

**AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR
AKADEMİYASI**

**AZƏRBAYCAN
ASTRONOMİYA
JURNALI**

**2007
CİLD 2
№ 3-4**

**AZERBAIJANI ASTRONOMICAL
JOURNAL**

Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası

**AZƏRBAYCAN
ASTRONOMİYA
JURNALI**

Cild 2 – № 3-4 – 2007

Azerbaijan National Academy of Sciences

Национальная Академия Наук Азербайджана

**AZERBAIJANI
ASTRONOMICAL
JOURNAL**

**АСТРОНОМИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ
АЗЕРБАЙДЖАНА**

Volume 2 – No 3-4 – 2007

Том 2 – № 3-4 – 2007

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 MÜAVİNİ: E.S. Babayev

MƏSUL KATİB: 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
Sultanov H.F.	AMEA N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası

Texniki redaktor: Əsgərov A.B.

Internet 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

© 2007 Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası.
© 2007 AMEA N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası.
Bütün hüquqlar qorunmuşdur.
Bakı – 2007

“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:

Джалилов Н.С. (Шамахинская Астрофизическая Обсерватория)

Гусейнов Р.Э. (Бакинский Государственный Университет)

Исмаилов Н.З. (Шамахинская Астрофизическая Обсерватория)

Гасымов Ф.К. (Институт физики НАНА)

Гулузاده Дж.М. (Бакинский Государственный Университет)

Султанов Г.Ф. (Шамахинская Астрофизическая Обсерватория)

Технический редактор: Аскеров А.Б.

Адрес редакции:

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

Журнал издается 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, 2007 г.
© Шамахинская Астрофизическая Обсерватория им. Н.Туси НАНА, 2007 г. Все права защищены.
Баку - 2007

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)

Sultanov H.F. (Shamakhy Astrophysical Observatory)

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

© 2007, Azerbaijan National Academy of Sciences.
© 2007, Shamakhy Astrophysical Observatory named after N.Tusi, ANAS. All rights reserved.
Baku -2007

MÜNDƏRİCAT

KOMET PARAMETRLƏRİNİN PAYLANMASINDAKI BİR ANOMALIYA BARƏDƏ Ə.S.Quliyev, Ə.S.Dadaşov	5
MƏHDUD ÜÇ CİSİM MƏSƏLƏSİNİN XÜSUSİ HƏLLƏRİ HAQQINDA A.H.Məmmədli	10
V-ASTEROİDLƏRİNİN ƏKS OLUNMA SPEKTRİNDƏ 600-650 nm YAXINLIĞINDA ZƏİF UDULMA ZOLAQLARININ SİSTEMLƏŞDİRİLMƏSİ VƏ İZAHI D.İ. Şestopalov, L.O.Həsənova	15
89 HER(F2 Ibe) ULDUZU SPEKTRİNDƏ H_{α} XƏTTİ PROFİLİNİN VƏ BƏZİ SPEKTRALXƏTLƏRİN DƏYİŞMƏSİ Ə.M. Xəlilov, Ə.R.Həsənova	20
XROMOSFER ALIŞMALARIN “BULUD” MODELİ A.A.Rüstəmov	27
AZƏRBAYCAN METEORİTLƏRİ E.S. Babayev, Ə.Ə.Əliyeva	30

CONTENTS

СОДЕРЖАНИЕ

ABOUT ONE ANOMALY IN THE DISTRIBUTION OF COMETS PARAMETERS A.S. Guliyev, A.S.Dadashov	5	ОБ ОДНОЙ АНОМАЛИИ В РАСПРЕДЕЛЕНИИ ПАРАМЕТРОВ КОМЕТ А.С.Гулиев, А.С.Дадашов	5
ON PARTIAL SOLUTIONS OF A RESTRICTED THREE-BODY PROBLEM A.H. Mammadli	10	О ЧАСТНЫХ РЕШЕНИЯХ ОГРАНИЧЕННОЙ ЗАДАЧИ ТРЕХ ТЕЛ А.Г.Мамедли	10
SYSTEMATIZATION AND INTERPRETATION OF FAINT ABSORPTION BANDS NEAR 600-650 nm IN V-ASTEROID REFLECTANCE SPECTRA D. I. Shestopalov, L.O.Hasanova	15	СИСТЕМАТИКА И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ СЛАБЫХ ПОЛОС ПОГЛОЩЕНИЯ ВБЛИЗИ 600-650 нм В СПЕКТРАХ ОТРАЖЕНИЯ V-АСТЕРОИДОВ Д.И.Шестопапов, Л.О.Гасанова	15
VARIATIONS OF SOME SPECTRAL LINES AND PROFILE OF THE H α LINE IN THE SPECTRUM OF THE 89 HER (F2 Ibe) A.M.Khalilov, A.R.Hasanova	20	ПЕРЕМЕННОСТЬ НЕКОТОРЫХ СПЕКТРАЛЬНЫХ ЛИНИЙ И ПРОФИЛЕЙ ЛИНИЙ H α В СПЕКТРЕ 89 HER (F2 Ibe) А.М.Халилов, А.Р.Гасанова	20
“CLOUD” MODELS OF THE CHROMOSPHERIC FLARES A.A.Rustamov	27	О МОДЕЛИ “ОБЛАКО” ХРОМОСФЕРНЫХ ВСПЫШЕК А.А.Рустамов	27
AZERBAIJANI METEORITES E.S.Babayev, A.A.Aliyeva	30	АЗЕРБАЙДЖАНСКИЕ МЕТЕОРИТЫ Э.С.Бабаев, А.А.Алиева	30

ОБ ОДНОЙ АНОМАЛИИ В РАСПРЕДЕЛЕНИИ ПАРАМЕТРОВ КОМЕТ

© 2007 г. А.С.Гулиев¹, А.С.Дадашов²

¹ Шамахинская Астрофизическая Обсерватория им Н.Туси НАН Азербайджана

² Батабатская Астрофизическая Обсерватория Нахчыванского Отделения НАН Азербайджана
(e-mail: ayuyub@science.az)

Распределение перигелиев комет рассматривается на новой основе. Ранее сделанный вывод о концентрации перигелиев вблизи плоскости с параметрами $I = 85^{\circ}.84$; $\Omega = 272^{\circ}.599$ подтверждается. Статистическая значимость этой концентрации выходит за пределы возможных случайностей. Исследован вопрос о распределении удаленных узлов в этой плоскости. С этой целью исследуются интервалы, переплетающиеся друг друга. Перенаселенность интервала 250 – 400 а.е. кометными узлами подтверждается. Этот факт может свидетельствовать о наличии одного или нескольких крупных тел – источников комет.

Ключевые слова: долгопериодические кометы, транснептуновые планеты, распределение перигелиев

ВВЕДЕНИЕ

Исследование распределения перигелиев (или же афелиев) долгопериодических комет имеет почти 200-летнюю историю. Интерес к этой теме обусловлен ее космогоническими корнями. Вопрос имеет колоссальное значение также и для исследования проблемы кометной опасности для Земли. В любой теории происхождения комет тонкая структура распределения перигелиев должна получить логическое объяснение, иначе такая теория не может считаться полноценной. В этой статье мы будем рассматривать отдельные аспекты данного вопроса. Наш анализ основывается на развитии некоторых идей одного из авторов этой работы. Расчеты, проделанные в работах [1,2], показывают, что распределение кометных перигелиев характеризуется концентрацией точек вблизи плоскости с параметрами

$$I = 85^{\circ}.84; \quad \Omega = 272^{\circ}.599. \quad (1)$$

Напомним, что при математических расчетах для определения параметров плоскости был использован принцип минимизации. Кроме того, в работе [2], а также в некоторых других работах Гулиева, установлено, что количество кометных пересечений в плоскости (1) и на расстоянии 250-401 а.е. резко возрастает.

Кометные данные непрерывно растут. Поэтому время от времени приходится возвращаться к этому вопросу для

подтверждения сделанных выводов на новом материале, вдобавок пополненный материал позволяет применять новые критерии для более глубокого изучения данного вопроса.

В настоящей работе будем исследовать кометные данные до середины 2008 года. При этом мы использовали данные каталога [3] и Циркуляров [4]. Составленный таким образом наш список состоит из 948 комет и замыкается кометой C/2008 L3. Данные кометных групп Крейца, Марсдена, Мейера и Крахта не рассматриваются, изучаются данные комет с периодом больше 200 лет.

ПОСТАНОВКА ВОПРОСА

На основании эклиптических координат перигелиев

$$x = \cos L \cos B; \quad y = \cos L \sin B; \quad z = \sin B$$

(где L и B являются эклиптическими координатами перигелиев), вычисляются плоскости с минимальными дисперсиями в виде

$$z = ax + by; \quad x = az + by; \quad y = az + bx. \quad (2)$$

И за основу берется та из них, которая связана с наименьшей дисперсией. В цитируемых статьях уровень детерминированности не был исследован. Кроме того, в них среднеквадратичные ошибки для каждого коэффициента не были

найжены. Помимо учета нового материала эти вопросы также станут объектами исследования. Кроме того, в ней будем искать новые закономерности, используя более углубленный анализ данных. В частности, будем использовать шаговое перемещение интервалов расстояний гелиоцентрических расстояний R на предмет населенности кометными пересечениями. При таком анализе интервалы расстояний перекрывают друг друга, и определенный субъективизм относительно подбора границ интервалов отпадает.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

Расчеты проделаны на базе оператора ЛИНЕЙН из среды EXCELL (WINDOWS XP). В ходе проведения расчетов одновременно находятся остаточная дисперсия, ошибки каждого коэффициента, параметры для применения F-распределения и т.д. Для каждого эмпирического уравнения из (2) вычислены коэффициенты в отдельности. Остаточные дисперсии у них 302.3, 272.4 и 375.0 соответственно. Следовательно, второе эмпирическое уравнение лучше соответствует в роль плоскости с минимальной дисперсией. Его коэффициенты оказались

$$a = 0.078; \quad b = 0.0397,$$

а их среднеквадратические отклонения

$$\Delta a = 0.0315; \quad \Delta b = 0.0278,$$

соответственно.

Из определения треугольника hux нетрудно убедиться, что положение оптимальной плоскости определяется по формулам

$$I = A \cos(a / \sqrt{1 + a^2 + b^2})$$

$$\Omega = A \tan(1 + 1/b)$$

В результате вычислений была получена следующая плоскость

$$\Omega = 272^{\circ}.37 \quad I = 85^{\circ}.56. \quad (3)$$

С учетом среднеквадратических погрешностей уравнений (2) можно получить пределы, в которых варьируется положение плоскости.

$$83^{\circ}.93 \leq I \leq 87^{\circ}.21 \\ 270^{\circ}.69 \leq \Omega \leq 274^{\circ}.14 \quad (4)$$

С учетом этих пределов можно утверждать, что плоскость (3) практически не отличается от (1). Напомним, что плоскость (1) была вычислена на базе данных 1998 года, когда количество комет было на 25% меньше, чем сейчас. Следовательно, положение оптимальной плоскости со временем практически не изменяется и вполне возможно, что параметры Ω и I колеблются вокруг каких-то постоянных значений.

Что касается уровня детерминированности полученного эмпирического выражения, для его определения было использовано F-распределение Стьюдента. При уровне значимости 0.05 его доверительная вероятность составляет больше 0.95. Поэтому существование плоскости, вблизи которой точки перигелиев имеют статистически значимую концентрацию, не вызывает сомнения.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ $N(R)$ ДОЛГОПЕРИОДИЧЕСКИХ КОМЕТ

В этом разделе рассмотрим распределение кометных пересечений в плоскости (1), в особенности на расстояниях 250 – 401 а.е. Именно на эту область было обращено особое внимание в работе [2]. Но, прежде всего, постараемся ответить на вопрос, какими свойствами должны обладать распределение $N(R)$ независимо от выбора плоскости.

В некотором приближении расстояние удаленного узла долгопериодических комет можно представить в виде

$$R = 2q / (1 - |\cos \omega|), \quad (5)$$

где q и ω являются элементами кометной орбиты. При случайном распределении этих двух параметров график функции $N(R)$ в виде гистограммы должен обладать следующим свойством. Каждому интервалу R по сравнению с предыдущим интервалом должен соответствовать меньшее значение N . Другими словами гистограмма должен напоминать функцию типа e^{-x} . Резкое отклонение от этого правила должно получить соответствующее объяснение. Для

иллюстрации этого тезиса мы провели небольшие модельные расчеты на базе формулы (5). При этом параметр $\cos\omega$ варьировался от 0 до 1 с шагом 0.0333, а q варьировался от 0.2 до 3 *a.e.* с шагом 0.2 *a.e.*

Тогда общее количество модельных значений R составит 930, что сопоставимо с численностью реальных данных. Гистограмма, построенная на базе этих данных, приводится на Рис.1.

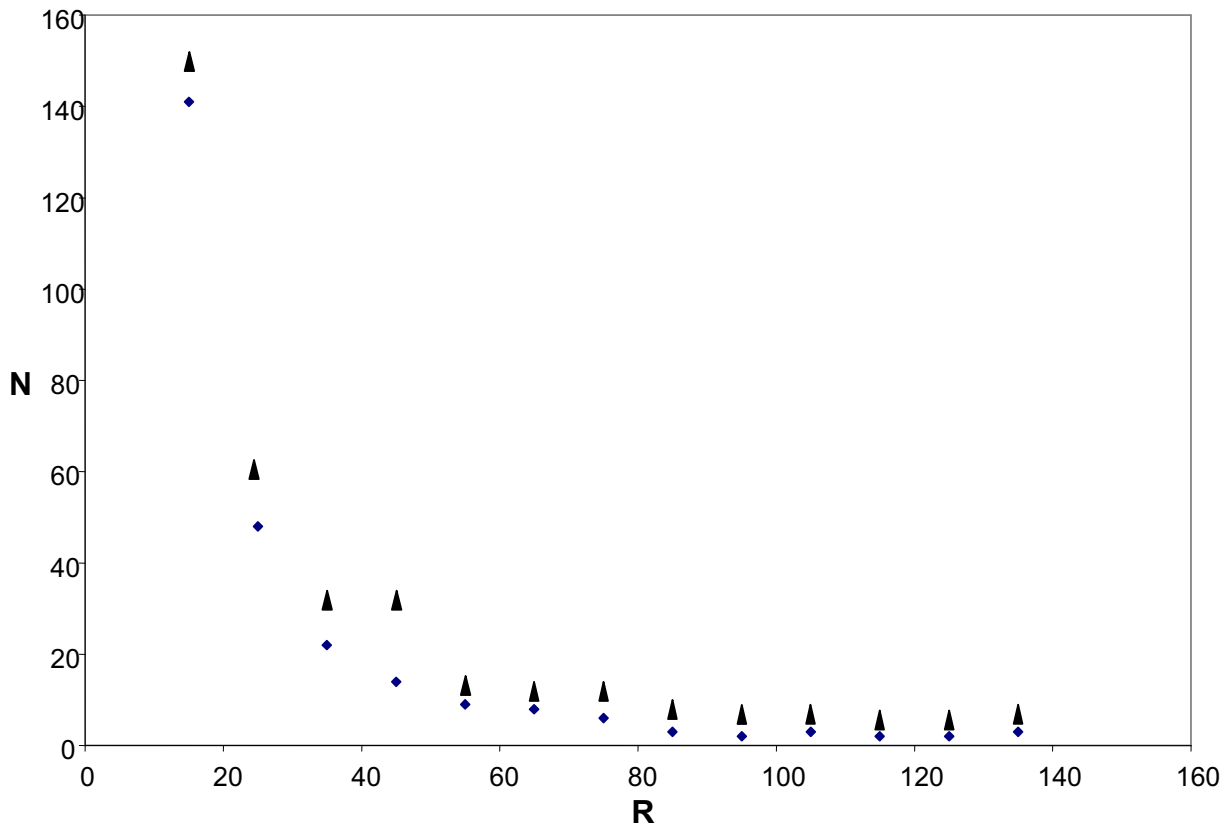


Рис.1. Распределение $N(R)$ для долгопериодических комет в области 20 – 140 *a.e.*. Треугольники соответствуют реальным кометам в плоскости эклиптики, а ромбики – модельным значениям по формуле (5).

Рисунок охватывает область 20 – 140 *a.e.* Треугольники соответствуют реальным кометам в плоскости эклиптики, а ромбики – модельным значениям R по формуле (5). Значения для первого интервала (642 и 470) и для области за 140 *a.e.* пропущены из-за масштаба рисунка. Видно, что оба распределения близки между собой, и они в целом подтверждают вышеизложенное.

Теперь займемся исследованием структуры распределения $N(R)$ в плоскости (1). Этому вопросу посвящен ряд работ Гулиева ([2] и др.). Им было обращено внимание на то, что вышеотмеченная особенность в интервале 250 – 401 *a.e.* нарушается и здесь количество

пересечений явно увеличивается. Этот феномен прослеживается в любой конфигурации (Ω, I) внутри интервалов (4). Для развития идей автора в этой статье применим другую методику. Выберем интервал для R от 100 до 500 *a.e.* По правилу Стерджеса определим интервал длиной 51 *a.e.* и рассмотрим перекрывающиеся друг друга интервалы на предмет населенности пересечениями. Тогда отмеченное нами отклонение будет видно более отчетливо. Например, на Рис.2 приводится распределение $N(R)$ для плоскости $\Omega = 274^\circ$ и $I = 84^\circ.5$.

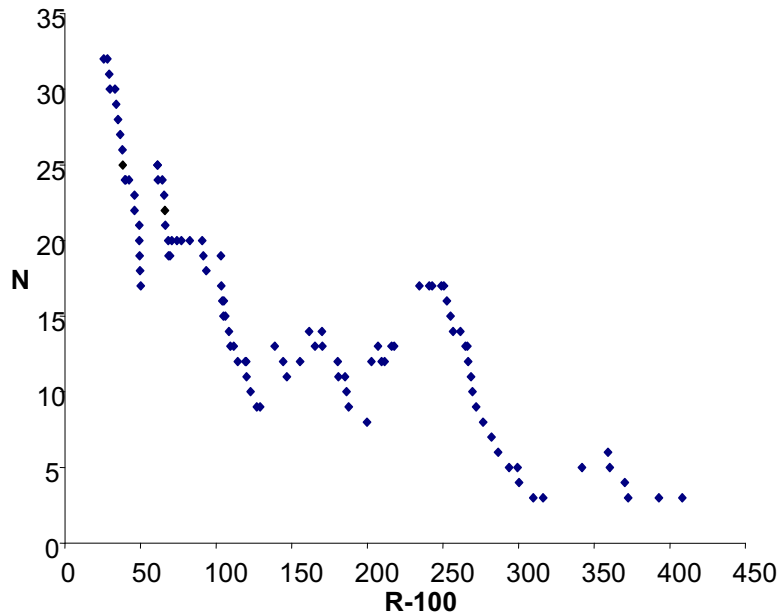


Рис.2. Распределение $N(R)$ долгопериодических комет относительно плоскости (274° ; $84^{\circ}.5$)

Как видно из рисунка, наиболее заметное «аномалия» существует в случае любого отклонение наблюдается вблизи расстояния подбора пар значений Ω и I внутри 350 *a.e.* Расчеты показывают, что подобная интервалов (4).

Таблица 1. Распределение $N(\Omega, I)$ для случая интервала R от 250 до 404 *a.e.*

I (град.)	Ω (град.)											
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
0	28											
9.59	13	15	23	17	22	19	32	23	24	29	29	20
19.47	11	18	18	17	14	19	18	29	20	19	28	19
30	12	14	15	19	20	14	18	19	30	25	33	23
41.81	26	18	10	21	18	26	17	14	14	32	21	22
56.44	21	14	24	24	14	17	13	8	21	17	27	26
90	12	9	14	25	29	19						

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ $N(R)$ В ИЗБРАННОМ ИНТЕРВАЛЕ R

Существует еще один способ проверки вышеуказанной «аномалии» системы комет. Он впервые был использован в работе Гулиева в работе [5]. Смысл его заключается в следующем. Интервал R сгущения кометных пересечений фиксируется, а параметры плоскости I и Ω варьируется определенным образом.

Другими словами, интервал 250 – 404 *a.e.* на плоскости (1) сравнивается с другими

плоскостями на предмет количества кометных пересечений (их 37). Сравнение показывает, что плоскость доминирует над всеми остальными 68 плоскостями по количеству пересечений. В других рассматриваемых плоскостях численность варьируется от 8 до 33, их среднее составляет 20, а его среднеквадратическое отклонение - 6.0. Применяя критерий Стьюдента можно легко убедиться, что доверительная вероятность преобладания значения 37 над 20 составляет больше 0.99. Следовательно, рассматриваемая «аномалия» кометной системы вполне реальна.

При этом эта особенность кометной системы не является эфемерной. Она существовала все время наблюдения комет, а за последние годы становится все более и более заметной.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Найденная почти 10 лет назад особенность системы долгопериодических комет – увеличение кометных пересечений на расстояниях 250 - 401 *a.e.* сохраняется до сих пор. Правда, с учетом нового анализа, приходится расширить границы этого интервала до 250 – 404 *a.e.* За счет недавно открытых новых комет, перенаселенность в указанном интервале стало более заметной. Интерпретация одного из авторов о возможности существования на этом расстоянии большого планетного тела получает новые аргументы. Не исключено, что в плоскости (1) и на расстояниях 250 – 404 *a.e.* движется не одна, а несколько планетных тел, являющихся источником

кометных групп. Этот вывод полностью согласуется с результатами недавней работы [6] по исследованию афелийных расстояний комет по их «первоначальным» орбитам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гулиев А.С., Дадашов А.С. Распределение перигелиев орбит долгопериодических комет. **Кометный Циркуляр Киевского университета**. 1990. №415. с.9-11.
2. Гулиев А.С. Результаты исследования узловых расстояний долгопериодических комет. **Кинематика и физика небесных тел**. 1999. т.15. №1. с.85-92.
3. Marsden B.G., Williams G.V. **Catalogue of Cometary Orbits**, 16th edition. SAO, Solar, Stellar & Planetary Science Division. Cambridge. 2005. - 207p.
4. **Circulars MPEC for 2005-2008**.
5. Гулиев А.С. О возможности существования двух транспутоновых планет. **Письма в АЖ**. 1992. т.18. № 23. с. 182–188.
6. Гулиев А.С., Дадашов А.С. Об одной особенности распределения больших полуосей орбит долгопериодических комет. **Астрономический Журнал Азербайджана**. 2007. т.2. №1-2. с.5-9.

Поступила в редакцию 04 сентября 2007 г.

KOMET PARAMETRLƏRİNİN PAYLANMASINDAKI BİR ANOMALIYA BARƏDƏ

Quliyev Ə.S., Dadaşov Ə.S.

Komet perihelilərinin paylanmasına yeni əsasda baxılır. Komet perihelilərinin $I = 85^{\circ}.84$; $\Omega = 272^{\circ}.599$ parametrlili müstəvinin ətrafındakı konsentrasiyası təsdiq olunur. Bu konsentrasiyanın statistik əhəmiyyətliyi mümkün təsadüfilik həddindən çox-çox kənara çıxır. Həmin müstəvidə kometlərin uzaq düyün nöqtələrinin paylanması tədqiq olunur. Bu məqsədlə çoxlu sayda bir-birini örtən intervallar nəzərdən keçirilir. 250 – 404 a.v. intervalın düyünlərlə zənginliyi faktı bir daha təsdiq olunur. Bu fakt komet mənbəyi rolunu oynayan bir və ya bir neçə transneptun planetinin varlığını sübut edir.

Aparıcı sözlər: uzun-periodlu kometlər, transneptun planetləri, periheli paylanması

ABOUT ONE ANOMALY IN THE DISTRIBUTION OF COMETS PARAMETERS

Guliyev A.S., Dadashov A.S.

Distribution of perihelion of comets is considered on a new basis. Conclusion about the concentration of perihelion near the plane with parameters $I = 85^{\circ}.84$; $\Omega = 272^{\circ}.599$ is confirmed. The statistical significance of this concentration is beyond of possible data errors. The question on distribution of the distant nodes of comets in the plane is investigated. Intervals overlapping each other are investigated with this purpose. Overpopulation of the interval 250 - 400 a.u. by cometary nodes is confirmed. This fact might testify to presence of one or several large bodies - sources of comets.

Key words: long-period comets, transneptunian planets, distribution of perihelion.

О ЧАСТНЫХ РЕШЕНИЯХ ОГРАНИЧЕННОЙ ЗАДАЧИ ТРЕХ ТЕЛ

© 2007 г. А.Г.Мамедли

Батабатская Астрофизическая Обсерватория Нахчыванского Отделения

НАН Азербайджана

(e-mail: azad_mammadli@yahoo.com)

Рассматривается движение бесконечно малой точечной массы в ньютоновом гравитационном поле двух конечных масс, обращающихся по произвольным коническим сечениям. В рамках плоского варианта такой ограниченной задачи трех тел в полярных координатах устанавливается существование точных частных решений, как эйлеровых, так и лагранжевых, а также определяются положения соответствующих точек либрации.

Ключевые слова: задача трех тел, точки либрации

ВВЕДЕНИЕ

Ограниченная задача трех тел, как известно, имеет простые частные решения, на существование которых обратил внимание впервые Эйлер [1], и которые были затем подробно изучены Лагранжем [2] и Лапласом [3]. Эти частные решения, называемые коллинеарными эйлеровыми решениями и треугольными лагранжевыми решениями, соответствуют пяти точкам либрации. Причем три из них располагаются на прямой, проходящей через основные тела в плоскости движения основных тел, а две остальные находятся в вершинах равносторонних треугольников.

Разумеется, ограниченная задача трех тел имеет бесчисленное множество частных решений, близких к лагранжевым, но они не являются столь простыми и, как решения Лагранжа, не могут быть представлены конечными формулами.

По-видимому, самыми важными вопросами небесной механики в задачах о точках либрации являются вопросы об устойчивости и методах построения периодических и условно-периодических орбит в их окрестности. Некоторые из этих вопросов и смежные с ними задачи рассмотрены в книге А.П. Маркеева [4].

В настоящей статье рассмотрим задачу о нахождении частных решений в полярных координатах в ограниченной плоской задаче трех тел и определении положений точек либрации, соответствующих этим решениям.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ. УРАВНЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ В ПОЛЯРНЫХ КООРДИНАТАХ

Пусть возмущающее тело P' имеет массу m' и движется относительно тела P_0 с массой m по одному из конических сечений. Пусть далее имеется тело P с очень малой массой, такое, что оно притягивается телами P_0 и P' , но не оказывает на их движение никакого влияния.

Будем рассматривать случай, когда все три тела движутся в одной плоскости. Выберем прямоугольную систему координат P_0xy с началом в точке P_0 и направим ось P_0x в перицентр орбиты тела P' (Рис.1).

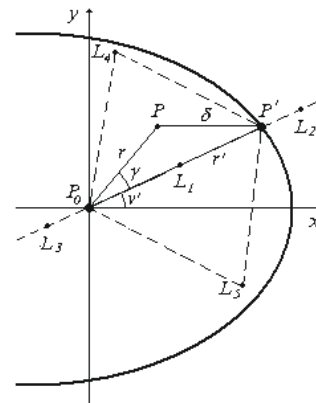


Рис.1. Система координат

Дифференциальные уравнения, описывающие движения пассивно-гравитирующей точки P относительно P_0 , будут иметь следующий вид [5]:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{fmx}{r^3} = fm' \left(\frac{x' - x}{\delta^3} - \frac{x'}{r'^3} \right),$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} + \frac{fmy}{r^3} = fm' \left(\frac{y' - y}{\delta^3} - \frac{y'}{r'^3} \right), \quad (1)$$

где f – постоянная тяготения, r и r' – модули радиус-векторов тел P_0 и P' , а x, y и x', y' – прямоугольные координаты тел P_0 и P' соответственно. Кроме того,

$$x' = r' \cos v', \quad y' = r' \sin v' \quad (2)$$

и

$$\delta^2 = r^2 + r'^2 - 2rr' \cos \gamma, \quad (3)$$

где $\gamma = v + \omega - v'$ – угол между радиус-векторами \vec{r} и \vec{r}' , ω – аргумент перицентра тела P , v и v' – истинные аномалии тел P_0 и P' соответственно.

В уравнениях (1) от прямоугольных координат x, y перейдем к полярным координатам r, u по формулам

$$x = r \cos u, \quad y = r \sin u, \quad (4)$$

где $u = \omega + v$ – аргумент широты тела P .

Для любого типа ограниченной задачи трех тел модуль радиус-вектора r' тела P' определяется формулой

$$r' = \frac{p'}{1 + e' \cos v'}, \quad (5)$$

где через p', e' обозначены параметр и эксцентриситет орбиты тела P' .

С помощью формул (2) и (4) из (1) получим

$$\frac{d^2(r \cos u)}{dt^2} = -f \frac{m \cos u}{r^2} +$$

$$+ fm' \left(\frac{r' \cos v' - r \cos u}{\delta^3} - \frac{\cos v'}{r'^2} \right),$$

$$\frac{d^2(r \sin u)}{dt^2} = -f \frac{m \sin u}{r^2} +$$

$$+ fm' \left(\frac{r' \sin v' - r \sin u}{\delta^3} - \frac{\sin v'}{r'^2} \right),$$

откуда

$$\frac{d^2r}{dt^2} \cos u - 2 \frac{dr}{dt} \frac{du}{dt} \sin u - r \cos u \left(\frac{du}{dt} \right)^2 -$$

$$- r \sin u \frac{d^2u}{dt^2} = -f \frac{m \cos u}{r^2} +$$

$$+ fm' \left(\frac{r' \cos v' - r \cos u}{\delta^3} - \frac{\cos v'}{r'^2} \right),$$

$$\frac{d^2r}{dt^2} \sin u + 2 \frac{dr}{dt} \frac{du}{dt} \cos u - r \sin u \left(\frac{du}{dt} \right)^2 +$$

$$+ r \cos u \frac{d^2u}{dt^2} = -f \frac{m \sin u}{r^2} +$$

$$+ fm' \left(\frac{r' \sin v' - r \sin u}{\delta^3} - \frac{\sin v'}{r'^2} \right) \quad (6)$$

Умножая уравнения (6) соответственно на $-\sin u$, $\cos u$, потом на $\cos u$, $\sin u$ и складывая каждый раз результаты, выведем два следующих уравнения

$$2 \frac{dr}{dt} \frac{du}{dt} + r \frac{d^2u}{dt^2} =$$

$$= fm' \left[\frac{r' \sin(v' - u)}{\delta^3} - \frac{\sin(v' - u)}{r'^2} \right],$$

$$\frac{d^2r}{dt^2} - r \left(\frac{du}{dt} \right)^2 = -f \frac{m}{r^2} +$$

$$+ fm' \left[\frac{r' \cos(v' - u) - r}{\delta^3} - \frac{\cos(v' - u)}{r'^2} \right], \quad (7)$$

которые легко выводятся из соответствующих уравнений, приведенных в работе [6].

В уравнениях (7) от времени t перейдем к истинной аномалии v' , между дифференциалами которых имеется связь

$$dt = \frac{r'^2}{\sqrt{f(m+m')p'}} dv', \quad (8)$$

вытекающая из интеграла площадей орбитального движения возмущающего тела P' . При этом, учитывая (3), получим

$$2p'(m+m')r'^{-4} \left[\frac{dr}{dv'} \frac{du}{dv'} +$$

$$+ r \left(\frac{1}{2} \frac{d^2u}{dv'^2} - \frac{e' \sin v'}{1 + e' \cos v'} \frac{du}{dv'} \right) \right] = \quad (9)$$

$$\begin{aligned}
&= m' \sin(v' - u) \left[\frac{r'}{(r'^2 + r^2 - 2rr' \cos \gamma)^{3/2}} - \frac{1}{r'^2} \right], \\
&p'(m + m')r'^{-4} \left[\frac{d^2r}{dv'^2} - \frac{2e' \sin v'}{1 + e' \cos v'} \frac{dr}{dv'} - \right. \\
&\quad \left. - r \left(\frac{du}{dv'} \right)^2 \right] = -\frac{m}{r^2} + \quad (10) \\
&+ m' \left[\frac{r' \cos(v' - u) - r}{(r'^2 + r^2 - 2rr' \cos \gamma)^{3/2}} - \frac{\cos(v' - u)}{r'^2} \right].
\end{aligned}$$

Итак, задача нахождения полярных координат r, u тела P приводится к совместному решению дифференциальных уравнений (9) и (10). Рассмотрим теперь частные решения этих уравнений.

ПРЯМОЛИНЕЙНЫЕ ЭЙЛЕРОВЫ РЕШЕНИЯ

Решение L_1 : Пусть $r < r', u = v' (\gamma = 0)$. Тогда из (9) и (10) имеем

$$2p'(m + m')r'^{-4} \left(\frac{dr}{dv'} - r \frac{e' \sin v'}{1 + e' \cos v'} \right) = 0, \quad (11)$$

$$\begin{aligned}
&p'(m + m')r'^{-4} \left(\frac{d^2r}{dv'^2} - \frac{2e' \sin v'}{1 + e' \cos v'} \frac{dr}{dv'} - r \right) = \\
&= -\frac{m}{r^2} + m' \left[\frac{1}{(r' - r)^2} - \frac{1}{r'^2} \right]. \quad (12)
\end{aligned}$$

Далее, из (11) находим

$$\frac{dr}{r} = -\frac{d(1 + e' \cos v')}{1 + e' \cos v'},$$

откуда интегрируя, получим

$$r = \frac{c}{1 + e' \cos v'}, \quad (13)$$

где c – постоянная интегрирования, причем из (5) и (13) следует, что $c > 0$.

Подставив формулы (5) и (13) в уравнения (12) и производя некоторые преобразования и упрощения, получим уравнение относительно c в виде

$$(m + m')c^5 - (2m + 3m')p'c^4 + (m + 3m')p'^2c^3 - mp'^3c^2 + 2mp'^4c - mp'^5 = 0. \quad (14)$$

Если в (14) положить

$$c = k p', \quad (15)$$

то k будет определяться из уравнения

$$(m + m')k^5 - (2m + 3m')k^4 + (m + 3m')k^3 - mk^2 + 2mk - m = 0, \quad (16)$$

которое по правилу Декарта имеет как минимум один положительный корень. Отсюда

$$\frac{m}{m'} = \frac{-k^3(k^2 - 3k + 3)}{(k^2 + k + 1)(k - 1)^3}. \quad (17)$$

из которого следует что,

$$0 < k < 1, \quad (18)$$

в силу конечности масс m и m' , причем $k = 0,5$, если $m = m'$.

Итак, имеем точку либрации $L_1(v', r)$, расположенную между точками P_0 и P' , где r определяется равенством

$$r = \frac{kp'}{1 + e' \cos v'}. \quad (19)$$

При этом расстояние от точки L_1 до P' определяется формулой

$$|L_1P'| = \frac{(1 - k)p'}{1 + e' \cos v'}. \quad (20)$$

Решение L_2 : Пусть $r > r', u = v' (\gamma = 0)$. Здесь как и в случае L_1 , в силу (9) r будет определяться формулой (13), а уравнение (10) примет вид

$$\begin{aligned}
&p'(m + m')r'^{-4} \left(\frac{d^2r}{dv'^2} - \frac{2e' \sin v'}{1 + e' \cos v'} \frac{dr}{dv'} - r \right) = \\
&= -\frac{m}{r^2} - m' \left[\frac{1}{(r' - r)^2} + \frac{1}{r'^2} \right]. \quad (21)
\end{aligned}$$

При помощи формул (5) и (13), с учетом (15) из (21) получим уравнение относительно k следующего вида:

$$(m + m')k^5 - (2m + 3m')k^4 + (m + 3m')k^3 - (m + 2m')k^2 + 2mk - m = 0. \quad (22)$$

Это уравнение по правилу Декарта имеет как минимум один положительный корень. Отсюда

$$\frac{m}{m'} = \frac{-k^2(k^2 - k + 1)(k - 2)}{(k^2 + k + 1)(k - 1)^3}. \quad (23)$$

Поскольку отношение масс m/m' может принимать только положительные значения, то из (23) следует что,

$$1 < k < 2. \quad (24)$$

Причем $k = 1,69840614$ при $m = m'$. Таким образом, мы имеем точку либрации $L_2(v', r)$, лежащую правее точки P' , где r дается формулой (19), при условии что, k меняется в пределах (24). При этом расстояние от точки L_2 до P' определяется формулой

$$|L_2 P'| = \frac{(k-1)p'}{1 + e' \cos v'}. \quad (25)$$

Решение L_3 : Пусть $u = v' + 180^\circ$ ($\gamma = 180^\circ$). В этом случае, как и предыдущих, для определения r будем иметь формулу (13). При этом уравнение (10) получит следующий вид:

$$\begin{aligned} p'(m+m')r'^{-4} \left(\frac{d^2 r}{dv'^2} - \frac{2e' \sin v'}{1 + e' \cos v'} \frac{dr}{dv'} - r \right) = \\ = -\frac{m}{r^2} - m' \left[\frac{1}{(r' + r)^2} - \frac{1}{r'^2} \right]. \quad (26) \end{aligned}$$

Подставляя формулы (5) и (13) в уравнения (26) и учитывая при этом (15), после простых преобразований найдем

$$(m+m')k^5 + (2m+3m')k^4 + (m+3m')k^3 - mk^2 - 2mk - m = 0. \quad (27)$$

Алгебраическое уравнение (27) по правилу Декарта имеет единственный положительный корень из которого находим

$$\frac{m}{m'} = \frac{-k^3(k^2 + 3k + 3)}{(k^2 + k + 1)(k-1)(k+1)^2}. \quad (28)$$

По аналогичному рассуждению, k будет меняться в пределах $0 < k < 1$. Причем, если конечные массы равны, то $k = 0,69840614$.

Поскольку точка P находится левее точки P_0 на прямой $P_0 P'$, мы имеем точку либрации $L_3(v' + 180^\circ, r)$, и она лежит от точки P_0 на расстоянии r , определяемом равенством (19).

Сделаем следующие два замечания относительно прямолинейных точек либрации L_1 , L_2 и L_3 .

1. Отметим что, если в уравнениях (16), (22) и (27) вместо k положить $\frac{1}{1+b}$, $1+b$ и $\frac{1}{b}$ соответственно, а затем ввести параметр μ , определенный формулой $\mu = \frac{m'}{m+m'}$, то в результате получим те же уравнения относительно b , что и приведенные в [5].

2. Координаты точек L_1 , L_2 и L_3 можно определить с помощью формул (20), (25) и (19) соответственно, в частности, при $\mu = 0,5$, в случае, когда эти точки лежат на линии абсцисс. При этом следует положить в них $v' = 0, r'' = 1$ и соответствующие значения k при $m = m'$, где r'' есть расстояние перицентра точки P' до начала координат. Кроме того, если начало координат параллельно перенести от точки P_0 в центр масс точек P_0 и P' , то получим следующие значения координат для точек L_1 , L_2 и L_3 соответственно $x_1 = 0,5$, $x_2 = 1,19840614$, $x_3 = -1,19840614$.

Эти же значения при $\mu = 0,5$ приведены в [6].

ТРЕУГОЛЬНЫЕ ЛАГРАНЖЕВЫ РЕШЕНИЯ

Пусть теперь $r = r'$. Тогда при помощи формул (5) уравнения (9) и (10) приводятся к следующим видам:

$$\begin{aligned} (m+m')(1+e' \cos v') \frac{d^2 u}{dv'^2} = \\ = -m' \sin \gamma \left\{ \frac{1}{[2(1-\cos \gamma)]^{3/2}} - 1 \right\}, \quad (29) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (m+m')e' \cos v' - (m+m')(1+e' \cos v') \left(\frac{du}{dv'} \right)^2 = \\ = -m - m' \left\{ \frac{1}{2[2(1-\cos \gamma)]^{1/2}} + \cos \gamma \right\}. \quad (30) \end{aligned}$$

Уравнения (29) и (30) будут одновременно удовлетворены, если мы положим $\gamma = \pm 60^\circ$,

что соответствует двум треугольным лагранжевым решениям. При этих частных решениях точка P должна находиться в одной из точек либрации $L_4(v' + 60^\circ, r)$ и $L_5(v' - 60^\circ, r)$, образуя равносторонний треугольник с телами P_0 и P' .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе рассмотрена задача о нахождении лагранжевых и эйлеровых частных решений в полярных координатах в ограниченной задаче трех тел, когда в уравнениях движения за независимую переменную вместо времени взята истинная аномалия возмущающего тела. Полученные алгебраические уравнения пятой степени, аналогичные уравнениям в общей задаче трех

тел [5], преобразованы таким образом, что удается легко находить промежутки изменения параметра, определяющего положения прямолинейных либрационных точек на прямой, соединяющей основные тела.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Euler L. *Theorie de la Lune*. Paris, 1772.
2. Lagrange J. *Essais sur le probleme des trios corps*. Paris, 1772.
3. Laplace P. *Traite de Mecanique Celeste*. Paris, 1798 – 1825.
4. Маркеев А.П. *Точки либрации в небесной механике и космодинамике*. Москва: Наука, 1978. - 312 с.
5. Дубошин Г.Н. *Небесная механика. Основные задачи и методы*. Москва: Наука, 1975. - 800 с.
6. Себехей В. *Теория орбит*. Москва: Наука, 1982. - 656 с.

Поступила в редакцию 11 декабря 2007 г.

MƏHDUD ÜÇ CİSİM MƏSƏLƏSİNİN XÜSUSİ HƏLLƏRİ HAQQINDA

Məmmədli A.H.

İstənilən konik kəşik üzrə dolanan iki sonlu kütlənin Nyuton qravitasiyası sahəsində sonsuz kiçik nöqtəvi kütlənin hərəkətinə baxılır. Belə məhdud üç cisim məsələsinin müstəvi variantında, polyar koordinatlarda həm Eyler, həm də Laqranj dəqiq xüsusi həllərinin varlığı müəyyən olunur, həmçinin uyğun libراسiya nöqtələrinin vəziyyəti təyin edilir.

Aparıcı sözlər: üç cisim məsələsi, libراسiya nöqtələri

ON PARTIAL SOLUTIONS OF A RESTRICTED THREE-BODY PROBLEM

Mammadli A.H.

A motion of an infinitesimal mass-point in the Newtonian gravitational field of two finite masses orbiting each other on conic sections is considered. In the limits of such restricted three-body problem the dimensional variant in polar coordinates is examined. The existence of exact partial solutions both Eulerian and Lagrangian are established, and positions of appropriate libration points are determined.

Key words: three-body problem, libration points

СИСТЕМАТИКА И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ СЛАБЫХ ПОЛОС ПОГЛОЩЕНИЯ ВБЛИЗИ 600-650 нм В СПЕКТРАХ ОТРАЖЕНИЯ V-АСТЕРОИДОВ

© 2007 г. Д.И.Шестопапов, Л.О.Гасанова

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

28 спектров отражения V-астероидов, имеющих приемлемый уровень шумовых помех, были распределены по пяти группам в соответствии с характеристиками слабых полос поглощения вблизи 600 и 650 нм. Каждому спектральному типу V-астероидов отвечает определенный минеральный состав их поверхности.

Ключевые слова: спектры астероидов, полосы поглощения

ВВЕДЕНИЕ

В предыдущей работе [1] нами были исследованы спектры астероидов оптического типа V (V-астероиды или вестоиды) из спектрального каталога SMASS 2 [2] и обнаружены слабые полосы поглощения вблизи 600 и 650 нм. Объединив эти спектры со спектрами вестоидов из каталогов SMASS 1 [3], S3SO2 [4] и других источников [5, 6], в этой статье мы пытаемся объяснить причину их возникновения. Для этого, опираясь на лабораторные спектры веществ-аналогов, т.е. земных минералов, а также говардитовых, эвкритовых и диогенитовых метеоритов (HED метеоритов), в породах которых основным минералом является низкокальциевый пироксен, мы попытались интерпретировать слабые полосы поглощения в спектрах вестоидов в области 600-650 нм.

СИСТЕМАТИКА СПЕКТРОВ ВЕСТОИДОВ ПО ПОЛОСАМ ПОГЛОЩЕНИЯ ВБЛИЗИ 600-650 нм

Для поиска слабых полос поглощения в видимой области ПЗС-спектров вестоидов из [3-6] мы, также как и в работе [1], применили к ним метод оптимального сглаживания. Общее число спектров, в которых были обнаружены полосы поглощения вблизи 600 и 650 нм, составило 28. Мы разделили эти спектры вестоидов на пять групп в соответствии с положением и формой указанных полос поглощения. На Рис. 1 мы приводим примеры обсуждаемых полос поглощения (относительно линии континуума в спектре) в каждой из пяти групп.

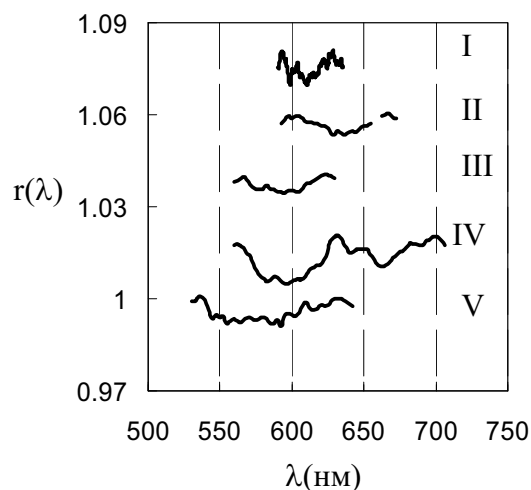


Рис.1. Примеры полос поглощения астероидов из 5 спектральных групп: 2045 Peking (I); 2640 Halstrom (II); 3849 Incidentia (III); 1906 Naef (IV); 3536 Schielcher (V).

В первую группу вошли вестоиды, содержащие в красной области только узкую полосу поглощения вблизи 610 нм. Второй тип вестоидов содержит слабую широкую полосу вблизи 620-640 нм. Третья группа спектров имеет единственную полосу поглощения в области длин волн короче 600 нм. Наконец, четвертая группа спектров вестоидов содержит пару полос поглощения в красной области. Центр первой полосы располагается на немного более коротких длинах волн, чем 600 нм. Вторая полоса имеет сложный контур, и центр ее находится немного дальше 650 нм. Последний пятый тип имеет очень широкую полосу поглощения, покрывающую около 100 нм, с центром вблизи 600 нм.

Все систематизированные астероиды указаны в Табл.1. Отметим, что спектр 3155 Lee из каталога SMASS 1 содержит полосу вблизи 650 нм, а в спектре астероида 3155 Lee из каталога SMASS 2 такая полоса отсутствует. Возможно, это произошло потому, что в разные оппозиции астероид был повернут к наблюдателю разными сторонами.

Систематизировав наблюдаемые спектры вестоидов, мы стали искать похожие полосы в лабораторных спектрах отражения HED метеоритов и в спектрах минералов, которые составляют породы этих метеоритов. Все эти спектры доступны в интернет-библиотеках RELAB и SpecLib.

АНАЛИЗ ПОЛОС ПОГЛОЩЕНИЯ

Изучая земные ортопироксены с низким содержанием железа, мы нашли узкую полосу вблизи 610 нм в спектрах некоторых пироксенов - энстатите, бронзите и гиперстене. В HED метеоритах такая полоса была найдена в спектрах некоторых эвкритов и говардитов. Есть два объяснения существования этой полосы. Катионы Fe^{3+} дают запрещенную полосу вблизи 610 нм в спектрах земных клинопироксенов [7]. Исследуемые нами земные минералы могут содержать в небольшом количестве трехвалентное железо. Однако для HED метеоритов такое предположение выглядит малоубедительным. Поэтому во втором варианте, как мы предполагаем, эту полосу может давать запрещенный по спину $d-d$ переход катиона Fe^{2+} в пироксене. Таким образом, в первый спектральный тип попали два астероида 2045 Peking и 1946 Walraven, в спектрах которых наблюдается указанная полоса при 610 нм (Рис.2).

Полоса поглощения вблизи 620-640 нм не было найдено в спектрах земных ортопироксенов и HED метеоритов. В спектре оливина есть достаточно широкая полоса с центром на 630-640 нм. Но оливин, если и присутствует на поверхности вестоидов, то в очень незначительном количестве [5]. Что бы понять природу полосы во втором типе вестоидов, мы рассчитали теоретические спектры пироксен-оливиновой смеси, используя модель диффузного рассеяния света шероховатой поверхностью,

которая описана в [8]. Оказалось, что небольшого количества оливина на поверхности астероида (~5 – 20%) вполне достаточно для появления этой полосы в его спектре отражения. На Рис.3 показаны примеры спектров теоретической пироксен-оливиновой смеси и таких астероидов.

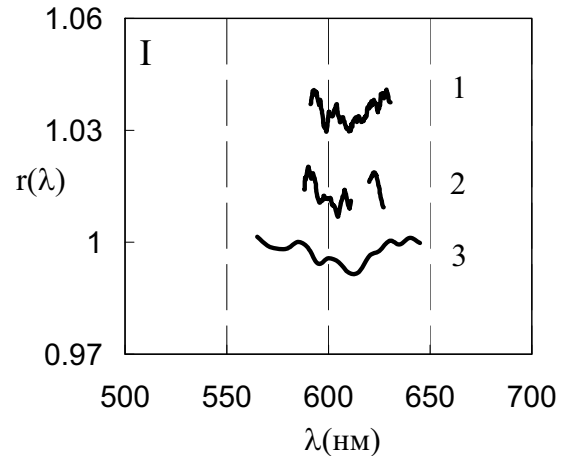


Рис.2. Примеры полос поглощения в спектрах астероидов I-типа и ахондрита Бинды: (1)- 2045 Peking; (2)- 1946 Walraven; (3)- Binda.

Первые 2 теоретических спектра мы получили добавив немного оливина к эвкриту Sioux County в отношении 0.85/0.15 и к говардиту QUE94200,19 в отношении 0.8/0.2. Всего во второй спектральный тип вошли четыре астероида.

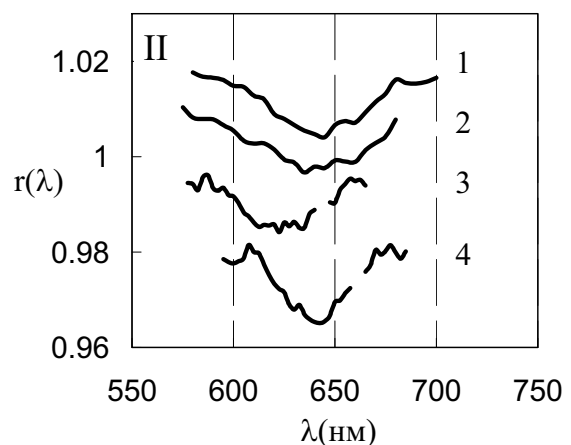


Рис.3. Примеры полос поглощения в теоретических спектрах отражения смеси и в астероидах II-типа: (1) - теоретический спектр отражения в смеси эвкрита Sioux County (mgp027) и оливина (Olivine GDS70.b) в отношении 0.85/0.15; (2) - теоретический спектр отражения в смеси говардита(QUE94200,19) и оливина (Olivine GDS70.b) в отношении 0.8/0.2; (3) - 2468 Repin; (4)- 4993 Cossard.

На Рис.3 присутствуют два из них: 2468 Repin, центр полосы в его спектре находится ближе всего к 600 нм среди спектров астероидов второй группы, а также 4993 Cossard, в спектре которого центр полосы располагается вблизи 650 нм.

Анализируя третий тип спектров вестоидов с полосой поглощения на длинах волн короче 600 нм мы обратили внимание на полосы поглощения в спектрах некоторых диогенитов и земных ортопироксенов (энстатит, бронзит). В спектрах хромосодержащих ортопироксенов катион Cr^{3+} дает разрешенную полосу вблизи 600 нм и менее интенсивные запрещенные по спине полосы на 640, 660 и 690 нм [7]. Существует еще одна разрешенная по спине полоса хрома вблизи 455 нм, но спектры вестоидов не покрывают этот спектральный диапазон и изучить ее мы не имеем возможности.

Полоса на 600 нм хорошо видна в спектрах ортопироксена и диогенитов, в отличие от трех остальных, которые не всегда различимы и могут проявлять себя в виде общей полосы на длинах волн несколько больших чем 650 нм.

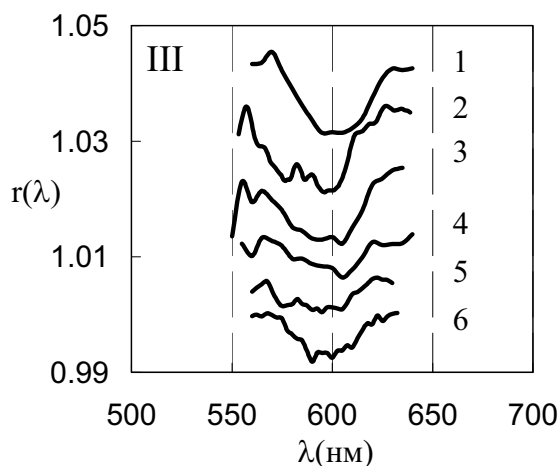


Рис.4. Примеры полос поглощения в теоретических спектрах отражения смеси и в астероидах III -типа: (1) - теоретический спектр отражения в смеси диогенита Johnstown (mgr061) и хромита(1TW-SMP-001/CATW01) в отношении 0.9/0.1; (2) - 3657 Ermolova; (3) - теоретический спектр отражения в смеси говардита(QUE94200,19) и хромита в отношении 0.9/0.1; (4) - теоретический спектр отражения в смеси говардита(QUE94200,19) и бронзита (PP-EAC-052/C1PP52) в отношении 0.9/0.1; (5) - 3849 Incidentia; (6) 3155 Lee.

Для подтверждения наших предположений мы рассчитали спектры смеси HED метеоритов с земными хромосодержащими ортопироксеноми (Рис.4).

В третьей группе два первых теоретические спектра представляют собой спектры смеси диогенита Johnstown и говардита QUE94200,19 с небольшим количеством (0.1) хромита. Третий теоретический спектр является суммой спектров того же говардита и хромосодержащего бронзита в соотношении 0.9 /0.1. Небольшого количества хромита (0.1) достаточно, чтобы теоретический спектр показал широкую полосу вблизи 600 нм. Всего в третий тип вошли 9 астероидов. На Рис.4 представлены три из них: 3657 Ermolova; 3849 Incidentia; 3155 Lee.

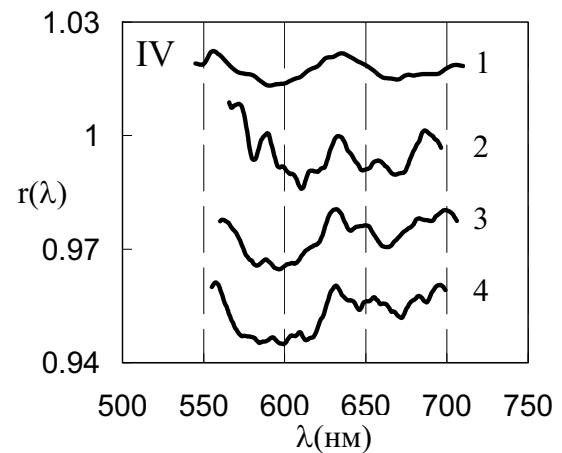


Рис.5. Примеры полос поглощения в теоретических спектрах отражения в смеси и в астероидах IV-типа: (1) - теоретический спектр отражения в смеси эвкрита Sioux County (mgr027) и хромита в отношении 0.9/0.1; (2) - 3869 Norton; (3) - 1906 Naef; (4)- 3155 Lee.

Четвертый тип спектров, как мы уже упоминали, содержит в красной области пару полос поглощения вблизи 600 и 650 нм (Рис. 5).

Мы не нашли таких полос поглощения в спектрах отражения эвкритов и говардитов, однако спектры хромитов эти полосы содержат. Для моделирования этих полос поглощения в спектрах отражения мы использовали смесь эвкрита и земного хромита в пропорции 0.9/0.1. На Рис.5 показаны этот теоретический спектр и несколько спектров вестоидов. Всего же в четвертый тип вошло 10 астероидов.

Спектры вестоидов последнего пятого типа имеют очень широкую полосу поглощения, крылья которой занимают область около 100 нм, и с центром вблизи 600 нм. Природа этой полосы не совсем ясна. Это может быть полоса Cr^{3+} , которая наблюдается в спектрах некоторых хромсодержащих диогенитов. Возможно, что это полоса переноса заряда $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$ в спектре пироксена или, возможно, принадлежит какому-то неизвестному материалу на поверхности астероида.

Для всех теоретических спектров, которые мы рассчитали, количество примесей (т.е. оливина и хромита) не превышает 0.2 от общего объемного содержания минералов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучив спектры отражения вестоидов, из работ [2 - 6], нам удалось систематизировать 28 из них в соответствии с характеристиками полос поглощения вблизи 600 и 650 нм. Поверхность вестоидов первого типа сложена веществом, которое по своим спектральным свойствам оказывается близким к веществу говардитовых или эвкритовых метеоритов. С помощью модели рассеяния света шероховатой поверхностью [8] мы рассчитали теоретические спектры пироксен-оливиновой смеси для объяснения полос во втором типе вестоидов, и теоретические спектры пироксен-хромитовой смеси для интерпретации полос в третьем и четвертом типах, показав, тем самым, что оливин и хромит в небольшом количестве могут присутствовать на

поверхности вестоидов. Таким образом, мы приходим к выводу, что спектральные типы вестоидов связаны с особенностями минерального состава их поверхности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шестопалов Д.И., Гасанова Л.О. Исследование слабых полос поглощения в спектрах астероидов оптического типа V: область спектра 5500-7000 Å. **Астрономический Журнал Азербайджана**. 2006. т.1, с. 18-22.
2. Bus S.J., Binzel R.P. Phase II of the small main-belt asteroid spectroscopic survey: The observations. **Icarus**. 2002, v.158, pp.106-145.
3. Xu Sh., Binzel R.P., Burbine T.H., Bus S.J. Main-belt asteroid spectroscopic survey: Initial results. **Icarus**. 1995, v.115, pp.106-145.
4. Lazzaro D., Angeli C.A., Carvano J.M., Mothé-Diniz T., Duffard R., Florczak M. S3OS2: The visible spectroscopic survey of 820 asteroids. **Icarus**. 2004, v.172, pp.179-200.
5. Duffard R., Lazzaro D., Licandro J., De Sanctis M.C., Capria M.T., Carvano J.M. Mineralogical characterization of some basaltic asteroids in the neighborhood of (4) Vesta: First results. **Icarus**. 2004. v.171, pp.120-132.
6. Alvarez-Candal A., Duffard R., Lazzaro D., Michtchenko T. The inner region of the asteroid Main Belt: A spectroscopic and dynamical analysis. **Astronomy and Astrophysics**. 2006, v.459, pp.969 - 976.
7. Хоменко В.М., Платонов А.Н. **Породообразующие пироксены: оптические спектры, окраска и плеохроизм**. Киев. «Наукова Думка». 1987. - 215 с.
8. Shkuratov Y., Starukhina L. A model of spectral albedo of particulate surfaces: implications for optical properties of the Moon. **Icarus**. 1999, v.137, pp. 235-246.

Поступила в редакцию 23 января 2007 г.

V-ASTEROİDLƏRİNİN ƏKS OLUNMA SPEKTRİNDƏ 600-650 nm YAXINLIĞINDA ZƏİF UDULMA ZOLAQLARININ SİSTEMLƏŞDİRİLMƏSİ VƏ İZAHİ

Şestopalov D.İ., Həsənova L.O.

Küy zolağının məqbul səviyyəsinə malik olan V-asteroidlərin 28 əks olunma spektrləri 600 və 650 nm yaxınlığında olan zəif udulma zolaqlarına uyğun olaraq beş növə paylanmışdır. V-asteroidlərin hər spektral növünə onların səthlərinin müəyyən spektral tərkibi uyğun qəilir.

Aparıcı sözlər: asteroidlərin spektrləri, udulma zolağı

SYSTEMATIZATION AND INTERPRETATION OF FAINT ABSORPTION BANDS NEAR

600-650 nm IN V-ASTEROID REFLECTANCE SPECTRA

Shestopalov D. I., Hasanova L.O.

28 V-asteroid reflectance spectra with low noise level have been sorted into five groups in accordance with characteristics of the faint absorption bands around 600 and 650 nm. Each spectral type of the vestoids refers to definite surface composition.

Key words: asteroids spectra, absorption bands

Таблица 1. Спектральные типы вестойдов

Вестойд	тип	источник
2045 Peking	I	[5]
1946 Walraven	I	[6]
2468 Repin	II	[2]
2640 Hallstrom	II	[2]
4188 Kitezh	II	[2]
4993 Cossard	II	[2]
956 Elisa	III	[4]
2566 Kirghizia	III	[2]
2704 Julian Loewe	III	[2]
3155 Lee	III	[2]
3849 Incidentia	III	[2]
3900 Knezevic	III	[2]
4977 Rauthgundis	III	[2]
5240 Kwasan	III	[2]
3657 Ermolova	III	[3]
809 Lundia	IV	[4]
6406 1992 MJ	IV	[6]
2795 Lepage	IV	[2]
2912 Lapalma	IV	[2]
4215 Kamo	IV	[2]
1906 Naef	IV	[3]
1933 Tinchen	IV	[3]
2011 Veteraniya	IV	[3]
3155 Lee	IV	[3]
3869 Norton	IV	[3]
2508 Alupka	V	[2]
2579 Spartacus	V	[2]
3536 Schleicher	V	[2]

ПЕРЕМЕННОСТЬ НЕКОТОРЫХ СПЕКТРАЛЬНЫХ ЛИНИЙ И ПРОФИЛЕЙ ЛИНИЙ H_{α} В СПЕКТРЕ 89 HER (F2 Ibe)

© 2007 г. А.М.Халилов, А.Р.Гасанова

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

На основе спектрограмм, полученных на 2-м телескопе Шамахинской Астрофизической Обсерватории (ШАО), а также наблюдательных данных, взятых из работ других авторов за период 1958-2006 гг., исследованы некоторые спектральные линии поглощения и профили линии H_{α} в спектре звезды 89 Her. Наши исследования показали, что эквивалентные ширины рассматриваемых линий поглощения в спектре 89 Her меняются со временем. Обнаружено, что значения эквивалентной ширины абсорбционного и эмиссионного компонентов линии H_{α} меняется с периодом 283 дня. Кроме того показано, что эквивалентная ширина эмиссионного компонента линии H_{α} в среднем в последние 10 лет увеличилась в несколько раз.

Ключевые слова: абсорбционный и эмиссионный компоненты линии H_{α} , эквивалентные ширины спектральных линий.

ВВЕДЕНИЕ

Хорошо известно, что атмосферы сверхгигантов ранних спектральных классов нестационарны. Наблюдения показывают, что все достаточно хорошо исследованные сверхгиганты классов светимости Ia – Ib обнаруживают переменность блеска, лучевых скоростей, интенсивностей и вида контуров спектральных линий и некоторых других их характеристик. Можно полагать, что нестационарность атмосфер сверхгигантов, являющихся по всем признакам молодыми звездами, связана с их быстрой эволюцией. В связи с этим представляет большой интерес детальное исследование переменности спектральных линий и профиля линии H_{α} в спектре сверхгиганта 89 Her, как со временем, так и с глубиной.

Звезда 89 Her = V 441 = HD 163506 (спектральный класс F2 Ibe, $m_v=5^m.46$) является самым ярким примером звезды типа UU Herculis [1, 2]. Абсолютная звездная величина по оценкам разных авторов находится в интервале между -6^m ÷ -9^m . Звезда расположена на галактической широте $b=21^{\circ}.9$ и на расстоянии от галактической плоскости $z = 2.2$ кпк. Высокоширотные сверхгиганты интересны потому, что не ясно, были ли они молодыми, высокомассивными сверхгигантами, которые каким-то образом достигли большого расстояния от Галактической плоскости, или это старые звезды малой массы, которые маскируются как

молодые сверхгиганты. 89 Her ведет себя как пульсирующая переменная звезда. Эта звезда впервые исследовалась Böhm-Bitense [3], Worley [4] и Abt [5], которые классифицировали её как переменный сверхгигант. Исторически блеск, цвет и изменение лучевой скорости 89 Her обсуждались во многих работах, особенно Fernie [6, 7, 8, 9] и Fernie & Seager [10, 11]. Звезда с нерегулярной амплитудой меняет блеск и значения лучевой скорости с периодом приблизительно 65 дней. Fernie [6], по данным лучевых скоростей за 1977-1978 гг., нашел период $P=68^d$, который объяснил радиальными пульсациями. Sasselov [12] нашел, что значение периода менялось от 68^d до 61^d , в 1977-78 гг. и 1980 г., соответственно. Fernie [9] по 79 значениям UVB-фотометрии, полученным в 1990 г., нашел 65^d период. Gillet et al [13] обнаружили для 89 Her избыток излучения в инфракрасной области и интерпретировали его как результат свечения твердых частиц околозвездной оболочки, нагретых до 200-600°K. Humphreys & Ney [14, 15] показали, что 89 Her имеет аномально сильное инфракрасное излучение в области длин волн 2-20 μ , что объяснил присутствием компонента очень позднего спектрального класса (M10). Taria [16] объяснил наличие инфракрасной эмиссии присутствием околозвездной оболочки с температурой 700-800°K. По данным Kiss et al [17], температура 89 Her $T_{эф}=6000^{\circ}K$ и ускорение силы тяжести

на ее поверхности $\lg g = 0.5$. Таким образом, на основе общепринятых представлений о 89 Her, это post-AGB звезда, которая развивается в центре планетарного облака. Наличие околозвездной оболочки подтверждается наблюдениями. Эта оболочка появилась несколько тысяч лет тому назад, при этом спектроскопические исследования доказывают, что внезапные потери массы также происходили и в течение последних десятилетий.

Возможные орбитальные изменения найдены Burki et al [18]. Arellano Ferro [19] нашел два периода со значениями 285^d и 63.5^d ; первый он связал с орбитальным периодом, а второй - с пульсацией звезды. Warters и др. [20], объединив все данные о лучевых скоростях за период с 1978 по 1991 гг., нашли период $288^d.4$, который связали с двойственностью звезды. Mastrodomos & Morris [21] изучали формирование дисков в двойных звездных системах, таких как 89 Her. Percu et al [22], на основе фотометрических наблюдений, обнаружили фотометрические периоды $65^d.2$, и 283^d . Период $65^d.2$ они объяснили радиальной пульсацией, природа периода 283^d осталась неясной.

В работе Копылова и др. [23] показано, что интенсивности некоторых линий поглощения у 89 Her меняются со временем. Сравнения эквивалентных ширин линий в спектре этой звезды проводились для двух дат, 06.10.1958 г. и 27.06.1959 г. Авторами найдено, что эквивалентные ширины линий поглощения, как нейтральных элементов, так и ионов, увеличились при переходе от 06.10.1958 к 27.06.1959 гг. Показано, что увеличение интенсивности линий ионов больше, чем нейтральных элементов. Также, в спектре 89 Her оказались значительно расширены контуры и увеличены глубины водородных линий H_β и H_γ 27.06.1959 г., когда интенсивности всех спектральных линий были увеличены.

Отметим, что в поле скоростей этой звезды наблюдаются эффекты стратификации. Линии металлов, предположительно фотосферного происхождения, имеют типичные амплитуды изменения лучевой скорости $\Delta V_r = 8 \text{ км/с}$ Fernie [6]. В более высоких слоях, где образуются бальмеровские

линии (например, H_α), значения их лучевых скоростей лежат в пределах от 10 до 180 км/с (Халилов и др. [24]). В этой же работе [24] было показано, что в период 1955–2005 гг. имеется корреляция между значениями лучевой скорости и эквивалентными ширинами абсорбционного и эмиссионного компонентов профиля линии H_α . Найденная корреляция между изменениями значений V_{ab} и V_{em} , и W_{ab} и W_{em} линии H_α позволяет предполагать, что эти параметры меняются под действием общего механизма. Превращение профиля линии H_α в профиль типа P Cyg, изменение числа абсорбционных компонентов от одного до трех, а также наличие градиента значений лучевой скорости абсорбционного компонента линии H_α , подтверждают предположение о внезапных потерях массы несколько раз в течение последнего пятидесятилетия. По данным Sargent [25], темп потери массы составляет $10^{-8} M_\odot$ в год.

Vujarrabal et al [26] на основе интерферометрических наблюдений в линиях эмиссии CO исследовали структуру и динамику туманности вокруг звезды 89 Her. Доказывается, что 89 Her-двойная, post-AGB звезда. Авторы определили скорость расширения туманности ($V=7 \text{ км/с}$) и её массу ($3 \times 10^{-3} M_\odot$). Они также получили новые значения для массы и элементов орбиты компонента 89 Her.

НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ И ЕГО ОБРАБОТКА

Наблюдательный материал был получен на 2-м телескопе ШАО НАН Азербайджана. Период спектральных наблюдений можно разделить на три этапа. Первая часть спектральных наблюдений была выполнена в 1975–1986 гг. в фокусе Кудэ 2-м телескопа. Это был период классической спектrophотометрии, когда в качестве приемника излучения применялась фотографическая пластинка. Использованный нами спектральный материал получен с разрешением $R=77000$ и (обратной) дисперсией 8 \AA/мм и 12 \AA/мм для синей и красной областей спектра, соответственно. Высота (расширение) спектров на спектрограммах составляет 1 и 0.7 мм, а

плотность для тех же участков спектра – 0.8 и 1.0, соответственно. Для фотографирования спектров использовались фотопластинки типа 103а-Ф и 103а-О, для красной и синей области спектра, соответственно. Запись спектрограмм звезд производилась на микрофотометре “Lirepho” (фирмы «Карл Цейсс») в почернениях с увеличением в 40 раз. По регистрограммам определялись эквивалентные ширины линий. отождествлено около 400 линий в области длин волн $\lambda\lambda 3600-7000 \text{ \AA}$. Ошибки измерения эквивалентных ширин не превышают 10 и 20% для линий (в $m\text{\AA}$) с $150 \leq W_\lambda \leq 350$ и $30 \leq W_\lambda \leq 100$, соответственно. Эквивалентные ширины, как правило, определялись путем измерения площадей контуров линий на регистрограммах. Эквивалентные ширины блендрованных линий определялись из графика зависимости $\lg(W/\lambda)$ от глубины линии R_λ , построенного для неблендрованных линий. Точность определения W_λ для блендрованных линий этим методом не выходит за пределы выше отмеченных точностей, поскольку их центральные части свободны от блендрования.

Были определены также основные характеристики профилей линий H_α – эквивалентные ширины W_λ , и остаточные интенсивности R_λ . Ошибки измерения эквивалентных ширин линии H_α не превышают 10%. Точность определения центральной остаточной интенсивности $\Delta R_0 = \pm 0.01$. Значения эквивалентных ширин и центральной остаточной интенсивности линии H_α приведены в Табл.1.

Вторая часть спектральных наблюдений выполнена в июле-августе 2000г. в фокусе Кудэ с применением принципиально нового светоприемника - ПЗС – матрицы в сочетании с эшелле-решеткой. Описание спектрометра, методика получения, обработки и редукции спектров изложены в [27, 28]. Спектральный диапазон полученного материала $\lambda\lambda 4300-6700 \text{ \AA}$, спектральное разрешение $R = 30000$, обратная линейная дисперсия в области линии H_α составила $4 \div 5 \text{ \AA/мм}$. Определены параметры линии H_α - эквивалентные ширины и центральные остаточные интенсивности. Отношение сигнала к шуму в области линии H_α составило 150-200. Ошибки измерения

эквивалентных ширин в основном связаны с неуверенностью проведения контура линии и не превышают $\pm 4\%$. Результаты измерений также приведены в Табл. 1.

Третья часть спектральных наблюдений сверхгиганта 89 Her в 2004-2006 гг. проводилась на эшелле – спектрометре касегреновского фокуса 2-м телескопа ШАО с помощью ПЗС - приемника $580 \times 530 \text{ px}$ [29]. Спектральный диапазон - $\lambda\lambda 4400-6800 \text{ \AA}$, спектральное разрешение составило $R=14000$.

В каждую наблюдательную ночь получено 2-3 спектра звезды. При соотношении сигнала к шуму $S/N=200$, средняя экспозиция составляла 7-10 минут. Быстрые изменения в течение ночи не были обнаружены. Поэтому профили, полученные в одну или последующие ночи, но не показывающие изменений, усреднялись.

Обработка эшелле-спектров проводилась по стандартной методике, с помощью пакета программ DECH 20, созданного сотрудником САО РАН РФ Галазутдиновым [30].

ИЗМЕНЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ШИРИН СПЕКТРАЛЬНЫХ ЛИНИЙ

На Рис.1 сравниваются эквивалентные ширины некоторых спектральных линий в спектрах 89 Her, взятых как из литературы, так и полученные нами 22.05.1980 и 28.05.1980 гг., на 2-м телескопе ШАО. Видно, что эквивалентные ширины, полученные нами в значениях $\lg(W/\lambda) \times 10^6$ (Рис.1, а), показывают изменение при переходе от 22.05.1980 к 28.05.1980 гг., приблизительно на 0.10 dex. Таким образом, наши наблюдательные данные подтвердили вывод, сделанный в [23], о переменности эквивалентных ширин 89 Her. Эквивалентные ширины линий поглощения, как нейтральных элементов, так и ионов (Рис.1, а и б), увеличились при переходе от 06.10.1958 к 27.06.1959 гг. в среднем на ~ 0.20 dex. В работе Копылова также было получено: а) изменение слабых линии нейтральных элементов и ионов, в смысле их усиления оказалось больше, чем у сильных при переходе от 06.10.1958 к 27.06.1959 гг.; б) линии ионов показывают большее увеличение интенсивности, чем линии нейтральных элементов. В среднем, интенсивность линий нейтральных элементов увеличилась от 0.20 до

0.12, а ионов - от 0.25 до 0.15 в $\lg W_\lambda$ для слабых и сильных линий соответственно.

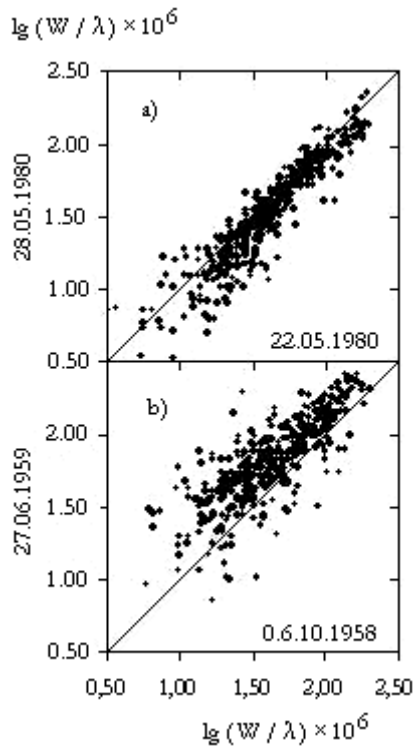


Рис.1. Сравнение измеренных эквивалентных ширин некоторых линий поглощения 89 Her с данными других авторов: а) наши результаты, полученные для двух дат, б) результаты Копылова, полученные для двух дат [23].

Итак, наши исследования подтвердили, что эквивалентные ширины линий поглощения в спектре 89 Her изменяются со временем. Скорее всего, это обусловлено совместным действием дифференциального движения газа во внешних слоях атмосферы звезды и увеличением давления. Также это может быть связано с пульсациями атмосферы, или двойственностью этой звезды (см. Fernie [6-11], Ferro [19], Percy [22], Bujarrabal [26], Гасанова [32], и др.).

ИЗМЕНЕНИЯ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ШИРИН И ПРОФИЛЯ ЛИНИИ H_α

В спектре звезды 89 Her линия H_α является наиболее сложной. Поэтому это хороший индикатор, определяющий физическое состояние звезды. Сопоставление профилей, взятых из литературы (Sargent [25], Kiss [17], Luck [33]) и полученных нами показывает (Рис.2), что абсорбция профиля линии H_α в

зависимости от фазы неустойчивости атмосферы звезды, состоит из от одной до трех компонент, а эмиссионная компонента постоянно наблюдается на красном крыле линии H_α . На Рис.3 показано изменение со временем эквивалентной ширины абсорбционного и эмиссионного компонентов линии H_α . Значения эквивалентной ширины и центральной остаточной интенсивности этой линии представлено в Табл.1. Из Рис.2 и Рис.3 можно видеть, что 07.07.2004 г. значение эквивалентной ширины абсорбции имеет минимальное значение. Максимальное значение эквивалентной ширины абсорбции оказалось 01.09.2006 г. Как видно из Рис.1 и Рис.3, эквивалентные ширины эмиссионного компонента 09.09.1986 г. и 02.09.1986 г. минимальны. Изменение эквивалентной ширины абсорбционного и эмиссионного компонентов происходит с периодом 283 дня, определенного Percy [22] (Рис.4, а). Однако, характер изменения эмиссионного компонента отличается от изменения абсорбционного компонента. Периодическое изменение эквивалентной ширины эмиссионного компонента происходит в среднем в сторону увеличением в несколько раз в течение последних 10 лет.

Вероятно, это связано с нестационарными процессами в атмосфере этой звезды. На Рис.4. (а) наши результаты сравниваются с кривой блеска V (Рис.4, б), по данным Percy [22]. Начальная эпоха выбрана JD 2 446 500, P=283 дня. Из Рис.4 (а) видно, что изменение эквивалентных ширин абсорбционного и эмиссионного компонентов меняются с периодом 283 дня. Эти периодические изменения совпадают по фазе с изменениями блеска V, который происходит с периодом P=283 дня, обнаруженный Percy [22] (Рис.4, б).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В спектре 89 Her абсорбция профиля линии H_α в зависимости от фазы неустойчивости атмосферы звезды, состоит из от одной до трех компонент, а эмиссионная компонента постоянно наблюдается на красном крыле линии H_α .
2. Значение эквивалентной ширины абсорбционного и эмиссионного

компонентов линии H_α меняется с периодом 283 дня, а изменение эквивалентной ширины эмиссионного компонента происходит в среднем с увеличением в несколько раз в течение последних 10 лет.

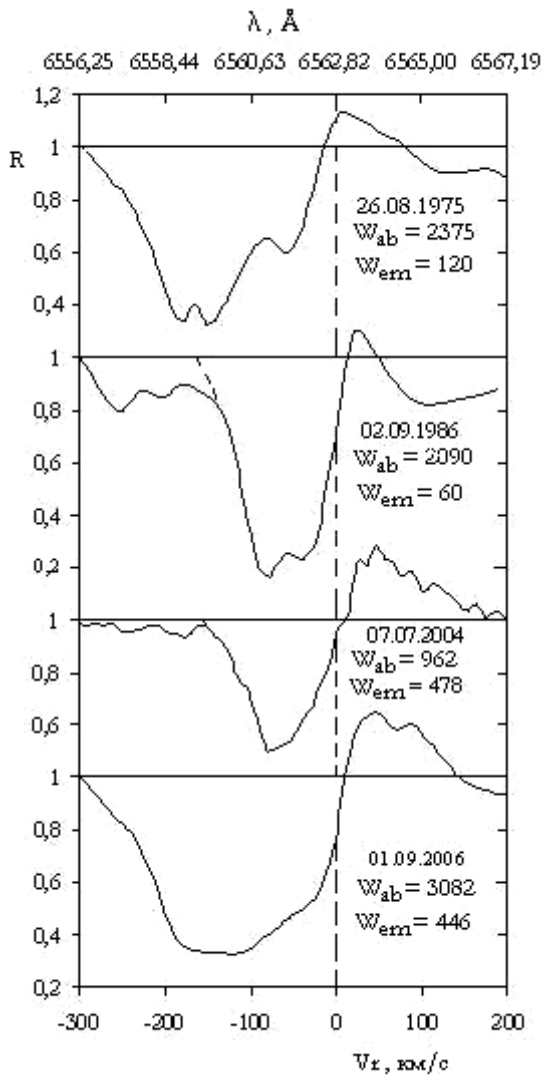


Рис.2. Изменение эквивалентных ширин $W=[m\text{Å}]$ абсорбционных и эмиссионных компонент и профиля линии H_α в спектре 89 Her для различных дат. полученных нами в 2-м телескопе ШАО.

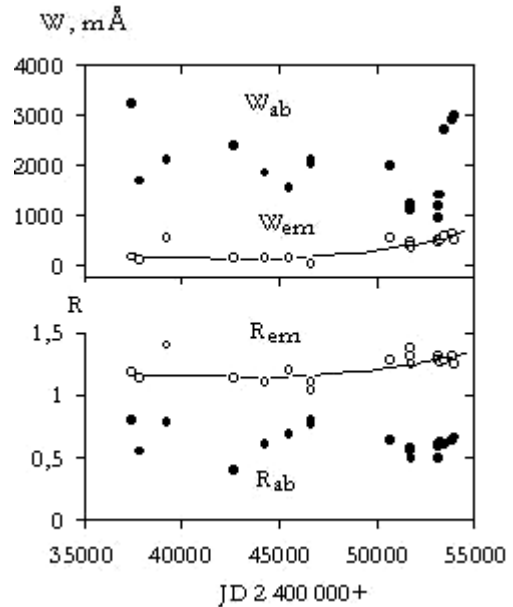


Рис.3. Изменение со временем значений эквивалентных ширин и центральной остаточной интенсивности абсорбционного и эмиссионного компонент профиля линии H_α в спектре 89 Her полученные нами и другими авторами. Светлые кружки соответствуют эмиссионному компоненту, а черные абсорбционному.

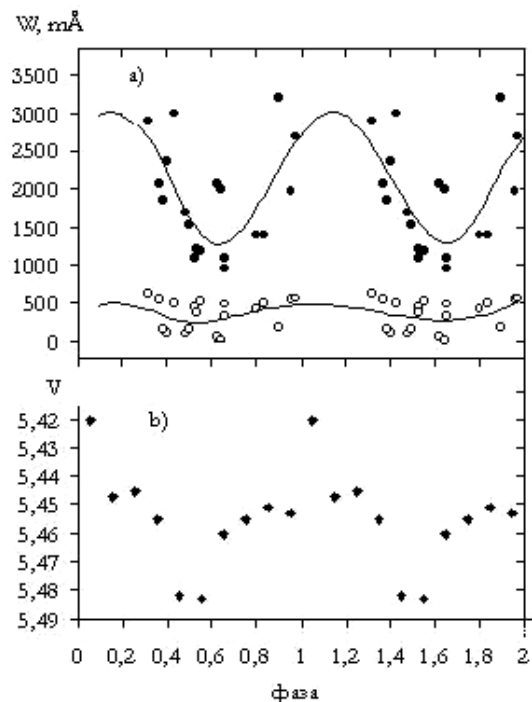


Рис.4. а) изменение эквивалентных ширин абсорбционного и эмиссионного компонент линии H_α по фазам; по данным автора. Светлые кружки соответствуют эмиссионному компоненту, а черные абсорбционному. б) изменение блеска V по фазам по данным Percy [22] (начальная эпоха выбрана JD 2 446 500, $P = 283^d$ дней).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sasselov D.D. Variable F-type supergiants far above the Galactic plane. **Inform. Bull. Var. Stars.** (Department of Astronomy University of Sofia, Bulgaria). 1983. № 2314. pp.1-2.
2. Sasselov D.D. The UU Her-type stars-Possible tracers of recent star formation at high galactic latitudes. **Astrophysics and Space Science.** 1984. v.102. № 1. pp.161-178.
3. Böhm-Vitense E. Variations in the spectrum of 89 Herculis. **PASP.** 1956. v.68. № 400. pp.57-61.
4. Worley C.E. Light-variation of 89 Herculis. **PASP.** 1956. v.68. № 400. p.62-63.
5. Abt H.A. The variability of supergiants. **Astrophys. J.** 1957. v.126. pp.138-151.
6. Fernie J.D. 89 Herculis: Further misdemeanors. **Astrophys. J.** 1981. v.243. pp.576-582.
7. Fernie J.D. 89 Herculis and HD 161796 in 1986 and 1987. **PASP.** 1989. v.101. pp.171-174.
8. Fernie J.D. V441 Herculis (89Her) and V814 Herculis (HD 161796) in 1989. **PASP.** 1990. v.102. pp.1143-1145.
9. Fernie J.D. V441 Herculis (89Her) and V814 Herculis (HD 161796) in 1990. **PASP.** 1991. v.103. pp.1087-1090.
10. Fernie J.D., Seager S. V441 Herculis (89Her) and V814 Herculis (HD 161796) in 1991 and 1992. **PASP.** 1993. v.105. pp.751-754.
11. Fernie J.D., Seager S. V441 Herculis (89Her) and V814 Herculis (HD 161796) in 1993 and 1994. **PASP.** 1995. v.107. pp.853-855.
12. Sasselov D.D. On some remarkable pulsation properties of the high-latitude F- supergiants. **Inform. Bull. Var. Stars.** 1983. № 2387. p.3.
13. Gillet F.C., Hyland A.R., Stein W.A. 89 Herculis: An F2 supergiant with large circumstellar infrared emission. **Astrophys. J. Lett.** 1970. v.162. pp.L21-L24.
14. Humphreys R.M., Ney E.P. Supergiant binary stars. **Astrophys. J. Lett.** 1974. v.187. pp.75-79.
15. Humphreys R.M., Ney E.P. Infrared stars in binary systems. **Astrophys. J. Lett.** 1974. v.190. pp.339-347.
16. Tapia M. A dust shell the yellow supergiant CoD-61°3326. **PASP.** 1982. v.94. p.669-671.
17. Kiss L.L., Szatmary K., Vinko J. **Proc. Conf. "The interaction of stars with their environment II"**. Budapest. Hungary. 2003. pp.123-126. Bibliographic Code: 2003CoKon.103.123K
18. Burki G., Mayor M., Rufener F. Study of the variable F supergiants HD161796 and HD163506 in radial velocity and photometry **Astron. Astrophys. Suppl.** 1980. v.42. pp.383-389.
19. Ferro A.A. Is 89 Herculis a binary star? **PASP.** 1984. v.96. pp.641-645.
20. Warters L.B.F.M., Waelkens C., Mayor M., Trams N.R. A model for 89 Herculis system. **Astronomy & Astrophys.** 1993. v.269. pp.242-248.
21. Mastrodemos N., Morris M. Bipolar preplanetary nebulae: Hydrodynamics of dusty winds in binary systems. I. Formation of accretion disks. **Astrophys. J.** 1998. v.497. pp.303-329.
22. Percy John R., Bakos Akos G., Henry W. Long-term VRI photometry of 89 Herculis (V441). **PASP.** 2000. v.112. pp.840-845.
23. Копылов И.М., Витриченко Э.А., Галкина Т.С., Голландский О.П. Количественный анализ атмосфер горячих сверхгигантов. IV. О физических условиях в атмосферах сверхгигантов О-Ф. **Изв. Крымской. Астрофиз. Обсерв.** 1963. т.30. с.42-67.
24. Халилов А.М., Гасанова А.Р. Изменение лучевой скорости компонент линии H α в спектре сверхгиганта 89 Her в период 1955-2005 гг. **Астрономический Журнал Азербайджана.** 2006. т.1. № 3-4. с.34-39.
25. Sargent W., Osmer P.S. Evidence for mass loss from the F-type supergiant, 89 Hercules. In: **Mass Loss from Stars**, New York: Springer-Verlag. 1969. – 62 p.
26. Bujarrabal, H. van Winckel, R. Neri et al. The nebula around the post-AGB star 89 Herculis. **Astronomy & Astrophys.** 2007. v.468. L45-L48.
27. Мусаев Ф.А. Спектрометр Куде-эшеле. **Письма в Астрон. Ж.** 1973. т.19. с.776-782.
28. Рзаев А.Х., Микаилов Х.М., Шукюров М.Э. и др. Эшелле-спектрометр фокуса Кудэ 2-м телескопа ШАО АН Азербайджана. **ŞAR Sirkulyarı.** 1999. № 97. с.3-7.
29. 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.
30. Галазутдинов Г.А. Система обработки эшелле-спектров DECH-20. **Препр. САО РАН.** 1992. №92.
31. Abt H.A. The spectra of two high-latitude supergiants. **Astrophys. J.** 1960. v.131. pp.99-110.
32. Гасанова А.Р. Периодические изменения профиля линии H α в спектре звезды 89 Her. **Циркуляр ШАО.** 2004. № 108. с.41-45.
33. Luck R.E., Bond H.E., Lambert D.L. Chemical compositions of four high-latitude A-F supergiants **Astrophys. J.** 1990. v.357. pp.188-203.

Поступила в редакцию 12 февраля 2007 г.

89 HER(F2 Ibe) ULDUZU SPEKTRİNDƏ H_{α} XƏTTİ PROFİLİNİN VƏ BƏZİ SPEKTRAL XƏTLƏRİN DƏYİŞMƏSİ

Xəlilov Ə.M., Həsənova Ə.R.

ŞAR-ın 2-m teleskopunda alınmış spektrlər və 1958-2006-cı illərdə nəşr olunmuş işlər əsasında 89 Her ulduzunun spektrində H_{α} xəttinin profilləri və udulma xətləri tədqiq olunmuşdur. Göstərilmişdir ki, udulma xətlərinin ekvivalent enləri zamandan asılı olaraq dəyişir. Aşkar olunmuşdur ki, H_{α} xəttinin udulma və şüalanma komponentlərinin ekvivalent enləri 283 günlük periodla dəyişir. H_{α} xəttinin emissiya komponentinin ekvivalent eni axıncı 10 ildə bir neçə dəfə artmışdır.

Aparıcı sözlər: H_{α} xəttinin absorbsiya və emissiya komponentləri, ekvivalent en, spektral xətlər

VARIATIONS OF SOME SPECTRAL LINES AND PROFILE OF THE H_{α} LINE IN THE SPECTRUM OF THE 89 HER (F2 Ibe)

Khalilov A.M., Hasanova A.R.

The profile of H_{α} line and lines of absorption in the spectrum of 89 Her were investigated on the base of spectrograms obtained at 2-m telescope of ShAO and published works of other authors during 1958-2006. The investigations show that equivalent width of absorption line in the spectrum of the 89 Her varies with time. It is found that value of equivalent width absorption and emission components of H_{α} line varies within the period of 283 days. Variations of equivalent width of emission components of H_{α} line occur to increase for some time within last 10 years.

Key words: absorption and emission components of H_{α} line, equivalent width, spectral lines

Таблица 1. Значения эквивалентных ширин и центральной остаточной интенсивности абсорбционного и эмиссионного компонентов профиля линии H_{α} в спектре 89Her, полученных нами на 2-м телескопе ШАО.

Дата наблюдения	JD 2400000+	H_{α} (6562.816)			
		Rab	Wab, mÅ	Rem	Wem, mÅ
26.08.1975	42651.29	0.40	2370	1.13	120
15.04.1980	44345.59	0.60	1840	1.11	150
02.09.1986	46676.24	0.76	2090	1.10	60
09.09.1986	46683.29	0.80	2010	1.04	20
17.07.2000	51743.45	0.57	1098	1.37	452
18.07.2000	51744.34	0.55	1212	1.31	370
22.08.2000	51779.31	0.5	1087	1.25	330
08.06.2004	53165.42	0.59	1189	1.31	523
07.07.2004	53194.42	0.50	962	1.27	478
18.08.2004	53236.42	0.61	1407	1.28	429
28.08.2004	53246.42	0.62	1400	1.26	500
16.07.2005	53568.34	0.60	2694	1.27	562
01.08.2006	53949.58	0.63	2900	1.31	630
01.09.2006	53980.00	0.66	3000	1.24	500

О МОДЕЛИ «ОБЛАКО» ХРОМОСФЕРНЫХ ВСПЫШЕК

© 2007 г. А.А.Рустамов

*Шамахинская Астрофизическая Обсерватория им. Н.Туси НАН Азербайджана
(abasrustam@mail.ru)*

В данной заметке средние по баллам хромосферных вспышек центральные интенсивности бальмеровских линий сравниваются с теоретическими интенсивностями, полученными в приближении однородной модели «облако». Такое сравнение показывает, что физические параметры хромосферных вспышек в зависимости от баллов (SB, 1B, 2B, 3B) изменяются в следующих пределах: температура – (8000°K – 11000°K), электронная плотность – (10^{12} см^{-3} – 10^{13} см^{-3}), геометрическая толщина – ($1.5\cdot 10^6\text{ см}$ – $6.2\cdot 10^7\text{ см}$).

Ключевые слова: хромосферные вспышки, модель «облако», интенсивности бальмеровских линий

Физические условия в наблюдаемых вспышках определяются с помощью двух моделей: первая – однородная модель «облако» Беккера [1], вторые – полуэмпирические неоднородные модели типа [2-4], с изменяющейся с высотой температурой и плотностью. В модели «облако» для вспышечной области атмосферы, излучающей в некоторой спектральной линии, используется некая постоянная функция источников, значение которой определяется из наблюдаемых интенсивностей.

Модели типа [2,3] получаются возмущением модели спокойной атмосферы Солнца, при которой переходная область опускается на более низкие высоты. Однако, как показывают расчеты последних лет, во многих случаях эти модели так же дают явно выраженное плато для функции источников и других параметров [4,5]. Исходя из этого, модель «облако» продолжает применяться по сей день [6]. Она особенно полезна в случаях, когда условия наблюдения – положение щели по вспышечному узлу, качество изображения и др. – неизвестны. Этот метод является подходящим так же для интерпретации усредненных интенсивностей при группировке вспышек по баллам [7].

В данной заметке физические условия вспышек разных баллов определяются с использованием их средних по баллам значений интенсивностей бальмеровских линий водорода [7] и теоретических интенсивностей моделей «облако» вспышек [8].

В [8] для заданных значений электронных концентраций n_e , температуры T_e , геометрической толщины ℓ уравнения стационарности для (15+с) модели атомов H нами были решены с помощью средней по слою вероятности выхода. Как показали дальнейшие исследования [9], вероятностное приближение уравнений переноса дают неплохое согласие с частными точными решениями в довольно широких пределах условий солнечной атмосферы.

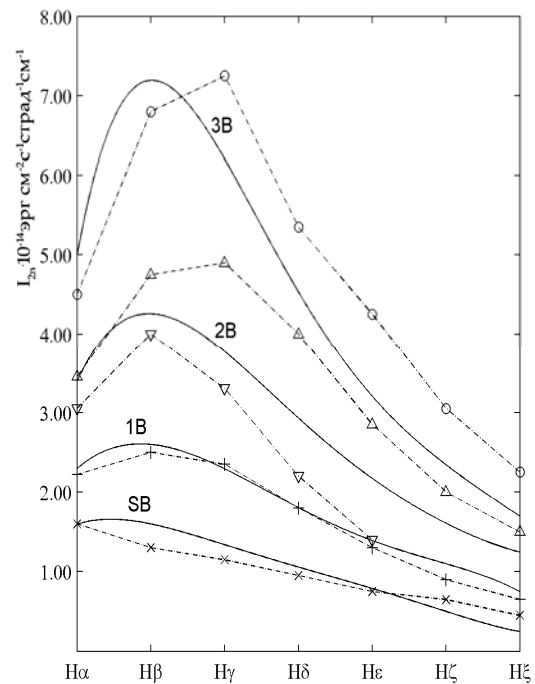


Рис.1. Сравнение наблюдаемых и вычисленных интенсивностей.

Для сравнения с наблюдаемыми центральными интенсивностями [7], мы использовали вычисленные в [8] теоретические центральные интенсивности бальмеровских линий I_0 :

$$I_0 = I_0^{нев} \exp(-\tau_0) + S[1 - \exp(-\tau_0)], \quad (1)$$

где S – функция источников, τ_0 – оптическая толщина, $I_0^{нев}$ – интенсивность невозмущенной атмосферы-«подложки» в центре линии.

Вычисленные и наблюдаемые интенсивности показаны на Рис.1. Так как вычисления [8] проводились с некоторым шагом по значениям параметров, имеющие место на Рис. 1 расхождения между наблюдаемыми и вычисленными интенсивностями для вспышек балла 3В связаны с недостатком узлов сетки теоретических моделей. Это хорошо видно на примере вспышек балла 2В, для которых показаны теоретические интенсивности, соответствующие двум значениям геометрических толщин – $1.5 \cdot 10^6$ см и $3.6 \cdot 10^6$ см.

Как видно из Рис.1, теоретические интенсивности в удовлетворительной степени описывают изменения интенсивностей бальмеровских линий с номером линий, т.е., бальмеровский декремент.

Таблица 1

	T_c (°K)	n_e (см ⁻³)	ℓ (см)	$\tau_0(H_\alpha)$
SB	8000	10^{12}	$6.2 \cdot 10^7$	98
1В	8000	$5 \cdot 10^{12}$	$3.4 \cdot 10^6$	55
2В	9000	10^{13}	$1.5 \cdot 10^6$ $3.6 \cdot 10^6$	28 55
3В	11000	10^{13}	$1.6 \cdot 10^7$	49

В Таб.1 приведены значения физических параметров соответствующих теоретических вариантов. Эти данные с меньшими (особенно для 1В, 2В - вспышек) по сравнению с “видимыми” при лимбовых наблюдениях толщинами, демонстрируют волокнистую структуру вспышек (из-за волокнистой структуры эффективная толщина вспышек баллов 1В, 2В и 3В при наблюдениях на диске получается несколько десятков километров, что во много раз меньше “видимых” размеров).

Следует отметить, что найденные значения n_e и ℓ согласуются с предельными значениями

меры эмиссии $n_e^2 \ell$, получаемой из условия наблюдаемости непрерывного излучения вспышек.

В отличие от [7], где для этих же наблюдаемых интенсивностей получены значения T_c , доходящие до 15000°K , температура мощных 3В хромосферных вспышек здесь составляет 11000°K .

Приведенные в Табл.1 значения параметров хромосферных вспышек SB близки к полученным с помощью неоднородной модели [6] значениям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Beckers J. M.: 1964, **Ph.D. Thesis**, Utrecht.
2. Machado M.E., Avrett E.H., Vernazza J.E., Noyes R.W. Semiemprirical models of chromospheric flare regions **Astrophys. J.** 1980, v.242, pp.336-351.
3. Mauas P.J.D., Machado M.E., Avrett E.H. The white-light flare of 1982 June 15 – Models. **Astrophys. J.** 1990, V.360, pp.715-726.
4. Hawley S.L., Fisher G.H. Solar flare model atmospheres. **Astrophys. J.** 1994, v.426, pp.387-403.
5. Барановский Э.А., Баязитов У.С., Шумко А.В. Моделирование хромосферной вспышки. **Иzv. Крымской Астрофиз. Обс.** 2002, т. 98, с.40-46.
6. Liu Y., Ding M.D. Physical parameters of a flare on 22 december 1999 derived from the H_α line with a modified cloud method. **Solar Phys.** 2001, v.200, pp.127-136.
7. Остапенко В.А., Курочка Л.Н. Результаты определения физических условий в оптических солнечных вспышках разной мощности. **Солн. данные.** 1978, №10, с.77-82.
8. Рустамов А.А. Возбуждение и ионизация водорода в хромосферных вспышках. **Солн. данные.** 1979, №10, с.91-98.
9. Athay R.G. Radiation loss rates in Lyman-alpha for solar conditions. **Astrophys. J.** 1986, v.308, pp.975-981.

Поступила в редакцию 15 мая 2007 г.

XROMOSFER ALIŞMALARININ «BULUD» MODELİ

Rüstəmov A.A.

Məqalədə xromosfer alışmalarının ballara görə ortalaşmış balmer xətləri mərkəzi intensivlikləri bircins bulud modeli üçün alınmış nəzəri intensivliklərlə müqayisə olunur. Bu müqayisə nəticəsində alışmaların fiziki parametrlərinin qiymətləri təyin olunmuşdur: elektron temperaturu– (8000⁰K–11000⁰K), elektron sıxlığı–(10¹² sm⁻³–10¹³ sm⁻³), həndəsi qalınlıq – (1.5·10⁶ sm–6.2·10⁷ sm).

Aparıcı sözlər: xromosfer alışmaları, «bulud» modeli, balmer xətlərinin intensivliyi

“CLOUD” MODELS OF THE CHROMOSPHERIC FLARES

Rustamov A.A.

The observed averaged central intensities of the Balmer lines of chromospheric flares are compared with the theoretical intensity derived in approximation of homogeneous cloud model. Such comparison shows that physical parameters of chromospheric flares depending on importance (SB, 1B, 2B, 3B) change in the intervals: temperatures - (8000⁰K-11000⁰K), electronic density - (10¹² sm³ – 10¹³ of sm³), geometrical thickness - (1.5·10⁶ sm – 6.2·10⁷ sm).

Key words: chromospheric flares, “cloud” model, intensity of Balmer lines

АЗЕРБАЙДЖАНСКИЕ МЕТЕОРИТЫ

© 2007 г. Э.С.Бабаев, А.А.Алиева

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

В статье приводится информация о генезисе, классификации и номенклатуре метеоритов. Сообщается о метеоритах, найденных на территории Азербайджана и зарегистрированных в международных каталогах и коллекциях, а также приводятся соответствующие данные об этих метеоритах.

Ключевые слова: азербайджанские метеориты, классификация метеоритов, каменные метеориты

ВВЕДЕНИЕ

Ежегодно Земля, как и другие планеты Солнечной системы, притягивает блуждающие в космосе тысячи относительно крупных и сотни тысяч мелких небесных тел [1]. Поведение этих небесных тел неизменно влияет не только на состояние околоземного космического пространства, но и в случае падения на Землю на все сферы нашей планеты, включая геосферу, а также на психо-эмоциональное состояние и душевное равновесие человека, являющегося частью биосферы.

Человечество всегда внимательно, с трепетом, уважением и даже интересом следило за космосом. Космические явления и космические объекты («пришельцы») считались тайниками самых неожиданных знаний о мире. Только сейчас мало-помалу они открывают ученым свои заповедные секреты. Исследователям бы только и понять «язык этих железокосменных пришельцев».

В появлении комет суеверные люди видели (и некоторые, как ни странно, до сих пор видят) послания богов или происки дьявола. Многие в панике искали спасения в убийстве или самоубийстве. Но, бывали и исключения: если кометы, астероиды и метеоры наводили на людей ужас и страх, то метеориты, наоборот, всегда притягивали людей, часто становясь сокровищами и объектами поклонения, идолами, или же предметами «лечения» от болезней, наживы или ссоры.

Падения метеоритов понимались как особые знамения, встреча с ними непременно была окутана массой примет [2]. В одних местах полагали, что метеориты приносят

несчастья - эпидемии, голод, стихийные бедствия, в других - верили в их чудодейственную силу, способность исцелять болезни, отвращать молнию, спасать урожаи.

В наше время, абсолютное большинство понимает природу метеоров и метеоритов, знает о возможной опасности и жаждет их находки [3]. Метеориты – почти единственные внеземные тела, доступные для непосредственного изучения: в лаборатории можно исследовать их химический и минеральный состав, структуру и различные физические свойства. Как можно описать при этом ощущение человека (исследователя), держащего на руках крупицу Вселенной с возрастом несколько миллиардов лет и прилетевшей с глубин нашего Мира?

Микрометеориты также включены в составную часть т.н. «космической погоды» наряду с солнечной и геомагнитной активностью, межпланетным магнитным полем, солнечным ветром, ионосферой и космическим мусором [4].

Метеорные тела - блуждающие в космосе глыбы, как и астероиды, - наиболее древние тела Солнечной системы. Истинная ценность метеоритов состоит в их научном потенциале, они - источники информации о том, что происходило в космосе, в них запечатлены самые ранние этапы истории образования вещества Солнечной системы [5, 6].

За год на поверхность нашей планеты выпадает около двух тысяч метеоритов. Более половины из них тонет в океане, а большинство попавших на сушу оказывается в безлюдных местах и никогда не будут найдены, или их найдут случайно. А всего, по расчетам, на Землю ежедневно выпадает

несколько десятков тонн внеземного вещества, главным образом в виде метеорной пыли.

Во многих странах метеориты входят в перечень культурных ценностей, запрещенных к вывозу из страны без соответствующего разрешения. Одно бесспорно – метеориты можно считать национальным достоянием не только той страны, где их нашли, но и всего человечества.

В данной статье приводятся данные обо всех метеоритах, найденных на территории Азербайджана и зарегистрированных в международных каталогах и коллекциях. Дается обобщенная информация о метеорах, метеоритах, микрометеоритах и др., а также сообщается о генезисе, современной классификации и номенклатуре метеоритов.

МЕТЕОРЫ, МЕТЕОРИТЫ И ДРУГИЕ, СВЯЗАННЫЕ С НИМИ, АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ

По Солнечной системе помимо больших планет, их спутников, астероидов и комет носятся многочисленные фрагменты твердой материи в виде агломератов различных размеров, которые не видны даже в самые крупные телескопы.

Во время своего движения по Солнечной системе Земля проходит через орбиты различных твердых тел, которые сыплются на нее дождем и фактически происходит бомбардировка Земли веществом из космоса. Эти тела, очень разнообразные по форме, размерам и составу, называются **метеорными телами**.

Вторгающиеся объекты различаются по размеру от камней весом в несколько кг до микроскопических частиц, весящих меньше миллионной доли *грамма*. По оценкам специалистов, в течение года Земля захватывает больше 200 млн. кг метеорного вещества, а в сутки вспыхивает порядка 1 млн. метеоров. Десятая часть их массы достигает поверхности в форме метеоритов и микрометеоритов. Остальная часть сгорает в атмосфере, порождая метеорные следы.

Остановимся на этих и других астрономических понятиях, связанных с метеоритами, более подробно. Считаем, что эти подробности будут интересными не

только почитателям истории астрономии, но и для любителей и профессионалов, отражая последние достижения метеоритики и описывая их в обобщенном виде. Они также будут полезными для читателей данной статьи, облегчая задачу понимания важности и характеристик азербайджанских метеоритов, речь о которых пойдет в конце статьи.

Когда рой твердых частиц – метеорных тел, пролетает недалеко от Земли, или встречается с ней, то при вхождении метеорного потока в земную атмосферу, из-за воздушного трения наблюдается феномен **метеора**, называемого также «падающей звездой». Несмотря на народные поверья, метеор вовсе звездой не является; это – мельчайшая частица космической материи. Но если на них смотреть невооруженным глазом, они кажутся такими же светящимися точками, как и настоящие звезды.

Метеорное вещество обычно входит в атмосферу со скоростью около 15 км/сек, хотя в зависимости от направления по отношению к движению Земли скорость колеблется от 11 до 73 км/с. Когда частицы попадают в атмосферу, то из-за очень высокой скорости и трения со все более плотными слоями газа они сильно разогреваются (раскаляются), разламываются и плавятся, пока полностью не исчезают. В течение этого процесса тело превращает свою кинетическую энергию в тепловую, которая распределяется между самим телом и атмосферными атомами. Энергия, переданная атомами, достаточна, чтобы ионизировать большое количество соседних молекул, и позади падающей частицы остается след, состоящий из ионов.

Так как ионы и образовавшиеся электроны имеют противоположный знак, они взаимно притягиваются и соединяются, испуская одновременно свет. Если дорожка особо «глубокая», она видна на далеких расстояниях. Нейтрализация идет в течение некоторого времени, и дорожку можно наблюдать несколько секунд, а в исключительных случаях с помощью бинокля – и в течение нескольких минут. Мы видим главным образом не сильно раскалившуюся частичку пыли, а след, оставляемый ею.

Чем больше масса метеорного тела, тем ярче оно вспыхивает. Такие следы,

сохраняемые 10-15 минут, способны отражать радиолокационные сигналы, поэтому для обнаружения метеоров, которые слишком слабы для визуального наблюдения (а также метеоров, появляющихся при дневном свете), используются методы радиолокации.

В некоторых случаях метеоры могут светиться настолько сильно, что затмевают собой самые яркие звезды и планеты.

В случаях достаточно крупных тел до поверхности Земли могут долететь большие фрагменты. Если метеорное тело не сгорает в атмосфере полностью и какая-то его часть достигает поверхности Земли, тогда (и только тогда!) его называют **метеоритом**.

За почти 4,5-миллиардную историю Земли на нее упало огромное количество метеоритов, особенно в течение первого миллиарда лет. Сегодня интенсивность падения метеоритов заметно ослабла, и большая часть твердых тел (в целом – несколько тонн) ежедневно летит к Земле в пылеобразной форме. Тем не менее, достаточно часто метеорные тела долетают до земной поверхности.

Подавляющее большинство из более чем 25000 найденных на сегодня метеоритов попали на Землю из астероидного пояса между Марсом и Юпитером. Метеориты принято считать осколками астероидов, но можно рассматривать их и как крошечные самостоятельные астероиды. А астероиды могут считаться потенциальными гигантскими метеорными телами. Орбиты некоторых из них вытянуты в сторону Солнца настолько сильно, что пересекаются с орбитой Земли. В конце концов, происходит сближение, планета притягивает к себе крошечную по сравнению с ней каменную или железную глыбу, и на поверхности Земли оказывается метеорит – частица внеземного вещества.

Микрометеорит – частица космической пыли (метеоритного вещества) с размером, близким к размеру молекул, теряет свою энергию еще до того, как она могла бы воспламениться в атмосфере Земли. Микрометеориты выпадают на Землю как дождь мельчайших пылевых частиц, и при торможении в атмосфере, не подвергается температурному воздействию. Количество вещества, ежегодно выпадающего на Землю в

такой форме, оценивается в 4 млн. кг. Размер частиц обычно меньше 120 мкм. Такие частицы удается собрать в ходе космических экспериментов, а железные частицы благодаря их магнитным свойствам могут быть обнаружены и на поверхности Земли.

Метеороид – космическое тело, промежуточное по размеру между межпланетной пылью и астероидом. Видимый путь метеороида, вошедшего в атмосферу Земли, называется метеором. Согласно официальному определению Международного астрономического союза (МАС), метеороид – это твердый объект, движущийся в межпланетном пространстве, размером значительно меньше астероида, но значительно больше атома [<http://www.imo.net/glossary>]. Британское королевское астрономическое общество выдвинуло другую формулировку, согласно которой метеороид – это тело диаметром от 100 мкм до 10 м. [7] Другие источники ограничивают размер метеороида в 50 м.

Перефразируя, можно сказать, что метеорит – это обнаруженный фрагмент метеороида, который «пережил» прохождение сквозь атмосферу Земли.

Болид – очень яркий метеор, иногда наблюдаемый даже днем, часто оставляющий после себя дымный след и сопровождаемый звуковыми явлениями; нередко заканчивается падением метеоритов.

На Землю прилетают также метеориты с Марса и других планет, с нашего естественного спутника Луны. Среди метеоритов были идентифицированы фрагменты пород Луны и Марса.

Земля, проходя свой путь вокруг Солнца, время от времени пересекает также орбиты некоторых комет. Кометы, теряя свою материю, постоянно наполняют межзвездное пространство частичками пыли. Ведь хвосты комет состоят из сублимирующих с поверхности их ядер пара и пыли, исчезающих в космосе. Проходя через орбиты комет, Земля захватывает эту межпланетную материю, что вызывает большое количество видимых с Земли метеоров. Таков генезис **метеорных потоков**, то есть большого количества метеоров,

наблюдаемых в течение всего года с большей или меньшей интенсивностью.

Очень редко Земля сталкивается с особенно плотным роем частиц, и тогда может возникнуть исключительно сильный поток с десятками или сотнями метеоров каждую минуту. Обычно хороший регулярный поток дает около 50 метеоров в час.

В исключительных случаях ряд потоков проявляет значительно большую активность. Тогда их называют «**метеорными дождями**». Во время метеорного дождя можно наблюдать за ограниченный период времени, менее чем за час, десятки метеоров в минуту. Один из самых знаменитых в недавней истории – крупнейший «дождь леонидов», имевший место в 1966 году.

Известно множество ежегодных потоков, хотя только некоторые из них порождают метеорные дожди.

Кроме регулярных метеорных потоков, оставляющих дорожку, существуют так называемые **спорадические метеоры**, не имеющие семьи. Это блуждающие частицы пыли (они могут прийти с любого направления), невидимые и не являющиеся порождением кометного облака. Ведь Солнечная система все еще наполнена материей туманности, ее породившей.

Когда Земля входит в облако пыли, образующее метеорный поток, то вследствие эффекта перспективы кажется, что метеоры, которые в действительности движутся по параллельным траекториям, исходят из одной точки небесного свода в радиальном направлении, называемой вследствие этого «**радиантом**». Локализация радиантов по созвездиям дает название потокам. Положение радианта в определенном созвездии не говорит о том, что метеоры образуются именно там, а лишь указывает на видимый пункт, из которого они «прибыли».

КЛАССИФИКАЦИЯ И НОМЕНКЛАТУРА МЕТЕОРИТОВ

По современной классификации метеориты делят на основе их химического состава на три большие группы: сидеритную (или железные), сидеролитную (железо-каменные) и аэролитную (каменные) [8].

1. **Сидериты**, (составляющие приблизительно 30% от всех известных метеоритов) – это железистые метеориты, состоящие целиком из сплавов железа и никеля в разных пропорциях двух этих элементов. В земных горных породах естественный сплав железа с никелем не встречается, так что присутствие никеля в сплаве указывает на его космическое (или промышленное) происхождение. Существуют также подгруппы железных метеоритов, известные как камаситы, содержащие до 8% никеля, и тэниты (до 50%). Поверхность распила сидеритов часто показывает сложный узор, состоящий из переплетения параллельных пластин и прослоек между ними. Такой узор получил название видманштеттеновых фигур по имени их первооткрывателя Алоиса фон Видманштеттена (1808 г.).

Такая структура сплава получается из-за очень медленного процесса остывания, который идет по-разному у разных сплавов в зависимости от содержания никеля.

Кроме железа и никеля, в сидеритах содержатся и другие вещества в очень малых количествах (некоторые из них не существуют на Земле), например: троилит (сульфид железа), кохенит (карбиды железа и никеля) и давбрэлит (сульфиды железа и хрома).

Обычно упавший сидерит выглядит темным, почти черным, потому что на его поверхности видны следы процесса плавления, который происходил во время его прохождения через атмосферу Земли. Затем в воздухе происходит быстрое окисление, и он становится красноватым или желтовато-коричневым.

2. **Сидеролиты** встречаются реже всего (около 5% известных метеоритов) и состоят из железоникелевых сплавов и силикатов приблизительно в одинаковых пропорциях.

Среди них выделяют две подгруппы: палласиты и мезосидериты, различающиеся по внутренней структуре и минералогическому составу. Они представляют собой застывшую «эмульсию» из несмешивающихся с друг другом металлической и силикатной жидкостей.

3. **Аэролиты** – каменные метеориты встречаются чаще всего и составляют около

65% всех метеоритов, собранных на Земле. Они сходны с земными каменистыми породами и состоят в основном из силикатов (оливина и пироксена). Делятся на две большие подгруппы: хондриты и ахондриты.

Хондриты получили свое название благодаря тому, что они все (за редкими исключениями) содержат хондры - сфероидальные образования преимущественно силикатного состава. Большинство хондр имеет размер менее 1 мм в диаметре, но некоторые могут достигать и нескольких миллиметров. Хондры находятся в обломочной или мелкокристаллической матрице. Хондриты являются наиболее примитивными из всех известных метеоритов. Особенности их вещественного состава и структуры определяются процессами конденсации, испарения и аккреции минерального вещества в солнечной небуле. Возраст хондритов оценивается в 4.5 млрд. лет.

Такие каменные шарики-хондры не встречаются в земных породах, но типичны для 90% каменных метеоритов, называемых, поэтому хондритами.

Около 10% всех каменных метеоритов образуют подкласс *ахондритов*. Ахондриты лишены хондр и состоят из вещества, образовавшегося в результате процессов плавления и дифференциации протопланетных и планетных тел. В этом смысле ахондриты аналогичны земным магматическим породам.

Хондриты, ахондриты, железокатенные и железные метеориты в свою очередь подразделяются на группы и подгруппы по своим химическим и петрологическим свойствам.

Крайне редко на Землю падают очень крупные метеориты. В результате столкновения с поверхностью планеты они взрываются, оставляя **кратеры**, диаметр которых достигает километры. Наиболее известный из них - кратер в Аризоне, США, - имеет в поперечнике более 1 км и образовался 50 тыс. лет назад. Метеоритные кратеры иногда называют астроблемами - «звездные раны». Каждый такой кратер - своего рода оазис, отличающийся от окружающих его ландшафтов. Нередко метеоритные кратеры

подвергаются эрозии и теряют форму, или же заполняются водой и становятся озерами - их можно встретить повсюду - на Чукотке (Россия) и в Эстонии, в Индии и Финляндии, но особенно много кратерных озер в Канаде на древнем материковом щите, породы которого устойчивы к эрозии и сохранили кратерные котловины, образовавшиеся на ранних этапах геологической истории.

В Азербайджане пока что не найдены метеоритные кратеры или их явные следы. С другой стороны, это может быть следствием как отсутствия специального исследования или поиска таких кратеров, так и в силу вышесказанных геологических причин, делающих их распознавание трудными. В поиске ударных кратеров в территории Азербайджана совместные усилия геологов, географов, астрономов и других исследователей, а также использование аэрокосмических снимков могли бы привести к интересным результатам.

По характеру обнаружения все метеориты делятся на **падения** и **находки**. Поэтому, при классификации метеоритов нужно точно знать, идет ли речь о падающем метеорите (то есть о том, который видели, когда он упал на Землю) или о найденном после падения. Из всех собранных в музеях и коллекциях метеоритов только треть видели в момент падения. Все остальные были найдены через какое-то время. Наибольший интерес для искателей метеоритов представляют североафриканские пустыни и Антарктида. Действительно, для этих районов характерны огромные плоские и пустынные пространства, где проще сделать находку.

Падениями считаются метеориты, собранные сразу же после наблюдавшегося торможения метеоритного тела в земной атмосфере. В случае метеоритных дождей дополнительные экземпляры нередко находят в течение долгого времени после падения.

Метеорит «Энсисхейм» напоминает о первом в мире, точно зарегистрированном падении метеорита. 16 ноября 1492 года жители города Энсисхейма в Эльзасе (ныне Франция) следили за падением с неба каменной глыбы. Прибывший туда император Священной Римской Империи Максимилиан приказал приковать его цепями, чтобы он «не

смог улететь обратно на небо». Позже на глыбе была сделана надпись на латыни: «Об этом камне многие знают много, каждый что-нибудь, но никто достаточно».

Статистика падений дает количественную оценку потока, поступающего на Землю космического вещества. Каменные метеориты, как было отмечено выше, составляют огромное большинство падений, причем в основном это хондриты. Ахондриты, железные и железокосмокаменные метеориты составляют малую часть. Таким образом, подавляющее большинство падающих на Землю метеоритов - хондриты.

Находками считаются те метеориты, падение которых не наблюдалось. Их принадлежность к метеоритам устанавливается на основании особенностей вещественного состава. Большинство метеоритов в музеях и частных коллекциях (больше половины мировой коллекции метеоритов) представлено именно находками. Так как каменные метеориты можно спутать с земными породами, они часто остаются незамеченными. Процент каменных метеоритов среди находок заметно ниже, чем среди падений.

Железные метеориты легче опознаются из-за специфичного внешнего вида. Эти метеориты дольше и лучше сохраняются в земных условиях, резче выделяются на фоне земных горных пород, и могут быть найдены не только на поверхности, но и в почве на значительной глубине при помощи металлоискателей.

Падения имеют для специалистов большой интерес, чем находки: о них можно собрать некоторую астрономическую информацию, а вещество их не изменено земными факторами.

Метеоритам, как падениям, так и находкам, обычно дают имена по географическому названию ближайшего или соседствующего населенного пункта или местности, где они были обнаружены. Например, название «Ярдымлинский» означает, что метеорит был найден в одноименной местности в Азербайджане. В случае, когда на небольшом участке находят несколько разных метеоритов, в названии метеорита присутствует номер

находки. Выдающимся метеоритам присваивают более общие имена.

КОСМИЧЕСКИЕ ЖЕЛЕЗОКАМЕННЫЕ ГОСТИ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ

На территории бывшего СССР до недавнего времени было найдено 186 метеоритов [9]: Россия - 109, Украина - 39, Казахстан - 12, Беларусь - 4, Литва - 4, Латвия - 4, Эстония - 4, Туркменистан - 4, Азербайджан - 3, Узбекистан - 1, Киргизстан - 1, Армения - 1.

Все официально зарегистрированные азербайджанские метеориты (1 - железный и 2 - каменных) являются падениями.

Самым известным и хорошо изученным является Ярдымлинский метеорит (см., например, [10]), в то время как сведения о других метеоритах оставались почти незамеченными. Авторы решили восполнить этот пробел в истории астрономии. Ниже приводятся соответствующая информация о них.

Метеорит Ярдымлы

Наш сравнительно молодой Ярдымлинский «космический гость по имени Арус» (Aroos) выпал в виде метеоритного дождя. Упал 24 ноября 1959 г., в 7 ч. 05 м. близ с. Арус Ярдымлинского района Азербайджанской ССР (координаты 38 град 54 мин северной широты, 48 град 18 мин восточной долготы) (ныне Азербайджанская Республика).

Собрано 6 экземпляров общим весом 152,56 кг (127 кг, 11,3 кг, 5,9 кг, 5,7 кг, 2,3 кг и 360 г). Главная масса метеорита Ярдымлы (Iardymly) ныне находится в Институте Геологии НАН Азербайджана (см. Рис.1.), а остальные части - в Метеоритной Коллекции Российской АН. Коллекция поддерживается Лабораторией Метеоритики Института Геохимии и Аналитической Химии им.В.И.Вернадского Российской АН.

Синонимы-разновидности названия Ярдымлинского метеорита, встречаемые в научной литературе и источниках: Iardymlinskii, Jardyrlninsky, Iardymiinskij, Yardymimskii, Iardyrnii, Yardyrnly.

Классификация (тип) Ярдымлинского метеорита: Iron IA-Og (железный, октаэдрит). Следует отметить, что в метеоритах -

октаэдритах (Og) различают три самостоятельные фазы: темно-серую, содержащую 6.5-8.5% никеля - камасит, который образует на срезе полосы в несколько миллиметров шириной (1.3-3.3 мм); окаймляющее их блестящее, как серебро, богатое никелем метеоритное железо - тэнит и серовато-черное метеоритное железо, заполняющее промежутки между пластинками - плессит (тонкая смесь камасита и тэнита). Родственными химическими группами являются: IAB, IC, PE, SHAB, SHE.



Рис. 1. Большой экземпляр Ярдымлинского метеорита.

Имена следующих людей присутствуют на Доске Почета Метеоритной коллекции РАН (бывшей АН СССР) за вклад в находку Ярдымлинского метеорита в 1959 г.:

- Адышов Маилхан, школьник 10-го класса, с. Одургаран, Ярдымлинский район, Азербайджанская ССР;
- Казиев Г.Г., с. Кергеди, Ярдымлинский район, Азербайджанская ССР;
- Мурадов Г.А., старший лейтенант, п. Ярдымлы, Азербайджанская ССР;
- Надиев Атамали, шофер, с. Арус, Ярдымлинский район, Азербайджанская ССР;
- Назаров Марифат, школьник 10-го класса, с. Одургаран, Ярдымлинский район, Азербайджанская ССР;
- Сариев Р.С., колхозник, с. Телавар, Ярдымлинский район, Азербайджанская ССР;

- Талыбов И., колхозник, с. Телавар, Ярдымлинский район, Азербайджанская ССР;
- Теймуров Тапдыг, школьник 10-го класса, с. Одургаран, Ярдымлинский район, Азербайджанская ССР;
- Ширинов Али, школьник 10-го класса, с. Одургаран, Ярдымлинский район, Азербайджанская ССР.

Академик М.А.Кашкай, крупный ученый в области геологии месторождений полезных ископаемых, металлогении, петрологии, минералогии и геохимии магматических и метаморфических пород, минеральных и термальных вод, также детально изучил минералогию Ярдымлинского железо-никелевого метеорита.

В минералогический состав Ярдымлинского метеорита входят в основном, камасит, в подчиненном количестве – тэнит (метеоритное железо) и плессит - прорастание камасита и тэнита, акцессорные фазы - троилит (минерал группы сульфидов FeS), шрейберзит (шрейберзит или рабдит - фосфористое никелистое железо (блестящее железо)) и графит.

В химический состав входят: железо (92-93%), никель (приблизительно 6.5%), кобальт (около 0.4%) и в весьма малых количествах присутствуют фосфор, сера, углерод (исключая графитовые включения, в том числе органический углерод), кремний, алюминий, магний, марганец, гелий, германий.

При разговоре одного из авторов (Э.Б.) с известным географом академиком Б.А.Будаговым стало известно, что совсем недавно российская экспедиция попыталась еще раз обследовать место падения Ярдымлинского метеорита, и благодаря усилиям академика им удалось попасть туда. Они смогли найти только горстку малых остатков метеорита.

Метеорит Индарх

Падение метеорита Индарх (Indarkh) имело место 7 апреля 1891 г., 22 (20?) ч. 10 м., в село Индарх, близ Шушинского района (в то время, а сейчас, часть Агдажбединского района) Карабаха, Азербайджан.

Координаты: 39 град 45 мин северной широты, 46 град 40 мин восточной долготы.

Тип: ЕН-4 (S3) - каменный, хондрит энстатитовый.

Один экземпляр весом (первоначальный) около 27 кг.

Синонимы: Елизаветполь (Elizavetpol), (Elizabethpol), Индарх (Indarch), (Gindorcha), Глиндорха (Glindorkha), Шуша (Shusha), (Schuscha).

Находится в Минералогическом музее им.А.Е. Ферсмана Российской АН (Рис. 2.) (<http://www.fmm.ru/index.htm>).



Рис.2. Индархский метеорит.

В метеорите Индарх, в энстатитовой матрице, были обнаружены [11] новые минералы нинингерит (Keil К. и др. 1967), ниерит (Lee М. R. и др. 1995), а также рёддерит (Fuchs L. Н. и др. 1966).

Метеорит Кульп

Метеорит Кульп (Kulrp) найден в с. Кульп, Казахского района (в то время), Азербайджан; координаты: 41 град 06 мин северной широты, 45 град 24 мин восточной долготы.

Падение имело место 29 марта 1906 г. Нашел его Яралов Иван Сергеевич, помещик, житель с. Кульп, Азербайджан, в 1911 г.

Тип: Н6 - каменный, хондрит обыкновенный.

Два экземпляра общим весом (предположительно) около 10-11 кг, сохранено 3.719 кг (в Комитете по метеоритам АН СССР (ныне Российской АН), Москва)).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Долгое время метеориты оставались единственными образцами внеземного вещества. Но и сегодня, когда вещество других планет и их спутников становится доступным лабораторному исследованию, метеориты не

потеряли своего значения. Вещество, составляющее крупные тела Солнечной системы, подвергалось длительному преобразованию: оно плавилось, разделялось на фракции, вновь застывало, образуя минералы, не имеющие уже ничего общего с тем веществом, из которого все образовалось. Метеориты же являются обломками мелких тел, которые такой сложной истории не прошли. Одни из типов метеоритов - углистые хондриты - вообще представляют собой слабоизмененное первичное вещество Солнечной системы. Его изучение позволяет узнать, из чего образовались крупные тела Солнечной системы, в том числе и планета Земля.

Несмотря на отсутствие традиционных исследований метеоритов в Азербайджане, авторы решили систематизировать научные и другие знания об азербайджанских метеоритах. Их оказалось три – один железный и два каменных.

Вполне возможно, что в Азербайджане можно найти и другие метеориты, но, к сожалению, их систематическими поисками никто не занимается. Более того, не ведутся ни анализы, ни научные исследования в этом направлении.

В конце статьи сделаем некоторые осторожные предположения. Имеются сведения, что в разных уголках Азербайджана, в частности в Нахчыване, находятся камни темно-зеленого или черного цвета, очень похожие на метеориты: в мавзолее Имамзада, в Асхаби-Кэф внутри пещеры, в мечети построенной на месте именины сеидов Миришли, в пире Шахаб-махалле и т.п.

В Шамахинской Астрофизической Обсерватории им. Н.Туси (ШАО) НАН Азербайджана также хранятся экземпляры, найденные сотрудниками Обсерватории и достаточно сильно напоминающие железные метеориты.

Но, все они ждут своего тщательного научного исследования. И вполне возможно, что список азербайджанских метеоритов пополнится.

Благодарим Д.И.Шестопалова за редактирование статьи и А.Б.Аскерова за помощь при подготовке рукописи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Д.Рандзини. **Космос**. Пер. с итальянского Н.Лебедовой. Москва, ООО «Издательство АСТ», ООО «Издательство Астрель», 2002, 320 стр.
2. O.R.Norton. **Rocks from Space** (2nd ed.), Mountain Press Publishing, Missoula, Montana, 1998.
3. O.R.Norton, L.A.Chitwood. **Field Guide to Meteors and Meteorites. Patrick Moore's Practical Astronomy Series** (ISBN: 978-1-84800-156-5), Vol. XV, 2008, 288 p.
4. A.Hanslmeier. **The Sun and Space Weather, Astrophysics and Space Science Library**, Vol.277, Springer Netherlands, DOI: 10.1007/0-306-48211-8, 2004, 250 pages.
5. **The New Solar System** (3rd ed.), J. Kelly Beatty and Andrew Chaikin (eds.), Cambridge University Press and Sky Publishing, 1990.
6. S.Simon. **Comets, Meteors and Asteroids**, Marrow Junior Books, 1994.
7. M.Beech, D.Steel. On the Definition of the Term Meteoroid. **Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society**, Vol. 36(3), 1995, pp.281-284.
8. Н.У.МсСвеев, Jr. **Meteorites and Their Parent Planets**, Cambridge University Press, 1999, 310 pages.
9. Р.Л.Хотинок. Рассказы о метеоритах. **Земля и Вселенная**, №5, 1994, с. 86-92.
10. А.С.Гулиев. **Азербайджанская астрономия в 20-м веке**. Под редакцией Э.С.Бабаева, Баку, «ЭЛМ», 2002, 110 стр.
11. А.А.Евсеев. Кавказ: находки минералов и литература о них до 1990 г. **Среди минералов (альманах)**. М., 2001, с. 9-27.

Поступила в редакцию 15 сентября 2007 г.

AZƏRBAYCAN METEORİTLƏRİ

E.S. Babayev, Ə.Ə.Əliyeva

Məqalədə meteoritlərin genezisi, klassifikasiyası və nomenklaturası haqqında informasiya verilir. Azərbaycan ərazisində tapılmış və beynəlxalq kataloq və kolleksiyalarda qeydə alınmış meteoritlər və onların xüsusiyyətləri haqqında da məlumat verilir.

Aparıcı sözlər: Azərbaycan meteoritləri, meteoritlərin klassifikasiyası, daş meteoritlər

AZERBAIJANI METEORITES

E.S.Babayev, A.A.Aliyeva

The genesis, classification and nomenclature of meteorites are described in this paper. Information about meteorites found in the territory of Azerbaijan and registered in international catalogues and collections as well as relevant information about these meteorites are provided.

Keywords: Azerbaijani meteorites, classification of meteorites, stone meteorites