 ^m ÷ 19.0 ^m
2	Cr Pup	17.0 ^m	0.2 ^m	1.5 ^m ÷ 16.8 ^m
3	HR Del	12.0 ^m ÷ 15.0 ^m	3.5 ^m	8.5 ^m ÷ 11.5 ^m
4	GK Per (N Per 1901)	12.8 ^m – 13.5 ^m	0.2 ^m	-
5	RR Pic N	11.5 ^m	1.2 ^m	-
6	V 603 Aql (N Aql 1918)	11.2 ^m – 12.0 ^m	-1.1 ^m	-

Таблица 2. Некоторые параметры эмиссионных линий водорода ($H\delta$, $H\gamma$, $H\beta$) и металла ($FeII$)

Дата	Сп №	Дисперсия	Элементы	Компоненты	$I_{\text{ц}}$	$\text{\AA}$	км/сек	W_{λ} , $\text{\AA}$	$W_{\text{лоб}}$, $\text{\AA}$	V , км/сек
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2-3.09.75	2691	4	$H\delta$	I	1.72	10.0	950	17.6	87.4	-872
				II	1.91	13.0	1390	19.2		-291
				III	1.91	18.0	1756	32.1		+346
				IV	2.00	18.4	1932	38.9		+830
			$H\gamma$	I	1.33	9.8	955	9.4	64.4	-830
				II	1.50	13.0	1384	19.7		-360
				III	1.32	12.8	1300	9.6		+207
				IV	1.29	20.2	2020	18.0		+900
			$H\beta$	I	2.28	11.8	768	27.4	71.8	-988
				II	2.15	14.0	960	26.0		-432
				III	1.63	14.2	950	20.4		+185
				IV	1.38	18.0	1188	20.4		+741
2-3.09.75	2691	4	$FeII$ $\lambda 4177$	I	0.63	17.4	532	4.2	24.2	-1357
				II	0.74	5.8	417	4.2		-785
				III	0.65	7.2	517	4.4		-218
				IV	0.58	5.8	417	3.3		+428
				V	0.45	6.0	431	3.6		+714
				VI	0.22	4.2	298	1.0		+1285
			$FeII$ $\lambda 4233$	I	0.53	17.0	503	3.3	20.8	-1491
				II	0.54	17.0	496	2.5		-923
				III	0.52	8.2	581	5.0		-213
				IV	0.62	9.4	665	6.4		+426
				V	0.38	6.4	454	2.2		+994
				VI	0.27	6.0	354	1.2		+1477

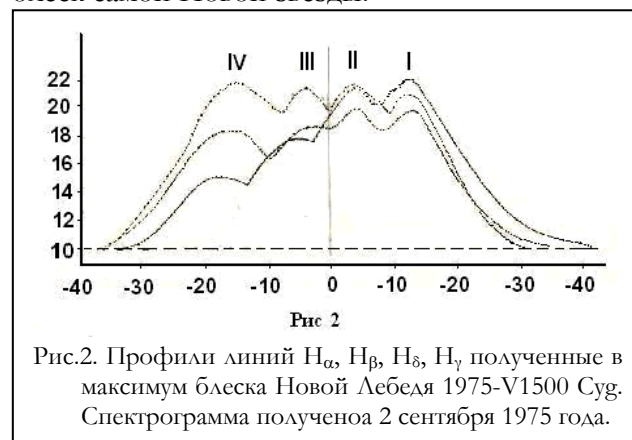
Рис.1. Профили линий $H\alpha$, полученные в максимуме блеска Новой Лебеда 1975-V1500 Суг. Спектрограмма получена 2 сентября 1975 года.

Как видно из этой записи спектрограммы, все водородные линии серии Бальмера имеют 4 компонента. (см. Рис.1). На этой же записи линии металла ($FeII$) имеют более сложную структуру. Они имеют 6 компонентов. В них различаются шесть резко выраженных ядер (см. Рис.1 и Табл.2.). В этом случае все эмиссионные компоненты линии смещены как в фиолетовую ($-V \text{ км/сек}$), так и в красную ($+V \text{ км/сек}$) стороны спектра (см. Табл.2.).

В это же время линии металла ($FeII$) имеют более сложную структуру. В них различаются шесть резко выраженных ядер (см. Рис 1).

Вид спектра, полученного 2 сентября 1975 года показал, что звезда находится в начале небулярной стадии. Отношение интенсивностей эмиссионных компонентов водородных линий мало отличается от таковых в линиях других элементов.

Соотношение интенсивности эмиссионных компонентов линий не остается постоянным. Несмотря на это, структуры водородных и металлических линий не меняются. Водородные линии всегда имеют 4 компонента, а металлические линии - 6 компонентов. В этой фазе изменяется общий блеск самой Новой звезды.

Рис.2. Профили линий $H\alpha$, $H\beta$, $H\gamma$, $H\delta$ полученные в максимум блеска Новой Лебеда 1975-V1500 Суг. Спектрограмма получена 2 сентября 1975 года.

Следует отметить, что характерной особенностью спектра Новой Лебеда 1975-V1500 Суг является то, что линия $H\alpha$ очень интенсивна относительно других линий

Бальмеровской серии, вследствие чего звезда стала очень красной. Все эмиссионные линии в спектре звезды V1500 Cyg очень интенсивны и широки, причем эти широкие линии имеют различную структуру. И это является одним из главных отличий наших наблюдений.

Наконец, уверенно можно сказать, что структурное отличие эмиссионных линий водорода от металлических линий зависит от угла видимости и размера отдельных сгустков.

ОБСУЖДЕНИЕ

Как можно объяснить такое различие структуры водородных эмиссионных линий от металлических (FeII)? Следует отметить, что такое различие в структуре этих линий обусловлено как размером отдельных сгустков, так и углом наклона к углу зрения. В этом случае большие размеры пучков сгустков будут покрывать друг друга, а маленькие сгустки металла не будут покрывать друг друга и поэтому эти сгустковые потоки будут видны как двойные. Поэтому металлические эмиссионные линии будут иметь 6 компонентов, а водородные линии будут иметь 4 компонента. Таково объяснение структурных различий эмиссионных линий

водорода от эмиссионных линий металла (FeII).

Таким образом можно сказать, что структурное различие эмиссионных линий водорода от металлических линий зависит от угла зрения и размеров отдельных сгустков.

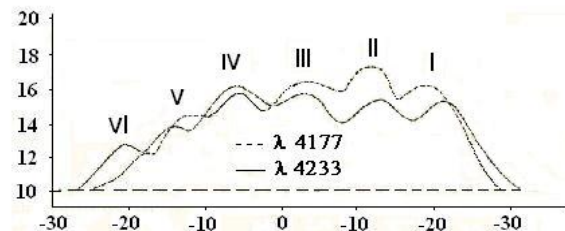


Рис 3

Рис.3. Профили металлических линий FeII $\lambda 4177$ и FeII $\lambda 4233$, полученные в максимум блеска Новой Лебедя 1975-V1500 Cyg. Спектрограмма получена 2 сентября 1975 года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабаев М.Б. Структура H δ , H γ , H β , H α , и FeII-эмиссии в спектре Новой Лебедя 1975 года - V 1500 Cyg, **Циркуляр ШАО**, 1977. №59-60. с.15.
2. Бабаев М.Б., Атаи А.А. Эмиссионные линии в спектре Новой Дельфина 1967г. **Письма в АЖ**. т.3. №10. с.452.

YENI QU 1975=V1500 CYG ULDUZUNUN SPEKTRINDƏ MÜŞAHIDƏ OLUNAN HIDROGENIN EMISSİYA XƏTLƏRİNİN STRUKTURUNUN METAL EMISSİYA XƏTLƏRİNİN STRUKTURASINDAN FƏRQLƏRİ

M.B. Babayev

Yeni Qu 1975=V1500 Cyg ulduzunun spektrinin ardıcıl və hərtərəfli tədqiqi ilkin olaraq göstərdi ki, hidrogenin emissiya xətlərinin strukturu metallik emissiya xətlərini strukturundan fərqlənir. Belə ki, V1500 Cyg yeni ulduz spektrində müşahidə olunan hidrogenin emissiya xətləri 4 komponentli, metal Fe II ($\lambda 4177$), Fe II ($\lambda 4233$) xətləri isə 6 emissiya komponentlərindən ibarətdir. Bu əlamət əslində emissiya xətlərinin başlıca struktur fərqi.

Aparıcı sözlər: Yeni ulduzlar, emissiya xətlərinin strukturu, xətlərin komponentləri

STRUCTURE DISTINCTION OF HYDROGEN EMISSION LINES FROM METAL LINES IN SPECTRUM OF NOVA 1975 =V1500CYG

M.B. Babayev

Long-time investigation of Nova 1975=V1500Cyg spectrum showed that the structure of emission lines of FeII($\lambda 4177$, $\lambda 4233$) differ strongly from the structure of hydrogen emission lines (H α , H β , H γ , H δ). The hydrogen lines have 4 components, and at the same time 6 emission components are observed in the FeII lines. This phenomena is one of main distinctions of the hydrogen emission line structures from the metal lines in the spectrum of this star.

Key words: New stars, structure of emission lines, line's components

55 CYG ULDUZU ATMOSFERİNDƏ BAŞ VERƏN QEYRİ-ADI DƏYİŞKƏNLİKLƏR

© 2010 il Y.M.Məhərrəmov

*AMEA N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası
(e-mail: y_meherremov@rambler.ru)*

Məqalədə 55 Cyg ulduzu haqqında qısa məlumatlar və onun spektrlərində müşahidə olunan qeyri-adi xüsusiyyətlər təqdim olunur. Nəticə etibarilə bu ulduzun spektrlərində hidrogen xətləri profillərinin kəskin dəyişmələri, habelə H_{α} xətti profilinin tam yox olması kimi unikal müşahidə faktı aşkar olunmuşdur. Müşahidə materialları işlənərək 55 Cyg ulduzunda hidrogen xətlərinin profilləri arasında müqayisəli və izahlı şəkildə təhlil aparılmışdır.

Aparıcı sözlər: P Cyg, ulduz, spektr

GİRİŞ

55 Cyg ulduzu (spektral sinfi B3Ia; $m_v=4^m.9$; $T_{\text{eff}}=16500\text{K}$; $M/M_{\odot}=10$; $R/R_{\odot}=25$; $V_{\text{sin}}=61\text{km/s}$) P Cyg tipli isti ifratnəhəng ulduzdur [1-2]. Bu ulduzun müasir eşelle spektrometri ilə alınmış spektrləri nisbətən az tədqiq olunmuşdur. Spektral tədqiqatlar baxımından çox maraqlı olan bu ulduzun spektrlərinin təhlili göstərdi ki, H_{α} və H_{β} xətlərinin profil və intensivlikləri zamandan asılı olaraq kəskin dəyişirlər [3].

1930-1998-ci illər ərzində müxtəlif tədqiqatçılar 55 Cyg ulduzunun spektral dəyişkənliyinə müəyyən qədər yer versələr də, bu ulduzun atmosferində gedən fiziki və kimyəvi proseslər ətraflı öyrənilməmişdir. Belə ki, tədqiqatçıların əksəriyyəti həm B spektral sinfinə mənsub olan, həm də P Cyg tipli ulduzlarla ümumi şəkildə məşğul olduqlarından, 55 Cyg ulduzu üçün səciyyəvi olan bir sıra maraqlı incəliklər, o cümlədən H_{α} və H_{β} xətləri profillərinin zamandan asılı dəyişmələri ətraflı araşdırılmamış və bu haqda heç bir elmi izahatlar verilməmişdir [3-4].

İşin əsas məqsədi 55 Cyg ifratnəhəng ulduzunun Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının 2m-lik teleskopunda alınan spektrlərində H_{α} xətti profilinin yoxa çıxması kimi nadir müşahidə faktının konstataşyasıdır.

MÜŞAHİDƏ MATERIALLARININ ALINMASI, İŞLƏNMƏSİ VƏ MÜZAKİRƏSİ

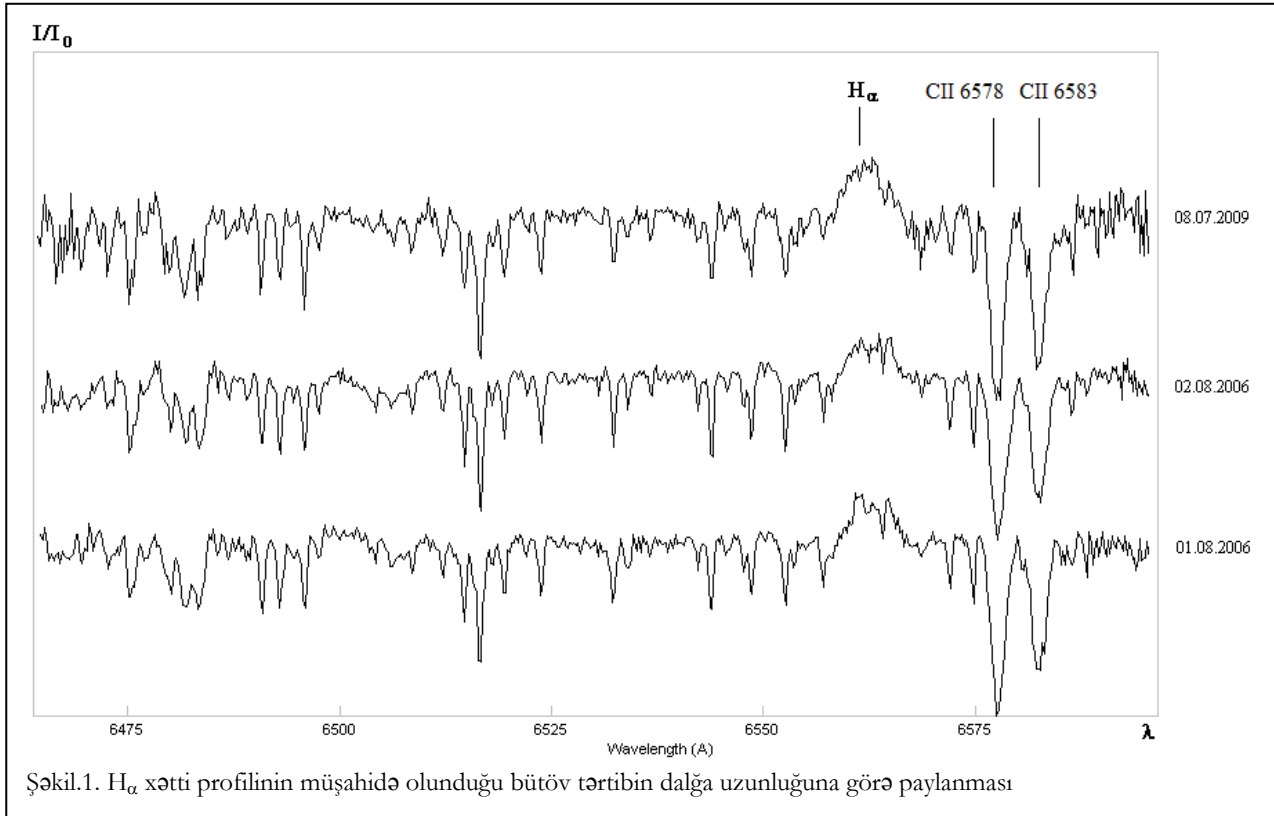
1998-2010-cu illərdə N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının 2m-lik teleskopunun

müasir eşelle spektrometri vasitəsilə 55 Cyg ulduzunun monitorinq xarakterli çoxsaylı spektral müşahidələri aparılmış və yüksək keyfiyyətli CCD spektrləri alınmışdır. Alınan spektrlər DECH-20 və DECH-20T [5] paket proqramları vasitəsilə işlənmişdir.

Müəyyən edilmişdir ki, 55 Cyg ulduzunun spektrində - xüsusilə H_{α} xəttinin profili həm struktur cəhətdən həm də spektral parametrlərin qiymətləri baxımından zamana görə çox sürətlə dəyişir [6].

2006-cı ildən sonrakı dövrdə bu ulduzun spektrlərində hidrogen xətləri (H_{α} və H_{β}) profillərində qeyri-adi dəyişkənliklər aşkar olunmuşdur. Bu maraqlı müşahidə faktlarını aydın görmək və müəyyən müqayisələr aparmaq məqsədilə (şəkil 1, 2) H_{α} xəttinin yerləşdiyi tərtibdə fraqmentlər elə müşahidə olunduğu kimi də göstərilmişdir. Göründüyü kimi, bu oblastda, ($\lambda\lambda 6472-6592\text{\AA}$) H_{α} -dan başqa digər elementlərin (CII6578, CII6583) udulma xətləri müşahidə olunmuşdur.

Şəkil 1-dən göründüyü kimi, 55 Cyg ulduzunun 01-02 avqust 2006-cı ildə alınmış spektrlərində, H_{α} xəttinin udulma komponenti zəifləyərək kəsilməz spektr səviyyəsinə olduqca yaxınlaşmışdır. Eyni zamanda əvvəlki tarixlərdəkilərə nisbətən şüalanma komponentinin də daha çox zəiflədiyi şəkil 1-dən aydın görünür. Eyni hal bu ulduz üçün 08 iyul 2009-cu il tarixində alınmış müşahidə materialında da təkrar olunmuşdur.



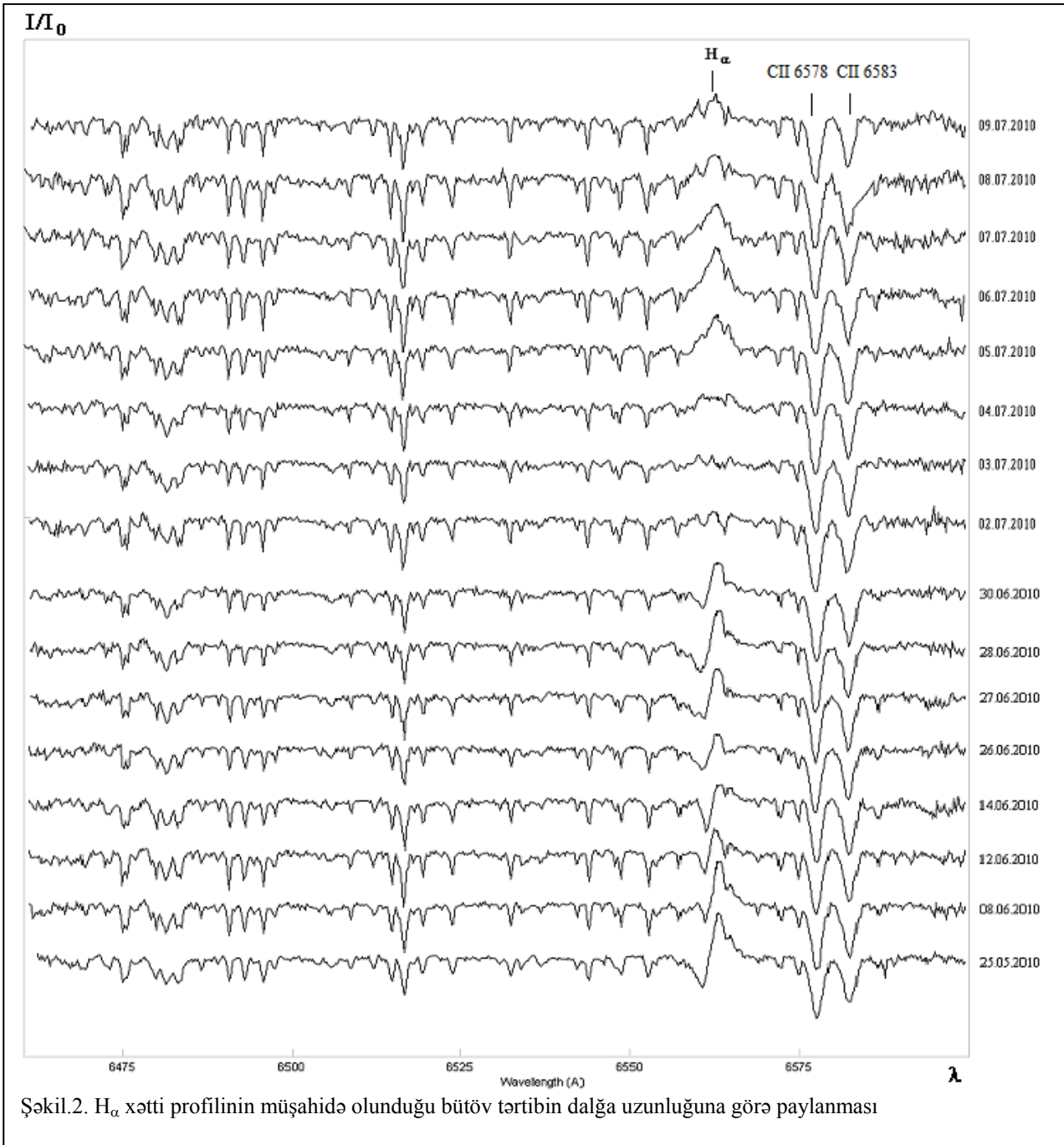
Maraqlıdır ki, həmin müddətlərdə H_{β} xətlərinin profillərində də nəzərə çarpacaq dəyişkənliklər baş vermişdir. Bu maraqlı müşahidə faktları 55 Cyg ulduzunun müntəzəm müşahidə olunması zərurətinin yaranmasına səbəb oldu.

Bu məqsədlə 2010-cu ilin may-oktyabr aylarında hava şəraitindən asılı olaraq, demək olar ki, hər gecə 55 Cyg ulduzunun spektral müşahidələri aparıldı. Bu müddət ərzində alınmış spektrlərdən H_{α} oblastı üçün ($\lambda\lambda 6472-6592\text{\AA}$) şəkil 2-də maraqlı fraqmentlər verilmişdir. Göründüyü kimi, may-iyun (2010) aylarında alınmış spektrlərdə H_{α} xəttinin profilləri normal P Cyg tipli ulduzlarda olduğu kimi müşahidə olunur və heç bir qəribəlik nəzərə çarpmır. Belə ki, bu müddət ərzində H_{α} xəttinin udulma və şüalanma komponentlərinin spektral parametrlərində (intensivlik və şüa sürətlərində) müəyyən dəyişkənliklər baş verir, lakin belə dəyişmələr əksər ifratnəhəng ulduzlar, o cümlədən 55 Cyg üçün indiyə kimi müşahidə olunan adi hal hesab edilir. Lakin bunlardan fərqli olaraq 55 Cyg ulduzunun 02-03 iyul 2010-cu il tarixlərində alınan spektrlərdə H_{α} xəttinin profili tamamilə yoxa çıxmış və həmin dalğa uzunluğu ($6562.816\text{\AA}$) oblastında zəif atmosfer

xətlərindən və küydən başqa heç bir spektral detal müşahidə olunmur (şəkil 2).

Maraqlıdır ki, həmin tarixlərdə müqayisə məqsədilə α Cyg ifratnəhəng ulduzu da müşahidə edilmişdir ki, lakin onun spektrlərdə H_{α} xəttinin profili normal P Cyg tipli profillər kimi müşahidə olunmuşdur. Əlavə olaraq qeyd edək ki, 55 Cyg ulduzunun H_{α} -nın yoxa çıxdığı spektrlərində H_{α} -dan başqa bu ulduza xas olan digər xətlərin (H_{β} , HeI, NaI, CII və s.) hamısı müşahidə olunmuşlar. Digər tərəfdən, 55 Cyg-nin 2010-cu ildə alınan spektrlərin hamısı üçün H_{α} xətti oblastında siqnal/küy (S/N) nisbəti 150-200 ətrafında olmuş və bir-birindən kəskin fərqlənmədiyi müəyyən edilmişdir.

Buna görə də, 55 Cyg ulduzu spektrlərində H_{α} xətti profilinin tamamilə yoxa çıxmasının əsas səbəbi çox ehtimal ki, bilavasitə ulduzun özündə baş verən mürəkkəb fiziki proseslərlə əlaqədardır. Sonradan aparılan müntəzəm müşahidələr göstərdi ki, H_{α} -nın yoxa çıxmasından bir gün sonra, yəni 04 iyul 2010-cu il tarixində alınmış spektrdə H_{α} xəttinin yalnız zəif emissiya komponentinin yaranması müşahidə edilir. Daha sonrakı müşahidələrdə (05-06 iyulda) emissiya komponentinin nisbətən güclənməsi prosesi (şəkil 2) davam edir. Lakin sonrakı üç gün (07, 08,



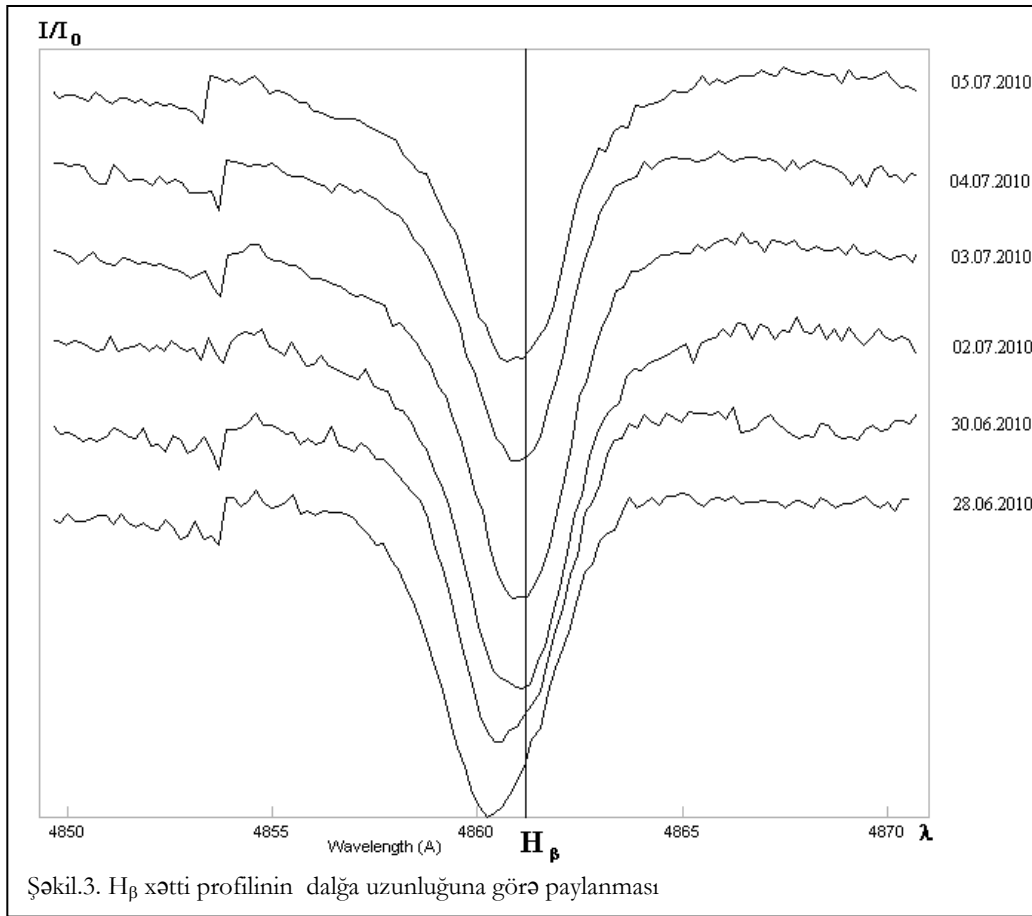
Şəkil.2. H_{α} xətti profilinin müşahidə olunduğu bütöv tərtibin dalğa uzunluğuna görə paylanması

09 iyul) ərzində alınan spektrlərdə emissiya komponenti tədricən zəifləyərək, 02-04 iyulda olduğuna bənzər, H_{α} xətti profilinin tam yoxa çıxması mərhələsinə olduqca yaxın olan hal müşahidə olunur. Təəssüf ki, 30 iyundan 02 iyula keçən (01 iyulda) gecə, keçid mərhələsinin ən maraqlı məqamından birinə uyğun müşahidələr aparılmamışdır. Yuxarıda qeyd edildiyi kimi, 01-02 avqust 2006 və 08 iyul 2009-cu il tarixlərində də 55 Cyg üçün alınan spektrlərdə buna bənzər hallar müşahidə olunmuşdur. 2006-cı ildən indiyə kimi aparılan müşahidələrin analizi göstərir ki, 55 Cyg ulduzunun spektrində H_{α} -nın yoxa çıxması

hadisəsi təkrarlanan hadisə kimi qəbul edilə bilər. Çox ehtimal olunur ki, bu hadisə təkrarlanmaqla yanaşı dövrü xarakterlidir və onu aşkar etmək üçün müntəzəm müşahidələr aparılır.

H_{α} xətti profilinin yoxa çıxmasını daha ətraflı araşdırmaq məqsədilə həmin vaxtlarda, eləcə də ondan əvvəl və sonrakı gecələrdə alınmış spektrlərdə H_{β} və digər spektral xətlərin (HeI , NaI , NII , $SiII$, CII , $FeII$, $FeIII$, və s.) şüa sürətləri (V_r), ekvivalent enləri (W_{λ}) və mərkəzi dərinlikləri (R_0) ölçülmüşdür.

Bu kəmiyyətlərin hamısının zamandan asılı olaraq dəyişmələri tədqiq edilmişdir. Məlum



olmuşdur ki, işlənən xətlərin profilləri, onların şüa sürətləri və digər spektral parametrləri zamandan asılı olaraq dəyişirlər. Nümunə kimi şəkil 3-də H_β xəttinin profili göstərilmişdir. Göründüyü kimi H_β -nın profilində müəyyən dəyişmələr - xəttin konturunun spektrin qırmızı tərəfinə sürüşməsi və uyğun olaraq şüa sürətinin də dəyişməsi müşahidə olunur.

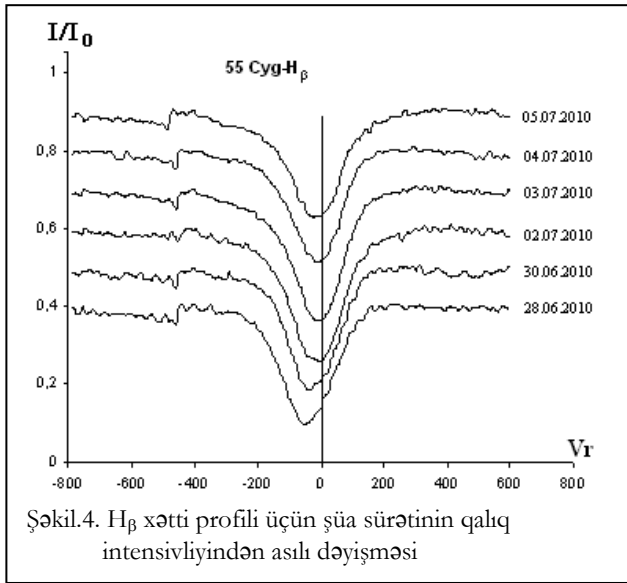
Yuxarıda göstərilən faktlar bir daha sübut edir ki, tədqiq olunan ifratnəhəng 55 Cyg ulduzunun spektrində H_α xətti profilinin müşahidə olunmaması astronomiya tarixində nadir real bir hadisədir, və bu hadisə nə müşahidə texnikası, nə də ulduzun qoşalığı ilə əlaqədar deyildir.

Eyni zamanda alınmış həmin spektrlər əsasında H_β xəttində şüa sürətləri ölçülmüş və şəkil 4-də qalıq intensivliyinin (I/I_0) V_r -dən asılı olaraq dəyişməsi göstərilmişdir. Ölçmələr göstərdi ki, H_α xətti profilinin müşahidə olunmadığı və kəskin zəiflədiyi tarixlərdə H_β -nın intensivliyində əvvəlcə azalma, sonra yenidən artma, daha sonra yenidən azalma halları müəyyən edilmişdir. Şüa sürətlərinin qiymətlərində isə nəzərə cərpacaq dərəcədə

dəyişmə aşkar olunmuşdur. Çox ehtimal ki, H_β xəttində də zəif və aydın müşahidə oluna bilməyən emissiya komponenti vardır ki, bu da H_β -nın intensivliyinin azalıb-artmasına və bu halın təkrarlanmasına səbəb olmuşdur.

Ümumiyyətlə 55 Cyg ulduzunun çoxsaylı spektrləri əsasında onun H_α xəttinin müxtəlif tipli profilləri müşahidə olunmuşdur - tam udulma, tam şüalanma, normal P Cyg tipli profil, invers P Cyg tipli profil, mərkəzi şüalanma komponentinin hər iki qanadında asimmetrik yerləşən udulma komponentləri olan profillər, H_α profilinin tam yoxa çıxması halı və s.

Məlumdur ki, H_α , H_β və He xətləri effektiv olaraq atmosferin xarici qatlarında, yəni ulduz küləyinin formalaşdığı qatlarda - səthə yaxın qatlarda yaranır. Spektrlərdə müxtəlif formalı profillərin müşahidə olunması faktları əsasında demək olar ki, ulduz küləyinin dəyişməsi nəticəsində 55 Cyg ulduzunun örtük hissəsində olduqca qeyri-stasionar dəyişkənliklər baş verir. Atmosferdə baş verən müxtəlif xarakterli dəyişmələr həm H_α xəttinin udulma komponentinin və həm də ulduz küləyinin



dəyişməsinə səbəb olur. Nəticədə ulduzun örtüyündə, və o cümlədən, H_{α} xəttinin emissiya komponentinin yarandığı (effektiv) qatlarda da uyğun dəyişmələr baş verir və emissiyanın intensivliyi dəyişməyə məruz qalır. Bəzi hallarda udulma və şüalanma komponentlərinin intensivlikləri bərabər olur, yəni hər iki komponent daxilində udulan və şüalanan enerjilər bərabər olur. Əgər belə halda komponentlərin dalğa uzunluqları (və ya tezlikləri) fərqli olarsa, onda udulan və şüalanan enerji bir-birlərini kompensə edə bilmir və nəticədə normal P Cyg tipli profillər müşahidə olunur. Əgər hər iki komponentin həm intensivlikləri və həm də tezlikləri uyğun olaraq bərabər olub amma tam enləri ($\Delta\lambda$) fərqli olarsa, onda şüalanma komponentinin hər iki qanadlarında udulma komponentləri (və ya əksinə - udulma komponentinin qanadlarında emissiya komponentləri) yerləşən profillər müşahidə olunur.

Nəhayət hər iki komponentin intensivlikləri (W_{λ}), dalğa uzunluqları (λ) və tam enləri ($\Delta\lambda$) uyğun olaraq bir-birlərinə bərabər olduğu halda udulma və şüalanma komponentləri bir-birlərini kompensasiya edir, yəni ulduzun atmosferində (udulma komponenti daxilində) udulan enerji örtük tərəfindən (şüalanma komponenti daxilində) şüalanan enerji vasitəsilə kompensasiya oluna bilər və nəticədə 55 Cyg ulduzunda olduğu kimi xəttin profili müşahidə oluna bilməz.

Deyilənlərdən aydın olur ki, 55 Cyg ulduzunun örtüyündə yaranan emissiya komponentinin intensivliyi, mərkəzi tezliyi və tam eni atmosferdə yaranan absorbsiya komponentinin uyğun parametrlərinə bərabər olmuşdur, yəni aşağıdakı şərtlər ödənilmişdir:

$$W_{\lambda}(\text{abs}) = W_{\lambda}(\text{em});$$

$$\lambda(\text{abs}) = \lambda(\text{em}) \text{ və } \Delta\lambda(\text{abs}) = \Delta\lambda(\text{em}).$$

Bu şərtlərin ödənilməsində ulduzun örtük hissəsini qidalandıran və onu həyəcanlandıran ulduz küləyinin dəyişməsi əsas rol oynayır. Məlumdur ki, ifratnəhənglərdə ulduz küləyinin dəyişməsi və sürətlənməsində ulduzun güclü şüalanma seli əsas rol oynayır [7]. Bu tip ulduzlarda atmosferin xarici qatları fotosferin daxili qatlarına nisbətən həyəcanlanmaya daha çox məruz qalır. Şüa sürətlərinin ölçmələri göstərir ki, B sinif ifratnəhənglərdə H_{α} xətti əsasən atmosferin yuxarı qatlarında yaranır [7]. Beləliklə, ulduzun şüalanma selinin və eləcə də ulduz küləyinin dəyişməsi atmosferin yuxarı qatlarında və örtükdə müvafiq dəyişmələr yaradır və nəticədə H_{α} xəttinin udulma və şüalanma komponentləri dəyişərək müxtəlif formalı P Cyg profilləri müşahidə olunur. Buradan aydın olur ki, 55 Cyg ulduzunun spektrlərində H_{α} xətti profilinin müşahidə oluna bilməməsi bilavasitə ulduz küləyinin və güclü şüalanma selinin dəyişməsi ilə əlaqədardır.

Ulduz küləyinin yaranması və dəyişməsi aşağıdakı fiziki proseslərlə əlaqədardır:

- Ulduz atmosferinin aşağı qatlarında baş verən dəyişən xarakterli konvektiv və turbulent hərəkətlərin olması [7];
- Dəyişən maqnit sahəsi** vasitəsilə sahə istiqamətində yüklü zərrəciklərin (istiqamətlənmiş) **dəyişən hərəkəti**;
- Bütün ifratnəhəng ulduzlara xas olan pulsasiya prosesi [8];

Bu faktorlardan ulduz küləyinin ən çox dəyişməsinə səbəb olan pulsasiya prosesidir.

Bu proses dövrü xarakterlidir və ona görə də əgər 55 Cyg ulduzunda H_{α} -nın itməsi bilavasitə pulsasiya ilə bağlıdırsa, onda H_{α} -nın itməsi dövrü olmalıdır. Bunu aşkar etmək məqsədilə bu ulduzun müntəzəm spektral müşahidələrini aparırıq və gələcəkdə fotometrik müşahidələrin də aparılması nəzərdə tutulur.

NƏTİCƏ

Yuxarıda qeyd olunanlara əsasən aşağıdakı ilkin nəticələri demək olar.

1. 55 Cyg ifratnəhəng ulduzunun spektrlərində H_{α} xətti profilinin yoxa çıxması real və nadir hadisədir.

2. Bu proses zamandan asılı olaraq 55 Cyg ifratnəhəng ulduzunda təkrar müşahidə olunan hadisədir.

3. H_{α} xətti profilinin yoxa çıxması, bilavasitə ulduz küləyinin və şüa selinin güclü dəyişməsi nəticəsində udulma və şüalanma komponentlərinin bir-birlərini kompensasiya etməsi ilə əlaqədardır.

55 Cyg ulduzunu müşahidə etməyə imkan yaratdıqlarına və göstərdikləri köməkliklərinə görə Ə.S.Quliyevə, X.M.Mikayılova, İ.Ə.Ələkbərova, işi ətraflı müzakirə etdiyinə və dəyərli məsləhətlərinə görə S.H.Əliyevə dərin minnətdarlığımı bildirirəm.

ƏDƏBİYYAT

1. Aller L.H. Atmospheres of the B stars. II. The supergiant 55 Cygni, **American Astronomical Society**. 1956, p.133-138.
2. Underhill A.B. Some observations of the supergiants 67 Ophiuchi, 55 Cygni, and χ^2 Orionis, **Dominion Astrophysical Observatory, Victoria, B.C.**, 1960, Vol. XI, №18, p.353-361.
3. Granes P. Evolution du spectre la supergeante 55 Cygni, **Astron. & Astrophys.** 1975, Vol.45, p.343-347.
4. Hanson M.M., Rieke G.H. and Luhman K.L. Near-infrared H-Band features in late O and B stars, **The Astronomical journal**, 1998, October, Vol.116, p.1915-1921.
5. Галазутдинов Г.А. Система обработки Эшелле-спектров DECH20. **Препринт САО** 1992, №92.
6. Магеррамов Я.М., Мамедова И.М., Балогланов А.Ш., Бабаев А.Г. Исследование линии H_{α} в спектре звезды HD198478 55 Cyg B3Ia., **ADPU, Pedagoji Universitet Xəbərləri**, 2009, №5, s. 19-26.
7. Де Ягер К. **Звезды наибольшей светимости**. Москва, МИР, 1984, -493 с.
8. Кох Дж.П. **Теория звездных пульсаций**, Москва, МИР, 1983, -326 с.

НЕОБЫЧНЫЕ ПЕРЕМЕННОСТИ В АТМОСФЕРЕ ЗВЕЗДЫ 55 CYG

Я.М.Магеррамов

В статье приводятся некоторые необычные спектральные особенности, наблюдаемые у звезды 55 Cyg. Представлены наблюдательные данные о переменности профилей водородных линий и, в частности, уникальный наблюдательный факт исчезновения профиля водородной линии H_{α} . Приведены профили линий и проведен сравнительный анализ переменностей, наблюдаемых в профилях водородных линий у звезды 55 Cyg.

Ключевые слова: P Cyg, звезда, спектр

UNUSUAL VARIABILITIES IN THE ATMOSPHERE OF THE STAR 55 CYG

Y.M.Maharramov

Some unusual spectral features of the star 55 Cyg are presented in the article. Observational data on the variability of hydrogen lines profiles, in particular, the unique observational fact of the disappearance of the H_{α} profile are presented. Profiles of the line and comparative analysis of the variables observed in the profiles of hydrogen lines of the star are adduced.

Key words: P Cyg, star, spectrum