

НАБЛЮДЕНИЯ НА ПЪЛНОТО СЛЪНЧЕВО ЗАТЪМНЕНИЕ НА 14 НОЕМВРИ 2012 Г. ОТ ГРАД КЕРНС, АВСТРАЛИЯ: НАУЧНА ПРОГРАМА И ПЪРВИ РЕЗУЛТАТИ

Пенка Стоева¹, Алексей Стоев¹, Сергей Кузин², Андрей Перцов²,
Боян Бенев¹, Явор Шопов³

¹Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: stoev52@abv.bg; penm@abv.bg; b_benev@mail.bg

²Физически институт „Лебедев“, РАН, Москва, Русия
e-mail: kuzin@sci.lebedev.ru

³Софийски университет „Климент Охридски“
e-mail: yyshopov@phys.uni-sofia.bg

Ключови думи: пълно слънчево затъмнение, короната в бяла светлина, реакция на атмосферата, осветеност на небето, геомагнитно поле

Резюме: В тази работа са разгледани резултатите от научна експедиция до Австралия, за наблюдение на пълното слънчево затъмнение на 14 ноември 2012 г. Бяха проведени експерименти за решаване на хелиофизични и астрометрични задачи, задачи в областта на слънчево-земните връзки. Наблюденията бяха в района на Маунт Молой, на 150 км от Палм Коув, Кернс, Куинсленд.

Короната на Слънцето в бяла светлина бе наблюдавана с 300 мм обектив и телескоп Максудов-Касагрен с обектив 2000 мм. Фотографиите са направени с различна експозиция – къса за вътрешната корона и дълга за външната. Така можем да получим съставно изображение и да изследваме структурата на короната в бяла светлина.

По време на затъмнението бе изследвана и реакцията на атмосферата по данните за температурата на въздуха на височина 2м, налягането, влажността и скоростта и силата на вятъра, измерени с автоматична метеорологична станция.

Абсолютната осветеност на небето по време на затъмнението бе регистрирана с фотометър в околзенитната област.

Пробни магнитометрични наблюдения също бяха проведени за изследване на възможни изменения на земното магнитно поле вследствие на пълното слънчево затъмнение.

Наблюденията на пълното слънчево затъмнение от 14 ноември 2012 г. ни дават възможност да изследваме структурата на короната на Слънцето по време на този минимален максимум в цикъла на слънчевата активност и да я сравним с предишни наблюдения по време на различни фази на слънчева активност.

NOVEMBER 14, 2012 TOTAL SOLAR ECLIPSE OBSERVATION FROM CAIRNS, AUSTRALIA: SCIENTIFIC PROGRAMME AND FIRST RESULTS

Penka Stoeva¹, Alexey Stoev¹, Sergej Kuzin², Andrey Pertsov²,
Boyan Benev¹, Yavor Shopov³

¹Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: stoev52@abv.bg; penm@abv.bg; b_benev@mail.bg

²Lebedev Physical Institute, RAS, Moscow, Russia
e-mail: kuzin@sci.lebedev.ru

³Sofia University “Kliment Ohridski”
e-mail: yyshopov@phys.uni-sofia.bg

Keywords: Total solar eclipse, white light corona, atmospheric response, sky illuminance

Abstract: In this work, results from the scientific expedition to Australia, for observation of the November 14, 2012 total solar eclipse are considered. Experiments for solving astrometric and heliophysical tasks, tasks in the field of sun-earth relations were conducted in the region of Mount Molloy, 150km from Palm Cove, Cairns, Queensland.

Solar corona in white-light was observed with 300 mm objective and 2000 mm Macsutov -Cassegrain telescope. Photos are made with different exposures – short for the inner corona and long for the outer corona. Thus, we derive a composite image and can investigate structure of the white light solar corona.

During the eclipse, atmospheric response was investigated using measurements of the temperature of the air at a height of 2m, pressure, humidity and wind speed and direction made with an automatic meteorological station.

Absolute illuminance of the sky during the eclipse was measured by a photometer in the region of zenith.

Trial magnetometric observations were also conducted for investigation of possible reaction of the ground magnetic field to the total solar eclipse.

Observations of the November 14, 2012 total solar eclipse give us the possibility to investigate solar corona structure during this unique minimal maximum of the solar activity cycle and compare it with previous observations during different phases of the solar cycle.

Въведение

Наземните наблюдения на пълни слънчеви затъмнения все още се считат за уникална възможност за детайлно наблюдение на вътрешната корона на Слънцето. Те дават безценна информация за загряването, структурата и динамиката на короната, разпределението на температурата в квазистабилните коронални структури (активни зони, коронални дупки, ярки точки и др.). Сравненията с информацията от космически коронаграфи може да разкрие механизмите на освобождаване на енергия и постигане на енергиен баланс в бързите процеси (изригвания, коронални избухвания и др.) и механизмите на образуване и ускорение на слънчевия вятър [1].

Тъй като пълното слънчево затъмнение пресича Линията на смяна на датите, то протича на 13-14 ноември 2012г. Универсално време. Започва на 14 ноември местно време, на запад от Линията на смяна на датите в Северна Австралия и завършва на 13 ноември, източно от Линията на смяна на датите, близо до Западния бряг на Южна Америка, на около 4° северно от Чилийските острови Хуан Фернандес. Най-населеният град, през който минава линията на тоталитета е град Кернс, Куинсленд, Австралия. За малкия остров Норфолк в Тихи океан, източно от Австралия и Нова Зеландия затъмнението е частично [2].



Фиг. 1. Автоматичната метеорологична станция и магнитометъра, свързани с компютър; телескопи, спектрограф и фотоапарати

Пълно слънчево затъмнение (ПСЗ) на 14 ноември 2012 г. бе наблюдавано в района на Маунт Молой, на 150 км от Палм Коув, Кернс, Куинсленд, Австралия, покрай магистрала 81 Мълигън, в близост до евкалиптова гора (Фиг. 1). Мястото бе избрано далеч от морския бряг поради високата облачност там в утринните часове, веднага след изгрева на Слънцето, когато започва затъмнението. Координатите на наблюдателната площадка са следните: $\varphi = 16^{\circ}29'45.6''$ S, $\lambda = 144^{\circ}58'17.4''$ E, Alt. = 342m. Ефемеридата на явлението за наблюдателната ни точка е следната: Първи контакт 5:44:37 LT (местно време) (изгрев 5:35 LT), Втори контакт 6:38:21 LT, Трети контакт 6:40:25 LT, Четвърти контакт 7:40:06 LT

Азимутът на Слънцето по време на явлението бе 105.5 градуса, а неговата височина над хоризонта – 2.4 градуса по време на първия контакт, 14.2 градуса по време на пълната фаза и 29.4 градуса по време на четвъртия контакт.

Продължителност на пълната фаза - 2 мин и 4 сек.

Експерименти

Научните задачи за наблюдение на пълното слънчево затъмнение на 14 ноември 2012 г. бяха следните:

- Фотометрично изследване на основни коронални структури по време на пълното слънчево затъмнение – фотографии на бялата корона с различни експозиции за получаване на съставно изображение с телескоп – рефлектор 120/2000 Максутов – Касагрен и цифров фотоапарат Canon EOS 550D (обектив 300 мм).
- Спектриметрично изследване на далечните стримери на слънчевата корона със специално разработен широкоъгълен спектрограф с фотоапарат Olympus E 410 и позициониране по изображения от LASCO-C3 на хелиосферния спътник SOHO.
- Магнитометрични изследвания на реакцията на приземното магнитно поле със специално разработен компактен преносим цифров 3D магнитометър за измерване на слаби магнитни полета - μ Meter.
- Фотометрия на осветеността на небето с фотометър LUX Pu 150.
- Определяне на динамиката на основните микрометеорологични параметри на 2-метровия приземен атмосферен слой с автоматичната метеорологична станция Interactive touch-screen weather station Techno-line WS-3600.
- Астрометрия на явлението “пълно слънчево затъмнение” по време на фазовата му еволюция (определянето с висока точност на първия и последния контакт при покриването на слънчевия диск от лунния). Наблюдение с телескоп – рефлектор 120/2000 Максутов – Касагрен, с фокален редуктор X2.
- Наблюдения на атмосферни оптични ефекти по време на пълното слънчево затъмнение.

Резултати

Корона на Слънцето в бяла светлина

Основен източник на информация за далечната средна и външна корона на слънцето си остават оптичните наблюдения на бялата корона, която се формира от разсейването на светлината на фотосферата както от бързодвижещите се коронални електрони, така и от праха в междупланетното пространство между орбитите на Меркурий и Земята [3].



Фиг. 2. Короната в бяла светлина по време на пълното слънчево затъмнение на 14 ноември 2012, Австралия, фотографирана с 300 мм обектив

Направени са фотографии на слънчевата корона в бяла светлина (Фиг. 2) с телескоп – рефлектор 120/2000 Максутов – Касагрен и цифров фотоапарат Canon EOS 550D (обектив 300 мм), с експозиции от 1/500 до 5 секунди. След получаване на съставно изображение ще се изследва подробно структурата и формата на слънчевата корона.

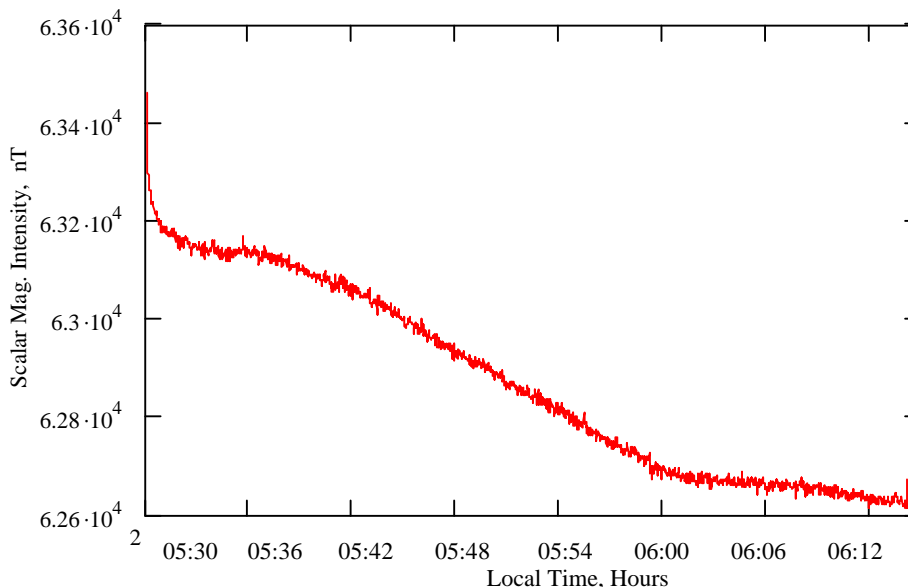
Спектри на далечната корона

До скоро се смяташе, че спектърът на далечната слънчева корона (над 5 слънчеви радиуса) е същият както на бялата корона. Нашите наблюдения, обаче, по време на затъмнението на 11 август 1999 г. показаха, че гигантските коронални стримери, които могат да бъдат наблюдавани пряко само от стратосферни полети или от Космоса, излъчват светлина само в отделни участъци на видимия спектър [4]. Затова, по време на пълното слънчево затъмнение на 29 Март 2006 г. направихме първия експеримент за установяване на спектъра на далечната слънчева корона. За целта беше изработен специален широкоъгълен слънчев спектрограф. Процепът на спектрографа се ориентира успоредно на дължината на един от гигантските коронални стримери.

Позицията на гигантските коронални стримери се определя по изображенията, получени от LASCO-C3 няколко часа преди затъмнението. Докато вътрешните части на короната излъчват непрекъснат спектър на бяла корона, външните ѝ части (на 14 слънчеви радиуса) излъчват широколентови емисионни линии подобни на тези на плазмените опашки на кометите. Такива спектри са регистрирани само по време на пълното слънчево затъмнение на 29 Март 2006 г. в Турция и на 14 ноември 2012 г. в Австралия. Сравненията с наблюденията от 1999 г. показват, че вероятно спектрите са различни по време на различни слънчеви затъмнения. Предстои подробна обработка на получените спектри и анализ на резултатите.

Геомагнитното поле

Реакцията на приземното магнитно поле по време на пълното слънчево затъмнение бе изследвана със специално разработения компактен преносим цифров 3D магнитометър за измерване на слаби магнитни полета - μMeter (Фиг. 3). Вижда се намаляване на интензивността на полето с настъпване на пълното слънчево затъмнение. За съжаление, случайно е прекъсната връзката между датчика и компютъра точно преди пълната фаза на затъмнението и не можем да проследим изцяло влиянието на това природно явление върху магнитното поле на земята.

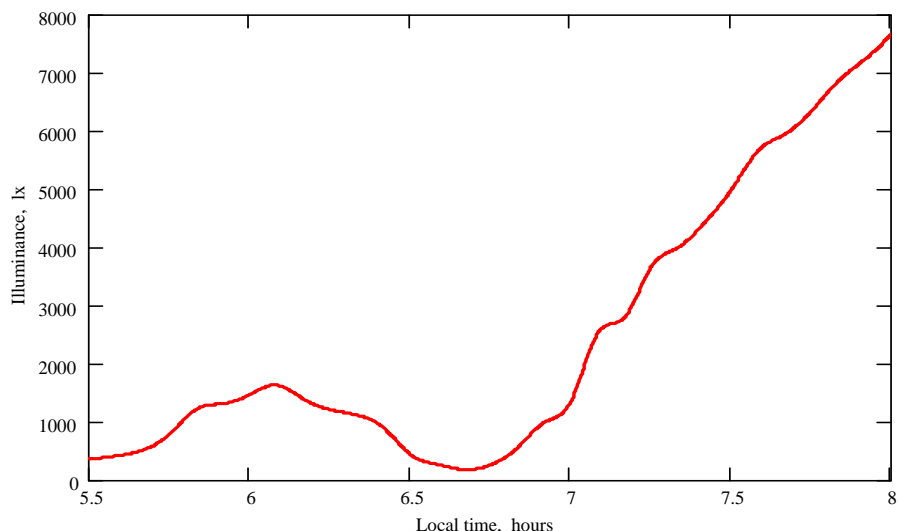


Фиг. 3. Изменение на интензивността на магнитното поле по време на ПСЗ на 14 ноември 2012

Интересно е да се отбележи, че в момента на пълната фаза на затъмнението започва магнитна буря, която продължава почти едно денонощие. Интензивността и амплитудата на геомагнитното смущение още в самото начало на събитието достига ниво $K_p=6$, което съответства на магнитна буря от второ ниво по 5-балната скала. Това е първата магнитна буря на земята след едномесечно прекъсване (последната буря е на 13-14 октомври 2012 с $K_p=4$). За последните няколко години това е вторият случай, когато затъмнението на слънцето точно съвпада по време с възникването на магнитна буря на земята. Последно това се е случило по време на пълното слънчево затъмнение на 22 юли 2009, когато ивица на сянката на луната преминава през територията на Китай [5].

Осветеност на небето

Фотометричните наблюдения на осветеността на небето в околзенитната област са проведени с фотометър LUX Pu 150. Осветеността постепенно се увеличава след изгрева на слънцето в 05:35 LT. Първото значително намаляване се появява в 06:05 или 21 минути след първия контакт и достига минимум по време на максималната фаза (06:40 LT). Нивото на осветеност после бързо се възстановява и продължава да расте вследствие на денонощния ход на слънцето (Фиг. 4).

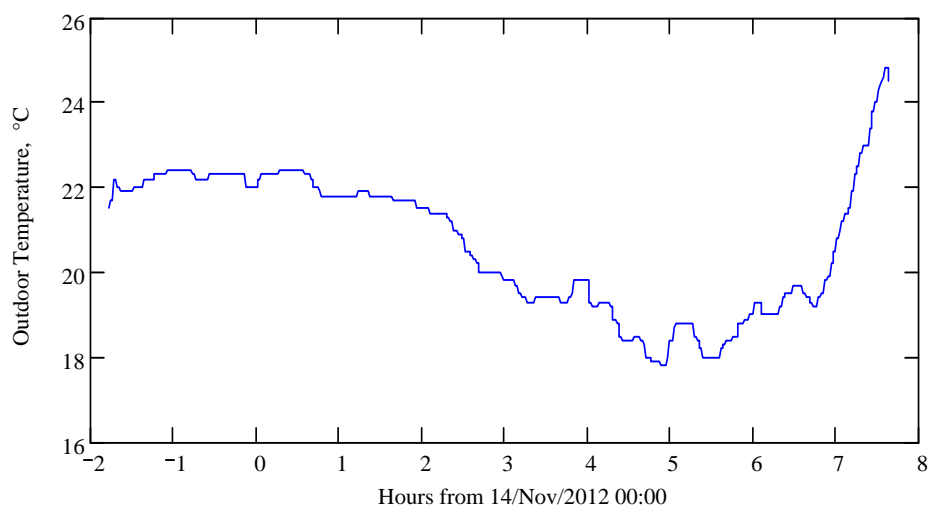


Фиг. 4. Осветеност на небето в околзенитната област по време на ПСЗ на 14 ноември 2012, Австралия

Реакция на приземния атмосферен слой

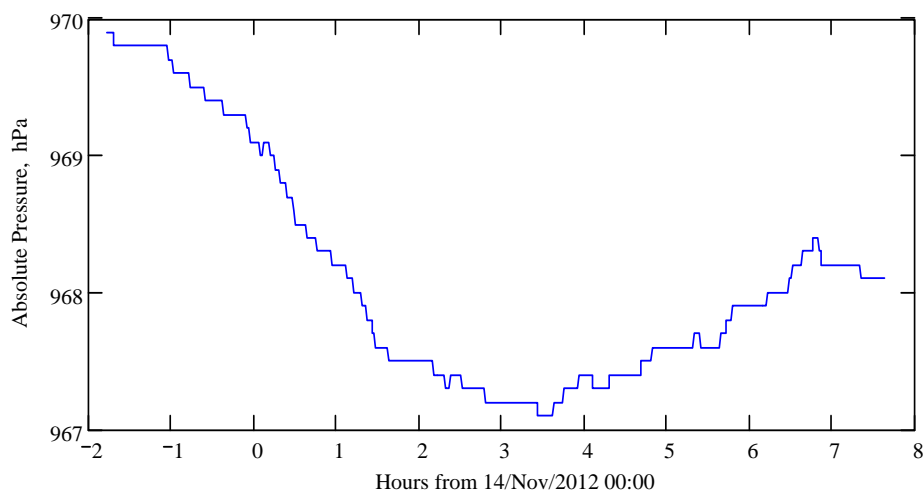
Определена е динамиката на основните микрометеорологични параметри на 2-метровия приземен атмосферен слой по време на затъмнението с автоматичната метеорологична станция Interactive touch-screen weather station Techno-line WS-3600.

Минимум в температурата на въздуха по време на затъмнението (19.0°) е измерена в 06:46 LT или 6 минути след края на пълната фаза (06:40 LT) (Фиг. 5).



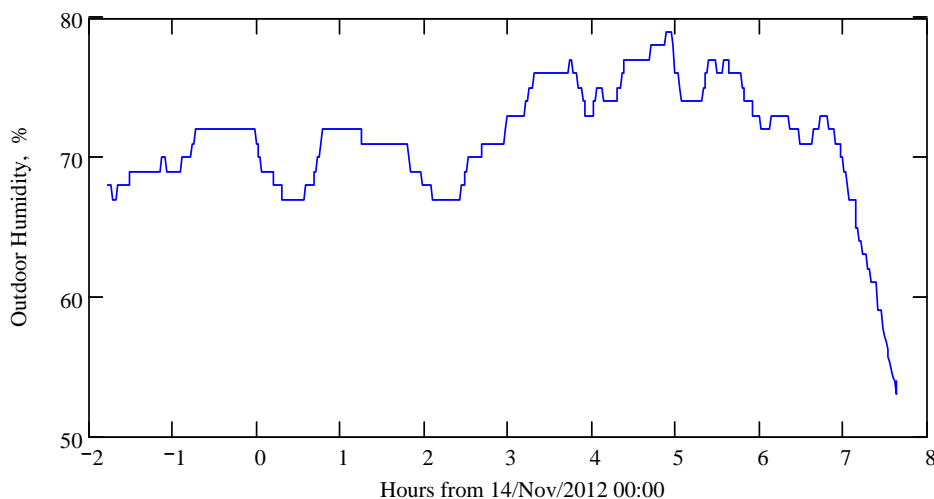
Фиг. 5. Температура на въздуха по време на ПСЗ на 14 ноември 2012, Австралия

Абсолютното налягане се увеличава от 967.7 в началото на затъмнението 05:44 LT до 968.2 hPa в края на пълната фаза 06:40 LT (Фиг. 6).



Фиг. 6. Абсолютното налягане на въздуха по време на ПСЗ на 14 ноември 2012, Австралия

След първия контакт относителната влажност постепенно намалява от 76% до 72% в 06:10, нараства до 73% до 06:23 и отново намалява до 71 % по време на пълната фаза. До 06:51 влажността постепенно нараства до ~73%, след което започва стабилно да намалява и достига 53% в края на затъмнението (Фиг. 7).



Фиг. 7. Относителна влажност на въздуха по време на ПСЗ на 14 ноември 2012, Австралия

В началото на затъмнението има слаб вятър от запад - югозапад. В 06:22 започва по-силно да духа от юг - югозапад (от 2.1 до 3.2 км/ч). В 06:41 започва да духа от запад - северозапад, а в 06:44 посоката се сменя на запад – югозапад. Шест минути след края на пълната фаза започва да духа от юг – югозапад със скорост 1.8 км/ч и след 20 минути достига 4.3 км/ч. В 07:40 скоростта достига 18.7 км/ч. Посоката на движение на лунната сянка е от запад – северозапад на изток – югоизток.

Астрометрия

Определени са първият и последният контакт при покриването на слънчевия диск от лунния. Наблюденията са извършени с телескоп – рефлектор 120/2000 Максубов – Касагрен, с фокален редуктор X2. Точните моменти се използват за оценка на точността на ефемеридите на пълното слънчево затъмнение и за определянето на числените поправки в уравненията, описващи движението на луната.

Първи контакт – LT 05:44:36 - неуверено определен поради облаци.

Четвърти контакт – LT 07:40:08 - край на затъмнението.

Заклучение

За изследване на короната на слънцето по време на много нисък максимум в активността на слънцето и промените в атмосферата бе организирана руско-френско-българска експедиция за наблюдение на пълното слънчево затъмнение на 14 ноември 2012 г. в Австралия . Наблюденията бяха проведени в областта на Маунт Молой, на 150 км от Палм Коув, Кернс, Куинсленд.

Направени са фотографии на короната на Слънцето в бяла светлина с 300 мм обектив и телескоп Максудов-Касагрен с обектив 2000 мм, с различна експозиция за получаване на съставно изображение за изследване структурата и динамиката на короната.

С автоматична метеорологична станция са регистрирани промените в температурата на въздуха на височина 2м (минимумът е 6 мин. след края на пълната фаза), налягането, влажността и скоростта и силата на вятъра. Тези параметри са различни в зависимост от местните условия и климат.

Осветеността на небето по време на затъмнението бе измерена в околзенитната област. Тя достига минимум по време на пълната фаза.

Пробните магнитометрични измервания показват постепенно намаляване на интензивността на земното магнитно поле с настъпване на пълното слънчево затъмнение.

Направените измервания дават възможност за сравнение с резултатите от предишни пълни слънчеви затъмнения, получени от нас и други автори.

Литература:

1. P a s a c h o f f, J. 2009, Solar eclipses as an astrophysical laboratory, Vol 459j11 June 2009jdoi:10.1038/nature07987, pp 789 – 795.
2. <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEmono/TSE2012/TSE2012.html>
3. S t o e v, A. , P. S t o e v a, N. K i s k i n o v a, and N. S t o y a n o v. Evolution of the basic micrometeorological parameters during the total solar eclipse of 29 March 2006 at Manavgat, Turkey, Fourteenth International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics / Atmospheric Physics, 24 - 30 June 2007, Buryatia, Russia, Gennadil G. Matvienko and Victor A. Banakh Editors, Proceedings of SPIE, Atmosphere Physics, ISSN 0277-786X, Vol. 6936, pp 517-521, 69361Z (2008); DOI link: <http://dx.doi.org/10.1117/12.783768>.
4. S h o p o v, Y. Y., D. A. S t o y k o v a, K. S t o i t c h k o v a, L.T. T s a n k o v, A. T a n e v, K l. B u r i n, S t. B e l c h e v, V. R u s a n o v, D. I v a n o v, A. S t o e v, P. M u g l o v a, I. I l i e v, 2008. Structure and Interactions of the Solar Dust Corona with the other Coronal Components. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, v. 70 pp. 356–364.
5. <http://www.thesis.lebedev.ru/>