

ISSN 1991-346X

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА
СЕРИЯСЫ**



СЕРИЯ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ



**PHYSICO-MATHEMATICAL
SERIES**

5 (303)

**ҚЫРКҮЙЕК – ҚАЗАН 2015 ж.
СЕНТЯБРЬ – ОКТЯБРЬ 2015 г.
SEPTEMBER – OCTOBER 2015**

1963 ЖЫЛДЫҢ ҚАҢТАР АЙЫНАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1963 ГОДА
PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK

Б а с р е д а к т о р

ҚР ҰҒА академигі,

Мұтанов Г. М.

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әшімов А.А.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байғұнчечков Ж.Ж.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Жұмаділдаев А.С.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Қалменов Т.Ш.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Мұқашев Б.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Өтелбаев М.О.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Тәкібаев Н.Ж.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Харин С.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішев М.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Жантаев Ж.Ш.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Қалимолдаев М.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Косов В.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Мұсабаев Т.А.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Ойнаров Р.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Рамазанов Т.С.** (бас редактордың орынбасары); физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Темірбеков Н.М.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Өмірбаев У.У.**

Р е д а к ц и я к е ñ е с і:

Украинаның ҰҒА академигі **И.Н. Вишневский** (Украина); Украинаның ҰҒА академигі **А.М. Ковалев** (Украина); Беларусь Республикасының ҰҒА академигі **А.А. Михалевич** (Беларусь); Әзірбайжан ҰҒА академигі **А. Пашаев** (Әзірбайжан); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **И. Тигиняну** (Молдова); мед. ғ. докторы, проф. **Иозеф Банас** (Польша)

Главный редактор

академик НАН РК

Г. М. Мутанов

Редакционная коллегия:

доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **А.А. Ашимов**; доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **Ж.Ж. Байгунчеков**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **А.С. Джумадильдаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Т.Ш. Кальменов**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Б.Н. Мукашев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **М.О. Отелбаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Н.Ж. Такибаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **С.Н. Харин**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Е. Абишев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Ж.Ш. Жантаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Н. Калимолдаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **В.Н. Косов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.А. Мусабаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Р. Ойнаров**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.С. Рамазанов** (заместитель главного редактора); доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Н.М. Темирбеков**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **У.У. Умирбаев**

Редакционный совет:

академик НАН Украины **И.Н. Вишневский** (Украина); академик НАН Украины **А.М. Ковалев** (Украина); академик НАН Республики Беларусь **А.А. Михалевич** (Беларусь); академик НАН Азербайджанской Республики **А. Пашаев** (Азербайджан); академик НАН Республики Молдова **И. Тигиняну** (Молдова); д. мед. н., проф. **Иозеф Банас** (Польша)

«Известия НАН РК. Серия физико-математическая». ISSN 1991-346X

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5543-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,

www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2015

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

Editor in chief

G. M. Mutanov,
academician of NAS RK

Editorial board:

A.A. Ashimov, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **Zh.Zh. Baigunchekov**, dr. eng. sc., prof., academician of NAS RK; **A.S. Dzhumadildayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **T.S. Kalmenov**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **B.N. Mukhashev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **M.O. Otelbayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **N.Zh. Takibayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **S.N. Kharin**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **M.Ye. Abishev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Zh.Sh. Zhantayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.N. Kalimoldayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **V.N. Kosov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.A. Mussabayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **R. Oinarov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.S. Ramazanov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK (deputy editor); **N.M. Temirbekov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **U.U. Umirbayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK

Editorial staff:

I.N. Vishnievski, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.M. Kovalev**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.A. Mikhalevich**, NAS Belarus academician (Belarus); **A. Pashayev**, NAS Azerbaijan academician (Azerbaijan); **I. Tighineanu**, NAS Moldova academician (Moldova); **Joseph Banas**, prof. (Poland).

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physical-mathematical series.
ISSN 1991-346X

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 5543-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2015

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 5, Number 303 (2015), 64 – 72

**OBSERVATIONS OF THE RADIAL VELOCITIES
OF DUST DURING SOLAR ECLIPSES 29.03.2006 AND 01.08.2008**

L. Shestakova, B. Demchenko

Fessenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: shest1952@mail.ru

Key words: Solar system, F-corona, circumsolar dust, sungrazers, zodiacal cloud.

Abstract. The results of interferometric observations of the radial velocities of circumsolar dust up to distances of 11 solar radii during total solar eclipses 29.03.2006 and 01.08.2008 are presented. Comparison of the results showed that the dust over the years changes the composition, dynamically is heterogeneous. During the eclipse 29.03.2006 found that the dynamic link with the zodiacal cloud is virtually nonexistent. The orbital motion of dust 29.03.2006 oriented in the direction opposite to the movement of the planets and has a great inclination to the ecliptic plane. The 2006 results show about genetic link the observed orbital motion of the dust with the parent comet Kreutz group, discovered near the sun near the date of the eclipse. In 2008, there was observed a classic zodiacal dust concentrated toward the ecliptic plane.

УДК 523.62

**НАБЛЮДЕНИЯ ЛУЧЕВЫХ СКОРОСТЕЙ ПЫЛИ
ВО ВРЕМЯ СОЛНЕЧНЫХ ЗАТМЕНИЙ 29.03.2006 И 01.08.2008**

Л. И. Шестакова, Б. И. Демченко

Астрофизический институт им. В. Г. Фесенкова, Алматы, Казахстан

Ключевые слова: Солнечная система, F-корона, околосолнечная пыль, сангрейзеры, зодиакальное облако.

Аннотация. Представлены результаты интерферометрических наблюдений лучевых скоростей околосолнечной пыли до расстояний 11 солнечных радиусов во время полных солнечных затмений 29.03.2006 и 01.08.2008. Сравнение результатов показало, что пыль в разные годы меняет состав и динамически неоднородна. Во время затмения 29.03.2006 обнаружено, что динамическая связь с зодиакальным облаком практически отсутствует. Орбитальное движение пыли 29.03.2006 ориентировано в сторону, противоположную движению планет и обладает большим наклоном к плоскости эклиптики. Результаты 2006 года свидетельствуют о генетической связи наблюдаемого орбитального движения пыли с родительскими кометами группы Крейца, обнаруженными около Солнца вблизи даты затмения. В 2008 году наблюдалась классическая зодиакальная пыль, концентрирующаяся к плоскости эклиптики.

Впервые задача наблюдения поля лучевых скоростей пыли во внешней короне Солнца была поставлена и реализована во время полного солнечного затмения 31 июля 1981 года [1].

На тот момент казалось, что выполнение подобных задач в принципе невозможно. Во-первых, из-за необходимости высокого спектрального разрешения (0.5 – 1.0 Å) при кратковременности полной фазы затмения. Во-вторых, из-за существовавших тогда теоретических представлений о частицах Зодиакального пылевого облака как скоплении крупных частиц со средними размерами порядка 30 мкм. Если предположить, что подобные частицы существуют и в F-короне, то преобладающий вклад в суммарный результат на луче зрения должны давать пылевые частицы, ближе

расположенные к Земле, чем к Солнцу. В-третьих, были большие опасения, что спектральный состав рассеянного света земной атмосферы во время затмения подобен солнечному, как и спектр рассеянного света межпланетной пыли. Более того, на элонгациях, превышающих 4 солнечных радиуса, яркость атмосферного фона превосходит яркость короны, и наблюдения более внешних частей короны теряют смысл.

В дальнейшем выяснилось, что размеры пылевых частиц в короне гораздо меньше частиц зодиакального облака. Кроме того, оказалось, что спектральный состав атмосферного фона не имеет аналогичных несмещенных линий, поскольку в нем преобладает непрерывный спектр, идентичный спектру яркой К – короны [1, 2].

Кроме нашей группы, подобными исследованиями занимались коллеги из США [3]. Они использовали технику маскирования спектра по методу Гриффина. В 1979 году они получили профили лучевых скоростей только в двух точках: на расстоянии 3.2 и 4.3 солнечных радиусов и 12 профилей по результатам затмения 11 июля 1991 года. Двумерную информацию о лучевых скоростях пыли в околосолнечной области этим методом получить невозможно. До настоящего времени, ввиду особой сложности эксперимента, после 1991 года никому не удалось получить новых наблюдательных данных по динамике пыли в околосолнечной области, в том числе и коллегам, о которых сказано выше.

После большого перерыва успешные наблюдения поля лучевых скоростей пыли в F - короне проведены нами снова в Казахстане при отличных погодных условиях вблизи п. Мугалжар Актюбинской области во время полного солнечного затмения 29 марта 2006 года [4, 5]. Наблюдения удалось повторить с небольшим перерывом, благодаря тому, что полоса затмения 1 августа 2008 года проходила также близко к нашему региону. Наблюдения проведены в России вблизи г. Барнаул практически одной и той же аппаратурой [6].

Обстоятельства затмений.

29.03.2006. Наблюдения проводились в поселке Мугалжар Актюбинской области, который находился практически в центре полосы затмения. Геодезические координаты места наблюдения: $\varphi = 48^{\circ}35' N$, $\lambda = 58^{\circ}27' E$, разность со всемирным временем - 5 часов. Согласно нашим расчетам, начало полной фазы затмения по всемирному времени, или время наступления 2-го контакта: $T_2=11^h32^m40^s$, конец полной фазы или время наступления 3-го контакта: $T_3=11^h35^m30^s$. Продолжительность полной фазы затмения составила 170 секунд при высоте Солнца над горизонтом 27.5° . В день затмения была безветренная погода и полностью чистое небо.

01.08.2008. Наблюдения проводились в п. “Энергетик” около г. Барнаула, чуть западнее центра полосы. Геодезические координаты места наблюдения: $\varphi = 53^{\circ}18' N$, $\lambda = 83^{\circ}36' E$, разность с всемирным временем - 7 часов. Время наступления 2-го контакта $T_2=10^h47^m26^s$, продолжительность полной фазы составила 131 секунду при высоте Солнца над горизонтом 29.5° . В день затмения с утра было пасмурно, но к моменту затмения небо практически очистилось от облаков.

Аппаратура. Оптическая схема коронографа (рисунок 1) содержит в качестве питающей оптики линзу EL, фокальная плоскость которой совмещена с плоской поверхностью линзы поля (FL), на которой проектируется первичное изображение объекта. Зеркальная искусственная луна (screen), нанесенная с помощью вакуумного напыления на линзу поля, закрывает внутреннюю корону до 2.6 солнечных радиусов (r_{sol}). Эталон фабри-перо (FP) и интерференционный фильтр (IF) помещены в параллельных пучках вблизи выходного зрачка (EP) телескопа, расположенного сразу после CL - коллиматорной линзы, фокальная плоскость которой также как и у EL совмещена с плоской поверхностью линзы поля. Толщина разделителя эталона фабри-перо равна 70 мкм, аппаратный профиль $\delta\lambda_{1/2} \approx 1\text{Å}$. Камерный объектив (CO) – “гелиос-40” со светосилой 1:1.5 – главный элемент, высокая светосила которого позволяет достичь максимального поля зрения оптической системы. Диаметр поля зрения превысил 5° , что позволило получить информацию о поле лучевых скоростей пыли во внешней короне солнца на расстояниях от 3 до 10 r_{sol} .

В качестве приемника изображения использована CCD – камера Arpegge Alta-10 с размером пикселя 14 мкм. Спектр, который воспроизводится с помощью эталона Фабри – Перо имеет форму концентрических колец. Длина волны спектральных линий-колец убывает с ростом радиуса кольца. Измеряя радиус кольца в каждой точке поля зрения, можно определить длину волны, а значит и интегральную доплеровскую скорость пыли на луче зрения.

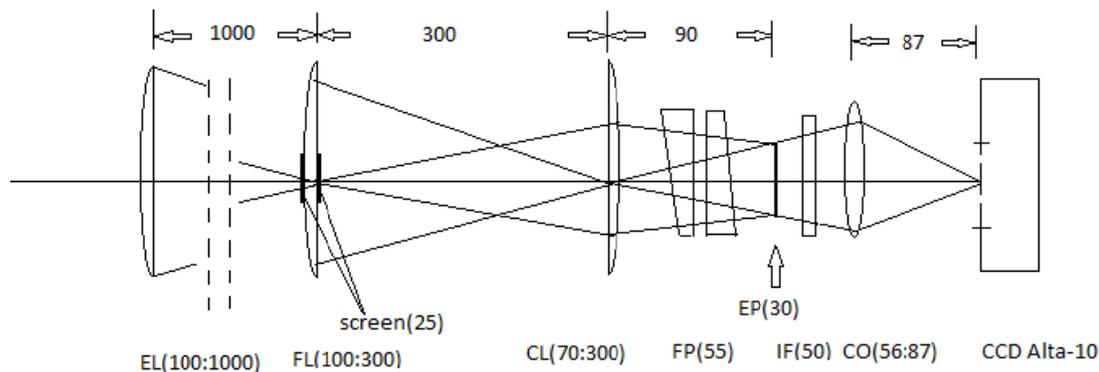


Рисунок 1 – Оптическая схема коронографа для наблюдения поля скоростей во внешней короне Солнца до расстояний $10r_{\text{sol}}$. Цифры около элементов схемы означают диаметр элемента, а для линз – отношение диаметра к фокусному расстоянию

В обоих случаях проведены интерферометрические наблюдения поля лучевых скоростей пыли в F-короне на расстояниях от 3 до 11 солнечных радиусов (r_{sol}) с использованием коронографа (рисунок 1) с эталоном Фабри-Перо. Различие оптической схемы 2008 года от схемы 2006 года состояло только в замене интерференционного фильтра (ИФ). В 2006 году использовался ИФ полушириной 10 \AA настроенный на область линии $\text{MgI } \lambda 5172 \text{ \AA}$, а в 2008 году – ИФ полушириной 20 \AA с максимумом пропускания на $\lambda 5202 \text{ \AA}$.

Наблюдения. В результате наблюдений получены интерферограммы, которые имеют вид концентрических колец, представляющих собой линии поглощения солнечного спектра вблизи зеленых линий MgI . Положение Солнца совмещено с центром колец. Чтобы получить доплеровские смещения линий, мы использовали идентичные снимки рассеянного света дневного неба, содержащие те же линии с нулевым смещением.

Во время полной фазы затмения 29.03.2006 получено 2 снимка с экспозициями 130 секунд и 20 секунд (рисунок 2). На первом кадре содержится информация о лучевых скоростях пыли в F-короне. На втором кадре, полученном в конце полной фазы, зарегистрированы эмиссионные кольца и едва различимы слабые линии поглощения. В дальнейшем выяснилось, что эмиссионные кольца образованы рассеянным в атмосфере светом зеленой корональной линии $\lambda 5303 \text{ \AA}$ в связи с выходом из-за диска Луны ярких внутренних участков короны.

Второй снимок играет важную служебную роль. По кольцам эмиссионной линии этого снимка определен центр интерференционной картины на момент затмения, координаты которого использованы при обработке первого снимка. Для обработки использованы 2 снимка дневного неба,

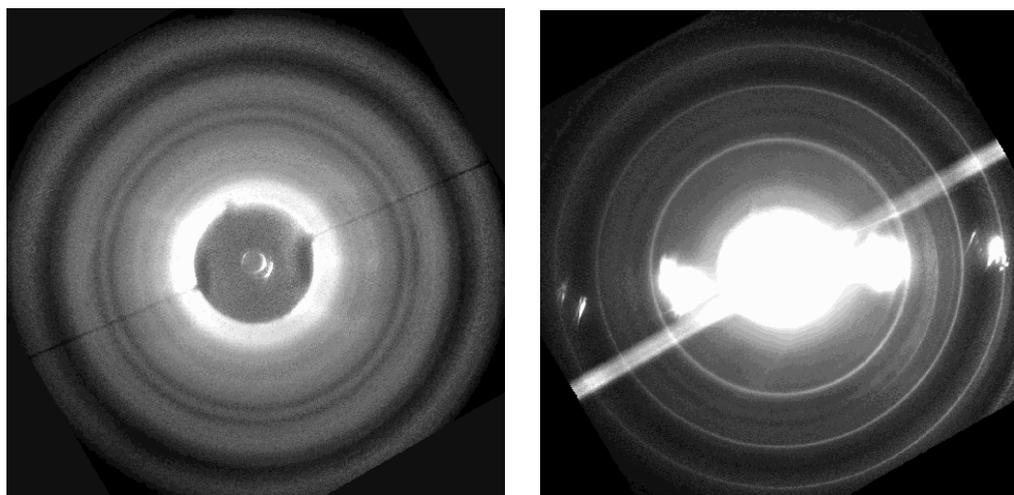


Рисунок 2 – Интерферограммы F-короны 29.03.2006 с экспозициями 130 и 20 секунд. Темная нить поперек поля зрения – суточная параллель. Горизонталь – направление плоскости эклиптики. Запад справа, север вверху.

На 1-м снимке видны только кольца линий поглощения, на 2-м видны эмиссионные кольца

сделанные до и после полной фазы затмения. Сравнение результатов измерений, полученных по двум снимкам сравнения, показало их сходимость в пределах ± 10 км/сек для отдельных участков линий и менее ± 2 км/сек после усреднения по радиусам или позиционным углам.

Поскольку продолжительность полной фазы затмения 1.08.2008 была меньше, чем затмения 29.03.2006 примерно на 30%, мы были вынуждены воспользоваться процедурой бинирования, которая позволяет увеличить чувствительность матрицы за счет объединения 4-х пикселей в один.

Во время полной фазы затмения 01.08.2008 получена серия снимков с экспозициями 100, 15, 2 и 1 секунда. Основная информация о лучевых скоростях пыли в F-короне получена после суммирования 1-го и 2-го кадров. На четвертом кадре, полученном в конце полной фазы, зарегистрированы эмиссионные кольца и едва различимы слабые линии поглощения. По-видимому, как и в 2006 году эмиссионные кольца образованы рассеянным в атмосфере светом зеленой корональной линии $\lambda 5303 \text{ \AA}$. Из списка экспозиций видно, что фаза “зеленой вспышки” в атмосфере земли длится недолго. По окончании полной фазы было сделано несколько снимков неба. Для обработки выбран лучший из них без бликов от близкого солнца, сделанный через 7 минут после окончания полной фазы затмения. Положение центра интерференционных колец “затменных” снимков получено по 3-м кольцам эмиссионной линии $\lambda 5303 \text{ \AA}$, проявившимся на 4-м кадре. По эмиссионным линиям определен и аппаратный профиль $\delta\lambda_{1/2} = 1 \text{ \AA} \pm 0.1 \text{ \AA}$. Сделаны также прямые снимки солнечного диска через плотный фильтр вне полной фазы затмения для определения масштабного фактора и абсолютной привязки фона неба к яркости солнечного диска.

Обработка наблюдений. Материалы затмений 2006 и 2008 годов обработаны с помощью специально составленного блока программ, включающего в себя несколько этапов:

1. После вычета темновых снимков, выполнено исключение “горячих” и “холодных” пиксел с помощью нелинейного кругового медианного фильтра.

2. Учет функции поля. В качестве функции поля использован снимок рассеянного света от лампы накаливания, полученный сразу после полной фазы затмения.

3. Устранение двумерного тренда, или дополнительное выравнивание поля, с использованием линейного кругового фильтра типа «скользящее среднее». Фильтр применяется итеративно до достижения нужной степени сглаживания. Результатом этой обработки является разность $I(x,y) = F(x,y) - F_0(x,y)$, где $F_0(x,y)$ – функция тренда, полученная сглаживанием исходного кадра $F(x,y)$.

4. Фильтрация шумов двумерным фильтром – гауссианой с $\sigma = 1.3$ пикселя, что согласуется с полушириной аппаратного профиля. Этот фильтр устраняет высокочастотную составляющую шума, но не может привести к существенной потере полезной информации.

В результате получены качественные спектры, пригодные для обработки методом корреляций со снимками дневного неба, предварительно обработанными подобным же образом.

Полный алгоритм обработки оказался на удивление эффективным, позволяющим из зашумленных кадров выделить исходный спектр. Полученный спектр после разбиения на участки, содержащие линии поглощения, путем корреляций с аналогичными участками спектра дневного неба, позволяет получить доплеровские смещения в каждом участке спектра с высокой точностью.

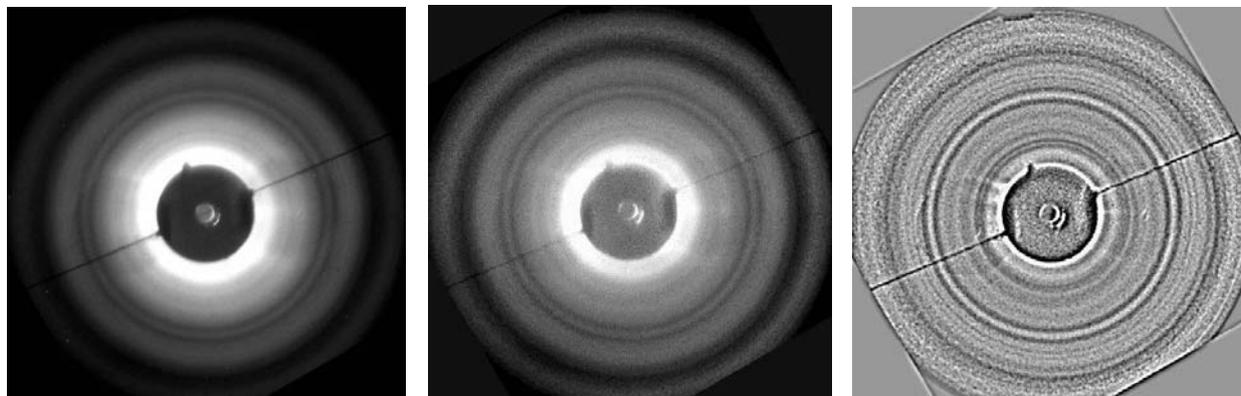


Рисунок 3 – 130-секундная интерферограмма околосолнечной области 29.03.2006 на разных стадиях обработки: исходный кадр, кадр с учетом функции поля и полностью исправленный кадр



Рисунок 4 – Полностью исправленный Спектр 130-секундной интерферограммы околосолнечной области после устранения двумерного тренда и фильтрации шумов. Полная фаза затмения 29.03.2006. Соответствует 3-му изображению рисунка 3

На рисунке 4 представлен спектр околосолнечной области, полностью подготовленный для поиска доплеровских смещений спектральных линий методом корреляций с аналогичными спектрами дневного неба.

Для сравнения со спектрами поглощения на рисунке 5 представлен полностью исправленный спектр околосолнечной области, полученный в конце полной фазы затмения (2-й на рисунке 2). В отличие от снимков дневного неба и главного спектра околосолнечной области, полученного в центре полной фазы, этот спектр содержит мощные эмиссионные пики от линии ионизованного железа FeXIV $\lambda 5303 \text{ \AA}$.



Рисунок 5 – Спектр 20-секундного снимка околосолнечной области. конец полной фазы затмения 29.03.2006. Соответствует 2-му изображению рисунка 2, видна эмиссионная линия в трех порядках интерференции

Для обработки снимка короны 01.08.2008 использован тот же алгоритм, что и в 2006 году. В связи со сменой фильтра, максимум области наблюдения сдвинулся на 30 \AA в длинноволновую сторону ($\lambda_{\text{MAX}} = 5202 \text{ \AA}$) и в обработку попали другие группы линий солнечного спектра.

Из снимков, полученных во время полной фазы затмения 1.08.2008, для обработки выбраны: сумма 1-го и 2-го кадров, а также 4-й кадр, содержащий эмиссионные линии. в качестве опорного снимка для определения доплеровских смещений использован снимок дневного неба, полученный через 7 минут после окончания полной фазы.

На рисунке 6 представлен полностью исправленный околосолнечной области полной фазы затмения 01.08.2008. спектр подготовлен для поиска доплеровских смещений спектральных линий методом корреляций со спектром дневного неба, обработанным аналогичным образом.



Рисунок 6 – Исправленный Спектр 100-секундной интерферограммы околосолнечной области после устранения двумерного тренда и фильтрации шумов

Удивительно, что на этом затмении также как и в 2006 году получены хорошие опорные линии эмиссии FeXIV $\lambda 5303 \text{ \AA}$ для определения центра интерференционных колец и аппаратного профиля инструмента.

Результаты обработки наблюдений

Обработка проведена в полярной системе координат усреднением радиальных разрезов по секторам в пределах $\pm 10^\circ$ от центрального направления. Сделано 36 радиальных разрезов с интервалом 10° . Нумерация позиционных углов начинается от северного полюса эклиптики против часовой стрелки. Восточное направление соответствует 90° , южное – 180° , западное - 270° . Общий объем измерений для кадров 2006 года составляет 11 участков спектра (таблица 1), а для кадров 2008 года - 9 участков спектра от центра интерференционной картины до границы поля зрения. Каждому участку спектра сопоставлены определенные элонгации. Такая процедура проделана вдоль каждого из 36 радиальных направлений.

В таблице 1 показан список 11 интервалов разбиения (в пикселях и солнечных радиусах) вдоль радиальных направлений, которые использованы для кросс-корреляций рабочего снимка затмения 2006 года со снимками сравнения. В указанные интервалы попадают частично разные участки линий поглощения солнечного спектра.

Таблица 1 – Интервалы усреднения по элонгациям (29.03.2006)

№	r (pix)	r (solar radii)	Interval(r)	Interval (r_{sol})	λ (\AA)	element
1	170.0	3.66	145-190	3.12-4.09	5172.69; 5169.04; 5168.91	Mg I, Fe II, Fe I
2	190.0	4.09	145-224	3.12-4.82	5169.04; 5168.91; 5167.33	Fe II, Fe I, Mg I
3	210.0	4.52	190-224	4.09-4.82	5167.33; 5183.62	Mg I, Mg I
4	245.0	5.27	224-262	4.82-5.63	5183.62; 5162.28	Mg I, Fe I
5	280.0	6.02	262-296	5.63-6.37	5159.06; 5172.69	Fe I, Mg I
6	312.0	6.71	296-326	6.36-7.01	5172.69; 5167.33	Mg I, Mg I
7	344.0	7.40	326-360	7.01-7.74	5167.33; 5183.62; 5162.28	Mg I, Mg I, Fe I
8	376.0	8.08	360-392	7.74-8.43	5162.28; 5159.06	Fe I, Fe I
9	408.0	8.77	392-424	8.43-9.12	5172.69; 5167.33	Mg I, Mg I
10	436.0	9.38	424-448	9.12-9.63	5167.33; 5162.28	Mg I, Fe I
11	464.0	9.98	448-476	9.63-10.25	5162.28; 5159.06; 5172.69	Fe I, Fe I, Mg I

Обработка 130-секундного кадра затмения 2006 года проведена дважды: независимо по двум снимкам дневного неба. Обработка суммы 1-го (100 сек) 2-го (15 сек) кадров затмения 2008 года проведена один раз с использованием лучшего снимка дневного неба, полученного через 7 минут после окончания полной фазы.

Вычисление доплеровской скорости производилось по формуле:

$$V = \frac{c(\Delta r)^2}{2f^2} = \frac{3 \cdot 10^6 (0.028)^2 (\Delta r)^2}{2 \cdot (86.65)^2} = 0.01566(\Delta r)^2 \text{ km/s},$$

где $f = 86.65$ мм – фокальное расстояние камерного объектива, 0.028 мм размер пикселя после бинирования 2×2 . $(\Delta r)^2 = (r^2)_{\text{eclipse}} - (r^2)_{\text{sky}}$, где r выражено в пикселях.

На рисунке 7 представлены усредненные по всем элонгациям (от $3.66 r_{\text{sol}}$ до $9.98 r_{\text{sol}}$ в таблице 1) значения лучевых скоростей пыли в F-короне 29.03.2006 в зависимости от позиционного угла. Результаты, получены путем корреляции спектров околосолнечной области со спектрами, полученными из снимков дневного неба, сделанными до и после полной фазы затмения. Оценка ошибки $\sigma \approx 1.8$ км/с.



Рисунок 7 – Лучевые скорости пыли в F-короне 29.03.2006. N – соответствует 0° , E - 90° , S - 180° , W - 270° . От 360° до 450° - повторение начала от 0° до 90° . Пустые квадратики и заполненные ромбики – 2 способа обработки с использованием снимков дневного неба, полученных до и после затмения. Линия – среднее между ними

Такой способ усреднения позволяет выделить влияние орбитального движения пыли. При орбитальном движении пыли в плоскости эклиптики, на востоке (вблизи $P=90^\circ$) должны наблюдаться отрицательные доплеровские скорости, а на западе (вблизи $P=270^\circ$) - положительные, как это было по результатам наблюдения 1981 года [1]. На рисунке 7 обнаружена совершенно иная картина. Отрицательные скорости наблюдаются вблизи южного направления ($P \approx 195^\circ$), а положительные вблизи северного направления ($P \approx 15^\circ$). Влияние частиц зодиакального облака проявилось лишь в виде небольшого скачка средней скорости вниз вблизи $P=120^\circ$ и симметричного резкого подъема вверх на $P=300^\circ$.

Результаты наблюдений 2008 года подтверждают наличие упорядоченного кеплеровского движения пыли (рисунок 8), соответствующего направлению движения планет в Солнечной системе, как это было по наблюдениям 1981 года: к востоку от Солнца наблюдаются отрицательные скорости, а к западу – положительные. Результаты 2008 года не противоречат классическому представлению о поведении пыли в Солнечной системе. Такое поведение околосолнечной пыли следует из связи с Зодиакальным пылевым облаком. Зодиакальная пыль постепенно приближается к Солнцу под действием эффекта Пойнтинга-Робертсона, то есть под действием торможений, связанных с давлением радиации и солнечного ветра.

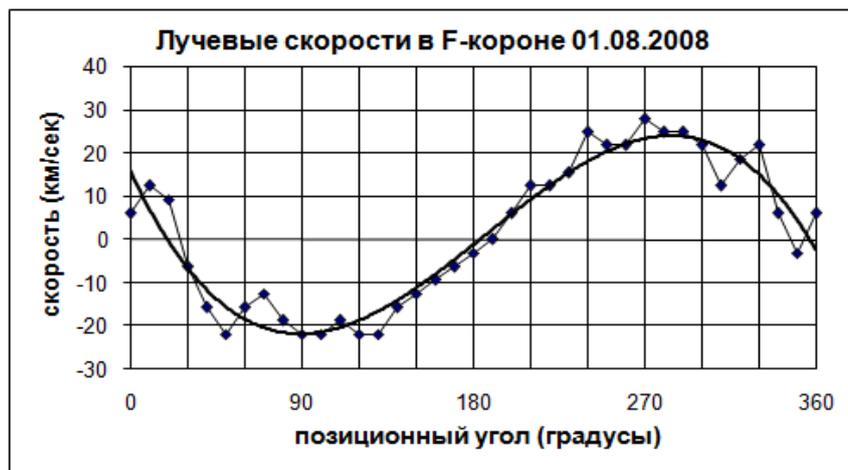


Рисунок 8 – Лучевые скорости пыли в F-короне 01.08.2008. 0° - северный полюс эклиптики. E - 90°, S - 180°, W - 270°. Жирная линия – аппроксимация полиномом 4-го порядка

Результаты 2006 года на первый взгляд кажутся неожиданными. Орбитальное движение пыли явно прослеживается (рисунок 7), но направление главной плоскости орбит в проекции на картинную плоскость ориентировано практически перпендикулярно к эклиптике и знаки наблюдаемых скоростей свидетельствуют об обратном направлении по отношению к орбитальному движению планет.

Проблема происхождения такой ориентации орбит пыли в околосолнечной области разрешилась после сравнения с данными аппарата soho (Solar and Heliospheric Observatory). По данным SOHO за день до солнечного затмения на солнце упала комета группы “Kreutz” и затем через сутки с половиной еще одна комета, двигавшаяся по орбите с близкими параметрами. Таким образом, в момент наблюдений вся околосолнечная область заполнена частицами пыли кометы обратного движения группы “Kreutz”, двигающимися по направлению к Солнцу, а также остатками сгоревшей накануне кометы.

Если сравнить треки комет группы Крейца за март-апрель, представленные по данным “SOHO and STEREO Sungrazing Comets” [7], становится очевидной близость направления максимальной амплитуды измеренных лучевых скоростей ($P=15^\circ$ и $P=195^\circ$) к представленным трекам. При сравнении необходимо учесть, что горизонтальное направление на коронографах C2 и C3 аппарата SOHO совпадает с направлением суточной параллели, вдоль которой проходит нить на рисунке 2. В связи с близостью времени наблюдений к весеннему равноденствию (29.03.2006), суточная параллель на наших снимках повернута примерно на 23.5° относительно эклиптики – горизонтали. Орбитальные элементы этих комет и двух предыдущих приведены по данным Marsden [8] в таблице 2.

Таблица 2 – Элементы орбит комет вблизи даты 29.03.2006

Comet	T	q	e	Аргумент перигелия	Долгота восх. узла	Наклон (i)
СК06F050	2006 Mar. 21.96	0.0050	1.0	82.38	4.20	144.57
СК06F060	2006 Mar. 23.04	0.0333	1.0	56.09	75.03	74.13
СК06F070	2006 Mar. 28.64	0.0050	1.0	84.83	3.42	145.72
СК06F080	2006 Mar. 31.10	0.0052	1.0	84.02	5.67	144.58

Таким образом, наблюдаемое “аномальное” распределение лучевых скоростей пыли, указывающее на сильный наклон плоскости орбиты пылинок к плоскости эклиптики в сочетании с обратным направлением движения, может иметь простое объяснение: генетическую связь с падающими на солнце кометами группы Kreutz, зарегистрированными космическим аппаратом soho 28 и 31 марта 2006 года.

Работа выполнена при поддержке гранта № 0075/зф4 Комитета науки МОН РК.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Shcheglov P.V., Shestakova L.I., Ajmanov A.K.. Results of interferometric observations of the F-corona radial velocity field between 3 and 7 solar radii // *Astron. & Astrophys.* 1987. V. 173. P. 383-388.
- [2] Shestakova L.I. Interpretation of F-corona radial velocity observations // *Astron. & Astrophys.* 1987. V. 175. P. 289-291.
- [3] Beavers W.I., Eitter J.J. Radial velocity discriminated coronal photometric measurements at the July 11, 1991 total eclipse // *Planetary & Space Science.* 2009. V. [1] 57. P. 332-343.
- [4] Shestakova L.I., Rspaev F.K., Minasyants G.S. и др. The observation of total solar eclipse on march 29, 2006 in Kazakhstan // *Odessa Astron. Publications.* 2007. V.20. P.203-204.
- [5] Шестакова Л.И., Демченко Б.И., Рспаев Ф.К., Чалабаев А. Интерферометрические наблюдения поля лучевых скоростей пыли в F-короне 29.03.2006 // *Известия НАН РК. Серия физ-мат.* 2011. № 4. С. 73-82.
- [6] Шестакова Л.И., Демченко Б.И., Рспаев Ф.К. и др. Наблюдения лучевых скоростей пыли в F-короне во время полного солнечного затмения 1.08.2008 // *Известия НАН РК. Серия физ-мат.* 2009. № 4. С. 97-104.
- [7] <http://sungrazer.nrl.navy.mil>.
- [8] Marsden B.G. <http://cfa-www.harvard.edu/iau/mpc.html>, Minor Planet Electronic Circular, MPEC 2006-K10.

REFERENCES

- [1] Shcheglov P.V., Shestakova L.I., Ajmanov A.K.. *Astron. & Astrophys.* 1987. V. 173. P. 383-388.
- [2] Shestakova L.I. *Astron. & Astrophys.* 1987. V. 175. P. 289-291.
- [3] Beavers W.I., Eitter J.J. *Planetary & Space Science.* 2009. V. [1] 57. P. 332-343.
- [4] Shestakova L.I., Rspaev F.K., Minasyants G.S. и др. *Odessa Astron. Publications.* 2007. V.20. P.203-204.
- [5] Shestakova L.I., Demchenko B.I., Rspaev F.K., Chalabaev A. *Izvestiya NAN RK. Serija fiz.-mat.* 2011. № 4. P. 73-82. (in Russian).
- [6] Shestakova L.I., Demchenko B.I., Rspaev F.K. et al. *Izvestiya NAN RK. Serija fiz.-mat.* 2009. № 4. P. 97-104. (in Russian).
- [7] <http://sungrazer.nrl.navy.mil>.
- [8] Marsden B.G. <http://cfa-www.harvard.edu/iau/mpc.html>, Minor Planet Electronic Circular, MPEC 2006-K10.

КҮН ТҰТЫЛУ КЕЗІНДЕ ТОЗАҢНАН
СӘУЛЕ ЖЫЛДАМДЫҒЫН БАҚЫЛАУ 29.03.2006 ЖӘНЕ 01.08.2008

Л. И. Шестакова, Б. И. Демченко

«В. Г. Фесенков атындағы Астрофизика институты» ЕЖШС, Алматы, Қазақстан

Тірек сөздер: күн жүйесі, F-тәжі, күн маңындағы тозаң, сангрейзерлер, зодиак бұлты.

Аннотация. 29.03.2006 және 01.08.2008 толық күн тұтылуы кезінде 11 күн радиусы қашықтығына дейін күн маңындағы тозаң сәуле жылдамдығының интерферометриялық бақылауларының нәтижелері ұсынылды. Нәтижелерді салыстыру тозаңның әр жылдары құрамын өзгертіп отыратынын және динамикалық біртекті еместігін көрсетті. 29.03.2006 күн тұтылуы кезінде зодиак бұлтпен динамикалық байланыс мүлдем жоқ екендігі анықталды. 29.03.2006 тозаңның орбиталық қозғалысы планеталардың қарама-қарсы бағытына бағытталған және эклиптика жазықтығына үлкен көлбеу болып келеді. 2006 жылдың нәтижелері тұтылу күніне жақын Күн маңында табылған Крейц тобының аналық кометаларымен орбиталық қозғалысы бақыланып отырған тозаңның генетикалық байланысы жөнінде куәландырады. 2008 жылы эклиптика жазықтығына шоғырланған классикалық зодиак тозаңы бақыланды.

Поступила 15.15.2015 г.

**Publication Ethics and Publication Malpractice
in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

[www:nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

<http://www.physics-mathematics.kz>

Редактор *М. С. Ахметова*
Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 25.09.2015.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
11,0 п.л. Тираж 300. Заказ 5.