Всяка мисъл, изразена с думи, е сила, действието на която е безпределно. Лев Толстой (1828 - 1910)

Всякая мысль, выраженная словами, есть сила, действие которой беспредельно. *Шолстой, Лев Николаевич (1828 - 1910)*



U

2012

Ses









© Space Research and Technology Institute - Bulgarian Academy of Sciences ISSN 1313 - 3888 2013

SES 2012

Eighth Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, SAFETY

4 - 6 December 2012, Sofia, Bulgaria

BULGARIAN ASTRONAUTICAL SOCIETY



BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES Space Research and Technology Institute

BULGARIAN ASTRONAUTICAL SOCIETY

REPRESENTATIVE OFFICE OF ROSSOTRUDNICHESTVO IN BULGARIA

EIGHTH SCIENTIFIC CONFERENCE with International Participation

Dedicated to 40 YEARS OF BULGARIA IN SPACE

SPACE ECOLOGY SAFETY

SES 2012

PROCEEDINGS

Organizational Committee

Honoured Chairman: Prof. Evgeniy Nikolov

Chairman:	Members:
Prof. Petar Getsov, DSc	Prof. Tsvetan Dachev, DSc
	Prof. Zhivko Zhekov, DSc
Vice-Chairman:	Dr. Konstantin Peev
Prof. Garo Mardirossian, DSc	Dr. Krassimir Stoyanov
	Chief Assistant Rumen Shkevov
Secretary:	Chief Assistant Maria Dimitrova
Assoc. Prof. Dr. Tania Ivanova	Valeri Vassev, MS
	Valeriy Varbanov, MS
	Adelina Kuzeva, MS
	Lidiya Cholpanova, MS

Scientific-Programming Council

Acad. Lev Zelenyi – Russia Assoc. Prof. Dr. Mihail Mogilevskiy – Russia Prof. Rupert Gerzer – Germany Prof. Alen Hauchecorne – France Prof. Gerasimos Papadopoulos – Greece Prof. Stefano Tinti – Italy Prof. Danilo Ristich – Macedonia Dr. Stoyan Velkoski – Macedonia General Dr. Alexander Alexandrov Acad. Chavdar Roumenin, DSc Corr. Member Peter Velinov, DSc Corr. Member Filip Filipov, DSc Prof. Petar Getsov, DSc Prof. Garo Mardirossian, DSc Prof. Nikola Vichev, DSc Prof. Dr. Boyko Ranguelov Chief Assistant Georgi Jelev Tsveta Srebrova, MS

PROCEEDINGS

Publishing team:

Garo Mardirossian Tsveta Srebrova Georgi Jelev

This Collection contains reports presented orally or in the form of posters during the Eighth Scientific Conference with International Participation "Space, Ecology, Safety - SES 2012", which was held on 4 - 6 December 2012 in Sofia.

The Collection includes reports which were sent within the due term and were drafted in accordance with the preliminarily announced instructions. The reports submitted by the authors have not been edited in substance, but have only been subject to technical processing.

The reports and the accompanying abstracts are published in one of the three working languages of the Conference after the authors' choice.

© Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences

ISSN 1313 - 3888

Bulgaria, Sofia 1113, *Acad. G. Bonchev* St., bl. 1, P.O.Box 799 Phone/fax: (+359 2) 988 35 03 e-mail: office@space.bas.bg; http://www.space.bas.bg

CONTENTS

Plenary Session

<i>Петър Гецов</i> 40 години България – космическа държава11
<i>Таня Иванова</i> Първата българска космическа апаратура17
<u>Session 1</u> Space Physics
Николай Ерохин, Румен Шкевов, Людмила Михайловская, Надежда Зольникова Анализ зависимости серфотронного ускорения электронов пакетом электромагнитных волн в космической плазме от продольного импульса частицы
<i>Николай Ерохин, Надежда Зольникова, Людмила Михайловская, Румен Шкевов</i> Динамика тайфуногенеза с вариациями скорости ветра в вихре
Jordanka Semkova, Tsvetan Dachev, Rositza Koleva, Stefan Maltchev, Nikolay Bankov, Victor Benghin, Vyacheslav Shurshakov, Vladislav Petrov, Sergey Drobyshev Observation of a Solar Particle Event on the International Space Station in March 2012
Tsvetan Dachev, Borislav Tomov, Yury Matviichuk, Plamen Dimitrov, Nikolay Bankov, Jordanka Semkova, Rositsa Koleva, Vladislav Petrov, Viacheslav Shurshakov, Victor Benghin
Relativistic Electron Precipitation Variations on Manned Spacecraft
Tsvetan Dachev, Jordanka Semkova, Borislav Tomov, Yury Matviichuk, Plamen Dimitrov, Nikolay Bankov, Rositsa Koleva, Lev Zelenyi, Igor Mitrofanov, Alexey Malakhov, Maxim Mokrousov, Vladislav Tretyakov, Vladislav Petrov, Vyacheslav Shurshakov,
Bulgarian Participation in Future Interplanetary Missions
<i>Irina Despirak, Andris Liubchich, Rositza Koleva</i> Magnetotail Signatures of Substorms Associated with Sheath and Cir Regions in the Solar Wind64
Пенка Стоева, Алексей Стоев, Сергей Кузин, Андрей Перцов, Боян Бенев, Ясор Шоясо
Наблюдения на пълното слънчево затъмнение на 14 ноември 2012 г. от град Кернс, Австралия: Научна програма и първи резултати
Алексей Стоев, Пенка Мъглова, Боян Бенев Изследване на измененията в геомагнитната активност на територията на древни скални светилища
<i>Kiril Kabadiyski, Snezhan Bozhkov, Dimitar Mitev</i> A Solution of the Task of Weight Loss of Rotating Balanced Material Objects in the Gravitational Field of the Earth
Ролф Вернер, Димитър Вълев, Димитър Данов, Венета Гинева Структурни изменения във времевите редове на глобалните и полусферните температури 89
Veneta Guineva, Irina Despirak, Rolf Werner Fine Structure of the Particle Precipitations during Substorm Development at High Latitudes95

Веселин Ташев, Ролф Вернер, Мариана Горанова, Ангел Манев, Богдана Мендева, Димитър Вълев Изследване на потенциалните възможности за добив на слънчева енергия с използване
на MC Vantage Pro2 Plus в гр. Ст. Загора
Veneta Guineva, Rolf Werner Method of Determination of the Solar Radiation Extinction by the Oxygen Molecules in the Atmosphere
Геннадий Беляев, Бойчо Бойчев, Владимир Костин, Геннадий Комраков, Елена Трушкина, Ольга Овчаренко Аномальные структуры в верхней ионосфере и их модификация при мощном высокочастотном нагреве по данным спутников ИНТЕРКОСМОС БОЛГАРИЯ-1300 и КОСМОС-1809
Boycho Boychev, Mikhail Mogilevsky, Gennady Belyaev, Boris Hotinov, Tatyana Romantsova, Vladimir Boychev, Konstantin Metodiev, Pavlin Gramatikov,
Georgi Sotirov, Ondřej Santolík, Ivana Kolmašová, Radek Lán, Ludek Uhlíř, Jiři Baše, Eva Macúšová, Zuzana Hrbáčková, Jaroslav Chum, František Hruška, Dmitriy Chugunin The Experiment on Electric Fields Measurement in a Broad Band "AMEF-WB/IESP-3R" and Electromagnetic Wave Analizer "ELMAVAN" for "RESONANCE" Project
<i>Красимира Янкова</i> Вертикална структура и сравнение в развитието на акреционните дискове на ЛЕБЕД X-1 и СТРЕЛЕЦ А*
Daniela Boneva, Krasimira Yankova, Deyan Gotchev, Lachezar FilipovThe Flow Evolution Models of Accreting Astrophysical Objects132
Деян Гочев, Лъчезар Филипов, Даниела Бонева "Аномалност" - гранична или преходна област?
Мария Димитрова, Симеон Асеновски, Петър Велинов, Мариана Захаринова, Лъчезар Матеев, Румен Недков, Йордан Тасев, Петър Тонев, Пламен Тренчев, Ппамен Христов
Анализ на информацията, публикувана в web-страницата на Центъра за прогнози на космическото време и космическия климат при ИКИТ-БАН и неговото бъдещо развитие 142
Йордан Тасев, Артем Абунин, Мария Абунина, Сергей Гайдаш, Симеон Асеновски, Петър Велинов, Мария Димитрова, Марияна Захаринова, Лъчезар Матеев, Петър Тонев
Сравнителен анализ на прогнозите направени през 2011- 2012 от Центъра за прогнози на космическо време и космическия климат към ИКИТ-БАН
<i>Oksana Yagodkina, Irina Despirak</i> Dynamics of the Auroral Precipitation Zones during Recurrent Stream of Solar Wind
<i>Костадин Шейретски, Румен Шкевов, Николай Ерохин</i> Теорема за устойчивост на движението на екваториален спътник
Петър Тонев, Артем Абунин, Мария Абунина, Симеон Асеновски, Анатолий Белов, Петър Велинов, Сергей Гайдаш, Мария Димитрова, Евгения Ерошенко, Лъчезар Матеев, Йордан Тасев Анализ развития геомагнитных бурь 8 и 9 октября 2012 года и их прогнозирования175
Сергей Гайдаш, Анатолий Белов, Евгения Ерошенко, Артем Абунин, Мария Абунина, Петър Велинов, Петър Тонев, Йордан Тасев Анализ причин возникновения и развития геомагнитной бури 24-25 октября 2011

Измервані	ия на спектъра на високата атмосфера на Земята в областта на вакуумния
ултравиол	ет със спектрометъра "ФОТОН-1" на борда на "ИК-БЪЛГАРИЯ-1300"
<u>Session 2</u>	
Aerospa	ce Technologies and Biotechnologies
<i>Malina Jo</i>	<i>danova, Todor Uzunov</i>
From Cere	bral Pathology to Space-Weather Awareness: the Cross Point
<i>Malina Joi</i>	<i>danova, Todor Uzunov</i>
Launching	an EU Telehealth Code of Practice
Atanas At An Adaptiv Simulation	anassov e Parallel Integrator of Ordinary Differential Equations System for Space Experiment
<i>Atanas At</i>	anassov
Program S	ystem for Space Missions Simulation - First Stages of Projecting and Realization
Ангел Ма	нев, Диньо Динев, Веселин Ташев, Христо Лукарски, Стилиян Стоянов
Разделите	ална способност на оптична система за броене на соматични клетки
Adelina M	<i>iteva</i>
On the Mic	rostructure and Mechanical Properties of Nanocomposites
Михаил В	падов, Анатолий Дороган, Даниил Украинцев, Петр Гецов,
Георгий (Сотиров, Румен Недков
Комбинир [,]	ованный измеритель содержания нитратов и радиации окружающей среды
<i>Михаил В</i>	ладов, Даниил Украинцев, Румен Недков
Датчик сол	інечной ориентации для микроспутника
Илияна И	пиева, Йордан Найденов, Таня Иванова, Иван Дандолов, Емилия Гешева,
Веселина	<i>Ненова</i>
Влияние н	а съотношението зелена/синя светлина върху физиологията на листна цикория
при RGB с	светление
<i>Пламен К</i>	остов
Експериме	энтално изследване на капилярното издигане на вода в изкуствени почви
с помощта	на нискочестотен капацитивен датчик
Пламен К	о <i>стов</i>
Топлинно-	импулсни датчици за влажност на почва за целите на космическото
растениев	ъдство
Геннадий	<i>Маклаков</i>
Методи за	регистриране изменени състояния на съзнанието на операторите на сложни
ергатични	системи: Проблеми и перспективи
	н Панайотов, Константин Методиев иране траекторията на движение на лек акробатичен самолет по данни от
Христиа Реконстру инерциалн	а навигационна система

<i>Анна Бузекова - Пенкова</i> Програма и методика за провеждане на експеримент за изследване влиянието на открития Космос върху материали на основата на дисперсноуякчена алуминиева сплав280
<i>Павел Пенев</i> Космическите полети и проблемите на сигурността
Deyan Gotchev, Plamen Trentchev The "Military" Space Facing Up Choices
<u>Session 3</u> Remote Sensing and Geoinformation Systems
Lachezar Filchev, Vassil Vassilev Crop Monitoring of 2011/2012 Agricultural Year for the Territory of Bulgaria with the Use of MODIS NDVI Products
<i>Александър Гиков, Петър Димитров</i> Приложение на сателитни изображения със средна разделителна способност за оценка на щетите от пожарите на Витоша през 2012 г
<i>Георги Лечов, Ерам Артинян</i> Валидиране на фенологичните метрики на растителната покривка (MODIS) с температурно-базираните наземни метрики за начало на вегетационния период в Централни Родопи, 2000-2011 г
<i>Деница Борисова</i> Полеви спектрометрични изследвания на скали
<i>Георги Желев</i> Определяне на степента на геоложка опасност в Източните Родопи чрез прилагане на метода на размитата логика (Fuzzy Logic)
Валентин Атанасов, Георги Желев Спектрална разделителна способност на видеоспектрометрични системи
Boyan Benev, Alexey Stoev, Penka Stoeva Portable 3D Magnetometer for Local Geomagnetic Field Disturbance Measurements
<i>Богдана Мендева, Боян Петков</i> Понижение на озоновото съдържание над България през пролетта на 2011 г
Веселин Ташев, Ангел Манев Комплексно измерване на светлинни излъчвания в атмосферата във FUV диапазон
Dora Krezhova, Svetla Maneva, Nikolai Petrov, Vera Alexieva, Irina Moskova Remote Sensing of Spectral Responses of Plants to Adverse Environmental Conditions
Иван Димитров Цифров модел на първата българска столица и военен лагер на хан Аспарух край Никулицел
Пламен Тренчев, Мария Димитрова, Румен Недков, Пламен Христов, Марияна Захаринова Модифицирани инструменти и алгоритми за работа с база данни. Уеб-базирани системи за мониторинг на околната среда

Пламен Тренчев, Румен Недков, Мария Димитрова, Пламен Христов, Ива Иванова, Марияна Захаринова, Деян Гочев Интегрирани web-базирани системи за мониторинг на околната среда
Session 4
Ecology and Risk Management
Boyko Ranguelov, Stoyan Petkov, Nadia Marinova The EU 7FP Project Enclose – Partner Balchik Municipality
Марияна Николова, Георги Железов, Стоян Недков, Петър Ножаров, Юлия Крумова, Валентин Николов, Александър Гиков, Емил Гачев Промени в околната среда и съвременно състояние на защитена зона "Седемте Рилски езера"
Марияна Николова, Стоян Недков, Юлия Крумова, Емиция Киридова - Чорбаджийска
Оценка на въздействието на туризма върху екосистемата на Седемте Рилски езера
<i>Петър Ножаров</i> Моделиране на климатичните промени в Рила и тяхното влияние върху Седемте Рилски езера
<i>Рангел Гюров</i> Реконструкция на глобални напрежения, основана на данни от сервизно-ориентирани архитектури за изследване на земната кора402
<i>Ралица Берберова, Георги Петров, Ласко Ласков</i> Мониторинг и превенция от екологични бедствия чрез изследване на земно-насипни съоръжения на речни крайбрежия и микроязовири чрез георадар
Светла Димитрова Космическо време и физиологичен статус на човека
Деница Борисова, Христо Николов, Дойно Петков, Бануш Банушев Оценка на рекултивационни дейности на нарушени терени около открити рудници с дистанционни методи за изследвания
Ива Иванова, Румен Недков, Наталия Станкова, Мариана Захаринова, Мария Димитрова, Славена Николова, Камелия Радева Анализ на наводнението от месец февруари 2012 г. на територията на с. Бисер на базата на спътникови и GPS данни в среда на ГИС
<i>Stojan Velkoski, Jane Velkoski</i> The Legends Abut the Hidden Treasure, the Reasons for Destructiion of the Cultural Heritage of Macedonia
<i>Stojan Velkoski, Jane Velkoski</i> Geo-Pathogenic Sources of Radiations (GPR)448
<i>Keranka Vassileva</i> Study of the Movements of GNSS Permanent Stations on the Balkan Peninsula in Autumn Time 454
Иван Димитров Мениджмънт на риска при горски пожари – незаконни сметища

Plenary Session

40 ГОДИНИ БЪЛГАРИЯ – КОСМИЧЕСКА ДЪРЖАВА

Петър Гецов

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките

40 YEARS BULGARIA – SPACE COUNTRY

Petar Getsov

Space Research and Technology Institute - Bulgarian Academy of Sciences

Key words: space exploration, environmental monitoring, technology transfer

Abstract: The paper is devoted to the 40th anniversary of the Space Research and Technology Institute -BAS. There are considered structure and subject of the research in institute. There are shown the projects and perspective directions for work and their applications.

Тази година се навършват 40 години от момента, когато е изведен на космическа орбита първия български прибор, наречен тогава П-1, и са проведени първите български експерименти в Космоса. Според тогавашните регламенти на Международната Астронавтична Федерация и Бюрото за използването на Космоса за мирни цели към ООН това е достатъчно за обявяването на страната ни за Космическа държава.Така България става 18-та Космическа държава в света и като се има в предвид, че в списъка на ООН фигурират над 190 държави може да се отчете реално значението на тази класация за нашата страна.

Първият български прибор е предназначен за изследвания в областта на космическата физика-измерване на температурата и концентрацията на космическата плазма (Сн.1).

Отбелязвайки тази годишнина не може да не отбележим заслугите на основателите на тогавашната Централна лаборатория за космически изследвания (ЦЛКИ) академиците Любомир Кръстанов и Кирил Серафимов (Сн.2), правоприемник на която се явява сегашния Институт за космически изследвания и технологии към БАН (ИКИТ). Трябва да отдадем дължимото и създателите на П-1, Таня Иванова, Стефан Чапкънов, Мария Петрунова и Георги Карамишев, които са показани на Сн.3.



Сн. 1

Сн. 2

Сн. 3

През всичките тези 40 години независимо от големите исторически и икономически преобразувания ИКИТ успява да е флагмана на българските космически изследвания и да защити високото място на България като космическа държава.След Първия прибор следват спътниците "България-1300", "Метеор-Природа" и повече от 100 прибори, апаратури и системи летяли на космическа орбита с които са проведени около 500 космически експерименти. С Полета на нашия Първи космонавт Георги Иванов България става 6-та страна която има космонавт и е 3-та, която произвежда космически храни заедно със САЩ и тогавъшния СССР. Като връх в нашите космчески изследвания можда се отбележи полта на нашия Втори косвонавт Александър Александров по време на който се реализира сериозна научна програма включваща разработването на 11 научни апаратури и системи и повече от 40 експерименти проведени на борда на Орбиталната космическа станция "Мир".

Последните години в областта на космическите изследвания са белязани с промяната на начина на финансиране на дейността, т.е. с преминаването към проектно финансиране и засилване на научно-приложната дейност и трансфера на технологиите. За периода от 2005-2011 г. в ИКИТ са разработени над 100 проекта, като много от тях с външно не бюджетно финансиране.

Основните направления в които работи института са Космическата физика, Дистанционното изследване на Земята от Космоса и Трансфер на космически технологии.

По първото направление основните проекти са свързани с изследвания на космическата плазма и радиация. Много сериозно е българското участие на борда на Международната космическа станция (МКС). Български прибори измерат радиацията на астронавтите и модулите на станцията като се започне от 2001 г. и се стигне до 2020 г.(Фиг.1). От началото на 2012 г.започна разработка на подобна апаратура за марсохода "Екзо-Марс-2016" и други два за 2016 и 2018 г.

През следващата година предстои извеждането на орбита на апаратурите по проекта "Обстановка" включващи сонда на "Ленгмюр" за изследване на плазмата около МКС (Сн. 4) и апаратура за измерване на електрическия потенциал на модулите на станцията, който се указва,че може да достигне до 200V. Това може да предизвика протичане на уравнителни токове при доближаване на космическите кораби до станцията и да се наруши нормалната работа на системите за автоматична стиковка.



Напредват и работите по проекта "Резонанс", свързан с изследване на магнитосферата на Земята. Вече пета година се разработва научна апаратура (Сн. 5), която ще се монтира на четири високоапогейни спътници, движещи се по продължение на магнитните силови линии, за да може да се определят процесите и токовете в магнитните тръбички на полето.





Сн. 5

Сериозно място в института заемат изследванията, свързани със слънчево-земните връзки и краткосрочната и дългосрочните прогнози на Слънчевите въздействия на хората и климата.Създаден е център за прогнозране на слънчевата активност и на базата на разработените модели ежедневно на сайта на института се публикува актуалната информация в това направление. Наши учени са инициатори на създадената най-голяма международна инициатива в областта на космическото време (Фиг. 2).

В последните години космическите технологии заемат все по широко място в живота на хората. Особено голямо приложение имат дистанционните методи за изследване на Земята от Космоса.

Като пример в това направление можем да посочим проекта на института "PROBA-V" за оценка на вегетацията и състоянието на земеделските култури с помощта на изображения от спътниците "Spot" и "PROBA-V".

Успешна е и дейността на института по рамковите програми на Европейската комисия, свързани с проблемно ориентиран процесинг и създаване на база от данни за изследване на йоносферата (POPDAT), оценка на замърсяването при Ві-конична полетна струя ("AEROcepture for Future spAce tranSporTation" FP7 project AEROFAST GA No 218797 и проект за създаване на уебсайт "Космос" по 7-ма рамкова програма (Website "COSMOS" FP7 project GA No 218813).

След спечелен конкурс по оперативна програма "Конкурентно-способност" продължава втория етап на създаденият към института офис за трансфер на технологии – PHARE Project BG 2005/353 017.10.06/ESC/G/TTO. Той се явявя част от мрежата на такива офиси в Европа (Фиг. 3).



Фиг. 2

Фиг. З

Успешно се развива в ИКИТ направлението "Космическа медицина и биология". Продължават изследванията, свързани с усъвършенстването на космическата оранжерия, която се явява българско ноу-хау и е летяла повече от 10 години на Орбиталната космическа станция "Мир". Сега по проект с ФНИ (Project DMU 02/2– 2009-2013) експериментално се измерва водния капилярен потенциал в порьозния материал на почвата в условията на микрогравитация, която се създава с малък акробатичен самолет (фиг. 4.).



Фиг. 4

Изследванията на функционалната ефективност на човека- оператор при екстремални условия е силно застъпено в работата на института. По проект с ФНИ на МОМН (Project 02/59-2009-2013) е разработена апаратура за изследване на психофизиологичното състояние на оператори на сложни технически системи и подвижни обекти. В изследователския комплекс са включени неустойчива платформа, система създаваща виртуална реалност и система за моделиране и изследване на оператори (фиг.5).





Голямо внимание в ИКИТ обръщаме на подмладяването на научния състав. Успешно завърши проект по оперативната програма "Човешки ресурси" BG051PO001/07/3.3-02/63/170608

SRF) за повишаване на квалификацията и съхраняване на екип от млади учени в областта на аерокосмическите технологии, което се предпоставка за устойчиво развитие на направлението свързано с мониторинга на околната среда и превенцията при техногенни и природни бедствия.(фиг. 6).



Фиг. 6

Институтът издава научното списание "Aerospace Research in Bulgaria". Наши водещи учени са автори на много публикации, монографии и патенти. Стана хубава традиция ежегодно институтът да провежда международна научна конференция "Космос, Екология, Сигурност".(Фиг. 7).



Фиг. 7

Бъдещите активности на Института за космически изследвания и технологии са в следните направления:

- Създаване на национален космически сегмент, базиран на микроспътникова платформа, безпилотни летателни апарати (UAV) и Национален космически геоинформационен център, като част от интегрираната информационна система за Глобален Мониторинг на Околната среда и сигурността (GMES);

- Осъществяване на бърз трансфер на космическите методи, разработки, данни, резултати и технологии към индустрията и бизнеса, включително и SMEs, базирани на създадения Офис за Трансфер на Технологии;

- Внедряване на резултатите от изследванията на човека-оператор при работа в екстремални условия;

- Създаване и внедряване на Система за мониторинг здравето на населението и телемедицински методи в здравеопазването.

Литература:

- Гецов, П. Българските космически изследвания и бялата книга на Европейския съюз, Сборник трудове от Конференция с международно участие "Космос, екология, сигурност "Варна, 7-12с.,10-13 Юни 2005 г.
- 2. Гецов, П., З. Хубенова, В. Попов. Изследване на човека като управляваща система в среда с виртуална реалност. Пета научна конференция с международно участие "Космос, екология, нанатехнологии, сигурносг" – ИКИ-БАН, 2-4 ноември 2009, , София.
- 3. G e t s o v, P., W. P o p o v, Z. H u b e n o v a, G. S o t i r o v, K. M e t o d i e v, S. T a n e v, L. A l e k s i e v,
 S. D o s h e v. Use of Technology Virtual Reality for the Study of Human Operator in Extreme Conditions, Proceedings of 5th International Conference on Recent Advances in Space Technologies, June 09-11, 2011, Istanbul, Turkey, pp. 820-824, ISBN: 978-1-4244-9615-0.
- 4. G e t s o v, P. The programs, projects and contracts status in space research institute at the Bulgarian academy of sciences. SENS-07, 27-29.06.2007 , Varna, 7-12p.

ПЪРВАТА БЪЛГАРСКА КОСМИЧЕСКА АПАРАТУРА

Таня Иванова

Институт за космически изследвания и технологии - Българска академия на науките e-mail: tivanova@space.bas.bg

Ключови думи: програма "Интеркосмос", йоносфера, космическа апаратура, сондов прибор

Резюме: Възможността България да участва в космическите изследвания със своя научна апаратура бе предоставена от програмата "Интеркосмос". На 1 ноември 1969 година към Президиума на БАН беше създадена Групата по физика на Космоса от млади специалисти с ръководители академиците Л. Кръстанов и К. Серафимов и с отговорната задача - проектирането на първата българска космическа апаратура. Първият сондов прибор П1 предназначен за директно измерване на параметрите на йоносферната плазма е изстрелян успешно на борда на спътника "Интеркосмос-8" на 1 декември 1972 година и България се нарежда на 18-то място в списъка на "космическите държави". До 1981 г. бяха разработени и изстреляни серия от български сондови прибори за директно изследване на йоносферата от борда на спътниците "Интеркосмос-12,14 и 19", "Интеркосмос-България-1300" и на геофизичните ракети "Вертикал-3,4,6,7 и 10".

THE FIRST BULGARIAN SPACE EQUIPMENT

Tania Ivanova

Space Research and Technology Institute - Bulgarian Academy of Sciences e-mail: tivanova@space.bas.bg

Keywords: "Intercosmos" program, ionosphere, space equipment, probe device

Abstract: The "Intercosmos" program gave Bulgaria the unique opportunity to participate in space research with its own scientific equipment. On 1 November 1969, a Group of Space Physics with young professionals, headed by the academicians L. Krastanov and K. Serafimov, was created to the Presidium of the Bulgarian Academy of Sciences. Its exceptional task was to design the first Bulgarian space equipment. On 1 December 1972, the first probe device (P1) for direct measurement of ionosphere plasma parameters was launched successfully onboard the satellite "Intercosmos-8", and Bulgarian probe equipment for direct study of the ionosphere and upper atmosphere were developed and launched onboard the satellites "Intercosmos-12, 14 and 19", "Intercosmos-Bulgaria-1300" and the geophysical rockets "Vertical-3, 4, 6, 7 and 10".

Въведение

Създадената праз 1967 година международната програма "Интеркосмос" предостави възможността на всички страни от бившия социалистически лагер да участват в космическите изследвания със своя научна апаратура, като използват безвъзмездно руската космическа техника [1]. Така и на малки страни като България се даваше възможност да изстрелват на борда на космически апарати (КА) свои научни прибори за изследвания в желаната от тях област.

Програмата за съвместни изследвания "Интеркосмос" беше разработена и съгласувана с участието на известните български учени - акад. Любомир Кръстанов (тогавашен председател на БАН) и акад. Кирил Серафимов, ръководители на Националния ни комитет за изследване и използване на космическото пространство. В Москва бе създаден Съвет за координация на международното сътрудничество по програмата "Интеркосмос" за изследването и използването на космическото пространство за мирни цели с ръководител акад. Б. Н. Петров (до 1980 г., а след това - акад. В. А. Котелников). Представителите на всички страни-участнички присъстваха на старта на първия спътник по тази програма "Интеркосмос-1", осъществен на 14.10.1969 г. от космодрума Капустин Яр край Волгоград.

Изследванията по програмата "Интеркосмос" се провеждаха в следните научни направления: космическа физика, космическа метеорология, космически съобщения, космическа биология и медицина. През 1975 г. бяха включени и Дистанционните методи за изследване на Земята от космоса, чийто ръководител от българска страна беше акад. Димитър Мишев. Във всяко от тези направления бяха създадени Постоянно-действащи работни групи (ПДРГ) от учени и специалисти на страните-участнички, които на ежегодни сесии обсъждаха научни, технически и организационни въпроси, свързани с подготовката на новите експерименти в космоса, а така също докладваха научните резултати от вече проведените изследвания.

През 1976 г. бе взето решение по програмата "Интеркосмос" да бъде изпратен безплатно в околоземна орбита по един космонавт от всяка страна на едноседмична мисия на борда на Орбиталната станция "Салют-6" (осъществено в 9 международни екипажа до 1981 г.). Първият български космонавт Георги Иванов полетя на борда на "Союз-33" в екипаж с Николай Рукавишников на 10.04.1979 година, като за полета му бе разработена научна апаратура.

По програмата "Интеркосмос" бяха изстреляни общо 25 изкуствени спътника на Земята, 11 изследователски геофизични ракети "Вертикал", както и редица други КА (Прогноз, Метеор и т.н.). В рамките на почти четвърт век на това ползотворно сътрудничество и българските учени имаха значителни постижения с участието с десетки научно-изследователски апаратури на почти половината КА, както и с научните програми на двамата ни космонавти.

Описана е накратко историята на създаването и дейноста на първата българска научна група за разработка и изработване на космическа апаратура за директни изследвания на йоносферата и високата атмосфера с помощта на сондови измервателни прибори, изстреляни на борда на различни КА в периода 1972-1981 година.

Първото звено за космическо приборостроене

Първото научно звено за организирани космически изследвания в България, наречено Група по физика на Космоса (ГФК) беше създадено на 1.11.1969 година към Президиума на БАН с ръководител акад. Любомир Кръстанов, директор на Геофизичния институт (ГФИ) на БАН [2]. Идеолог и фактически създател на ГФК бе акад. Кирил Серафимов, който знаейки дългосрочната перспектива за развитие на групата, я структурира от млади хора. Сред първите назначени сътрудници в нея бяха току що завършилите ТУ - София и разпределени в БАН електроинженерки Таня Иванова и Мария Петрунова.

От Ядрения център на БАН бе привлечен за ръководител на малкия колектив с конкурс за научен сътрудник инж. Стефан Чапкънов. Техническото изпълнение бе поверено на майсторспециалистите Георги Соколов, Георги Карамишев и Славка Лесева. Въпреки, че средната възраст на специалистите в новосъздаденото научно звено бе под 25 години, им беше възложена отговорна мисия - проектирането на първия български космически прибор и полагането на основите на космическото уредостроене в България.

Научното ръководство в областта на физиката на околоземното пространство поеха изтък-нати учени от секция "Физика на йоносферата" (ФЙ) към ГФИ: акад. Кирил Серафимов, доц. Димитър Самарджиев и проф. Иван Кутиев. Акад. Кирил Серафимов, наричан днес "бащата на българската космонавтика" беше уникален човек, много енергичен и пословично трудолюбив. Притежаваше невероятен дар слово и творческа продуктивност - изпод перото му излязоха хиляди страници с научна и публицистична стойност. Вярваше ни, въпреки че бяхме млади и неопитни, и ни уверяваше, че ще се справим с изключително сложната задача, която ни беше възложена.

Трябваше да започнем буквално от нулата. Нямахме никакви условия за работа, нито пък материална база. Дори работни места нямахме, а седяхме на стълбището пред кабинета на ръководителя на секцията ФЙ чл. кор. Георги Несторов (ГФИ тогава беше на Московска 6), когато се налагаше да обсъдим нещо, но бяхме изпълнени с желание и младежки ентусиазъм да се справим с това сериозно предизвикателство.

Много важно беше коя научна област ще бъде избрана, защото космическите изследвания у нас настъпваха като естествено продължение на вече традиционни научни области. Йоносферата на България беше една от най-проучените части на близкия Космос около нашата планета, с изследвания от Земята на нашите "идеолози" - учените от секция ФЙ на ГФИ, чрез йоносферни станции и обсерватории.

В тази област българската наука беше създала своя мощна школа, добила световна известност и съвсем закономерно бе избрана за проучвания и от Космоса с апаратура, монтирана на борда на спътници и ракети, като продължи собствените си научни традиции. Накратко казано, началото на космическата ера в България беше поставено с изследване на йоносферата - изключително важна област от околоземното космическо пространство.

От йоносферата, както се нарича наелектризирания под влиянието на слънчевите лъчи слой от атмосферната обвивка на Земята зависи до голяма степен живота на нашата планета. Основните енергийни ресурси и цялото си съществуване на Земята дължим на Слънцето. Ала заедно с животворната си енергия, то ни праща и смъртоносни рентгенови, ултравиолетови и корпускулярни лъчи. Следователно, един от големите въпроси пред съвременната наука е да изследва как Слънцето влияе върху климата, реколтата, върху самите нас и всичко което ни заобикаля.

Основните научни задачи на експериментите в тази област бяха свързани с изследването на Слънцето и влиянието му върху живота на Земята, което напълно оправдано привлича вниманието на учените. Да се разберат физическите процеси, които протичат на Слънцето значи да се научи достатъчно надеждно да се прогнозират слънчевите изригвания. А това на свой ред позволява да се направят по-безопасни полетите на космическите кораби и орбитални станции, както и да се установят конкретните форми на проява на слънчево-земните връзки в тяхното огромно многообразие.

Директните експериментални изследвания на йоносферата с българска научна апаратура, залегнали в основата на сътрудничеството между страните по програмата "Интеркосмос", се осъществяваха на борда на спътниците със същото наименование и геофизичните ракети тип "Вертикал". Стартовете, в които винаги участваха и български специалисти, се извършваха в европейската част на Русия: на спътниците "Интеркосмос" - от северния космодрум Плесецк край Архангелск, а на ракетите "Вертикал" - от южния космодрум Капустин Яр край Волгоград.



Фиг. 1. а) Блокът електроника на първия български сондов прибор П1 за измерване на параметрите на йоносферната плазма; б) Конструкторите на прибор П1: Таня Иванова и Стефан Чапкънов в Монтажноизпитателния корпус около датчиците на спътника "Интеркосмос-8"

Първият космически прибор

Първият български космически прибор (наречен П1) беше предназначен за директно измерване на параметрите на йоносферната плазма около спътника "Интеркосмос - 8" [3]. Блокът електроника бе монтиран под защитната обвивка на спътника (фиг.1а), а на дълги разгъваеми щанги отвън (за да се избегнат смущенията около корпуса) бяха монтирани датчиците - цилиндрична сонда на Ленгмюр (ЦСЛ) за измерване на електронната компонента и два сферични йонни уловителя (СЙУ) - за йонната компонента. В йоносферата под въздействието на слънчевите лъчи от неутралните атоми и молекули на разредената атмосфера се отделят електрони и те се превръщат в положителни йони, чиято концентрация е изключително малка.

Електронните системи на П1 генерират необходимите напрежения за електродите на сондите за привличане на съответните частици (компоненти) от заобикалящата ги плазма. Същевременно високочувствителни усилватели измерват тока породен от тези частици, а от получените волт-амперни характеристики могат да бъдат определени температурата и концентрацията на йоните и електроните, както и масовия състав.

Електрониката на прибора П1 беше осъществена предимно с елементи - българско производство: благоевградски МОС-интегрални схеми, айтоски съпротивления, кюстендилски

кондензатори, севлиевски проводници. И много се гордеехме с това, защото апаратурата беше изработена висококачествено, за да може да издържи огромните натоварващи вибрационни, ударни, температурни, електромагнитни и други тежки приемо-предавателни изпитания в София и в Москва за да бъде качена на борда.

С "Интеркосмос - 8" беше изстреляна и апаратура за измерване параметрите на йоносферната плазма чрез други методи, разработена от колегите ни от Чехословакия (измерител на електронната температура КМ-1), ГДР (радиопредавател "Маяк") и СССР (фиг. 2a). Едновременно с работата на бордовата научна апаратура на спътника, обширни изследвания на параметрите на високата атмосфера и йоносферата се провеждаха с помощта на земни йоносферни станции, разположени в Чехословакия, Унгария, Полша и Румъния.



Фиг. 2. а) Спътникът "Интеркосмос-8" е готов за изстрелване; б) Ракетата носител на спътника "Интеркосмос-8" на старта от космодрума Плесецк на 1.12.1972 г.

Искам да спомена и нашия отговорен за изпълнението на електрониката, механиката и монтажа техник Георги Соколов, който със "златните" си ръце изработваше първия български космически уред. Вече почти приключвахме задачата, когато той трагично загина при автобусна катастрофа. До последните изпитания и старта оставаха броени дни и нямаше кой да довърши прибора... Но благодарение на новопостъпилия Георги Карамишев, който беше завършил техникум и току-що беше се уволнил от казармата, успяхме да се справим със задачата в необходимия срок.

След изработването на всеки космически прибор предстои да бъде изминат много дълъг, труден и отговорен път на изпитания. В техния ход трябва да бъде доказано, че всички елементи отговарят на изключително високите изисквания към апаратурата за космически изследвания, че тя работи нормално в състава на целия комплекс научна и служебна апаратура, монтирана в тясното пространство на спътниковия корпус. Всяка от тези апаратури има собствени излъчвания, а взаимните влияния и смущенията са много силни.

Големи бяха напрежението и отговорността при изпитанията на прибора П1 в монтажно-изпитателните корпуси в Москва и на космодрума (фиг. 1б). Първо всичко се проверяваше с помощта на специална Контролно-изпитателна апаратура (КИА), оценяваше се и адекватността на получените по телеметричната система данни. При някаква неизправност всичко трябваше да се отстрани за броени минути, за да влезем в строго начертания график до старта. В противен случай, за да не се наруши баланса, на мястото на прибора трябва да се постави... тежест!

На изстрелването на спътника на 1.12.1972 г. от космодрума Плесецк в Архангелска област гостите бяха много: руските учени от ИКИ-РАН - проф. К. Й. Грингауз и проф. Г.Л. Гдалевич, чешките - д-р Павел Трижска, Ян Шмилауер и Камил Кубат, немските - д-р Ханс Фишер и Райнер Герш. Заедно с българската група от специалисти - Ст. Чапкънов, Т. Иванова и Г. Карамишев, присъстваха и нашите ръководители академиците Л. Кръстанов и К. Серафимов. Кристално чистият въздух на космодрума буквално трептеше - нощта беше мразовита, 28 градуса под нулата. Бялата, силно осветена ракета - носител се извисяваше високо към небесата, с кацналия на върха й спътник и огромния червен надпис "Интеркосмос" върху 35метровия корпус (фиг. 2б). Ние бяхме в специален защитен бункер, защото рисковете от авария, вибрациите и шумът по време на стартовете са много големи. Слушахме напрегнато обратното броене и командите, с които за последно нареждаха проверки на системите. Отпред бункерът беше открит, но ние бяхме толкова развълнувани, че въобще не усещахме ледения вятър.

Внезапно мощен взрив разтърси стартовата площадка. Под ракетата лумнаха огнени пламъци и тя пое нагоре - отначало съвсем бавно, като че ли се подпираше на соплата си, после за броени мигове се превърна в малка светеща точица. Гледахме онемели тази проява на човешкия гений, но откровено казано, най-много ни глождеше мисълта дали електрониката ни на борда ще издържи това страшно претоварване. Следващите няколко часа, докато разберем, че апаратурата е включена и работи нормално в орбита, бяха може би найнапрегнатите в живота ни.

Когато получихме на хартиени ленти първите телеметрични записи с информация от П1 вече можехме да се поздравим. България беше изстреляла успешно своя апаратура на борда на космически апарат и се нареждаше на 18-то място в списъка на "космическите държави". За постижението си бяхме наградени със златни и сребърни значки от председателя на БАД акад. Никола Бонев, получихме и Златен медал от Международния панаир в Пловдив през 1973 г.



Фиг. 3. а) Вторият сондов прибор П2 за спътника "Интеркосмос-12" с датчиците СЙУ и ЦСЛ; б) Българоруският колектив по време на предстартовите изпитания на прибор П2 на 1.11.1974 г.: Николай Мизов, В.Ф. Губский (на пулта на КИА), Таня Иванова, Г.Л. Гдалевич и Стефан Чапкънов.

Космически сондови прибори (1974-1981)

След П1 бяха разработени и изстреляни още много други български прибори за директно изследване на йоносферата и високата атмосфера (Таблица 1). Сондовите прибори П2 и П3 бяха също комбинирани (измерваха с помощта на ЦСЛ и два СЙУ параметрите на плазмата), летяха на борда на спътниците "Интеркосмос-12 и 14" (фиг. 3). Други модификации на сондовия апаратурен комплекс бяха изстреляни до височини около 500 km и 1500 km на борда на геофизичните ракети "Вертикал-3, 4, 6, 7 и 10", от които се получиха много ценни, макар и еднократни данни за вертикалния профил и динамика на измерваните параметри (фиг.4).

N⁰	Прибор	Вид носител	Дата на изстрелване	Перигей [km]	Апогей [km]
1	Π1	Интеркосмос-8	01.12.1972	214	679
2	П2	Интеркосмос-12	31.10.1974	264	708
3	П3	Интеркосмос-14	11.12.1975	345	707
4	П1Р	Вертикал-3	02.09.1975	-	502
5	П2Р	Вертикал-4	14.10.1976	-	1510
6	ПЗР	Вертикал-6	25.10.1977	-	1502
7	РИКИ	Кентавър-II (Индия)	31.10.1978	-	158.2
8	Ч ЭЛИ-1	Вертикал-7	03.11.1978	-	1496

Таблица 1	. Българскі	ите сондови і	трибори за	измеране	с помошта н	а ЦСЛ и СЙУ:

9	ПЗР	Вертикал-7	03.11.1978	-	1496
10	Π4	Интеркосмос-19	27.02.1979	502	996
11	П6-ИЛ	Интеркосмос-22	07.08.1981	825	906
		интеркосмос-Б-1300			
12	П7-ЗЛ	ИК-22/ИК-Б-1300	07.08.1981	825	906
13	ЗОНД-Р	Вертикал-10	21.12.1981	-	1510

Апаратурата непрекъснато бе модернизирана, дори в последните сондови прибори от серията се осъществяваше предварителна електронна обработка на волт-амперните характеристики на борда (двойно диференциране) [4]. Беше изработена изцяло на специализирани интегрални схеми (леки, нискоконсумативни, термоустойчиви), с оригинални конструкторски решения, увеличаващи информативността и точността на експеримента. Датчиците също бяха оптимизирани, нанасяха се златни и сюблимиращи покрития за защитата на повърхността им от замърсяване по време на изпитанията.



Фиг. 4. а) Геофизичната ракета "Вертикал-4" с прибор П2Р на старт от космодрума Кап Яр на 14.10.1976 г.; б) Предстартова подготовка на "Вертикал-10" - Таня Иванова и Евгени Вътев почистват сондата на Ленгмюр на прибор ЗОНД-Р под "зоркото око" на руския куратор В.Ф.Губский.

Същевременно ГФК и научното направление "Космическа физика" се разрастваше и през 1974 г. ГФК прераства в Централна лаборатория за космически изследвания (ЦЛКИ). Буквално от студентската скамейка на СУ постъпват на работа способни млади физици - Цветан Дачев, Димитър Теодосиев, Георги Станев и Людмил Банков. Те и до днес се занимават с разработката на български прибори измерващи физически параметри по различни методи, обработката и интерпретацията на данните получени от тях и имат значителен принос в създаването на модел на околоземното космическо пространство.

През 1979 година наред с поредния комбиниран сондов прибор П4 [5], на автоматичната универсална орбитална станция АУОС-Йонозонд или "Интеркосмос-19" летя електрофотометъра ЭМО-1 с водещ инженер доц. Нено Петков. Изследването на естествените оптични емисии е чисто българско направление в науката, създадено от проф. Митко Гогошев в Базовата обсерватория в Стара Загора. Най-значимото събитие през 1979 година беше подготовката на научната програма и изстрелването на първия български космонавт Георги Иванов на борда на "Союз-33".

През 1981 г. бе осъществена програмата "България-1300" с изстрелването на два спътника на различни орбити с българска апаратура на борда за изследвания в двете ни основни научни направления - Космическа физика (900 km) и Дистанционни методи (650 km) [6]. На единия от спътниците "Интеркосмос-България-1300" в научния комплекс от общо 12 апаратури с различни задачи и методи за изследвания, бяха качени и сондовите прибори Пб-ИЛ и П7-ЗЛ за измерване параметрите на йоносферната плазма с помощта на съответно СЙУ и ЦСЛ [7].

Последният сондов прибор ЗОНД-Р за директно сондиране с ЦСЛ бе изстрелян на геофизичнатата ракета "Вертикал-10" в края на 1981 г. от Кап Яр (фиг. 4б). И до днес данните от измерванията с помощта на тези прибори се използват от наши и чуждестранни учени, написани са стотици научни публикации, допринесли за изясняването на закономерностите и

явленията в околоземното космическо пространство и за създаването на физическия модел на йоносферно-магнитосферните връзки и взаимодействия.

През 1987 година с Решение на МС ЦЛКИ бе преобразувана в Институт за космически изследвания със състав около 400 души, които взеха участие в редица големи международни проекти и след приключването на програмата "Интеркосмос". Апогей на българската космическа активност, свързана и с доброто финансиране, бе подготовката на полета на втория ни космонавт Александър Александров през 1988 г. и изпълнението на научната програма "Шипка".

През изминалите 40 години от изстрелването на първия прибор П1 българските учени имат значителни постижения в областта на космическите изследвания и България заема достойно място сред космическите държави. Създадени са и са изведени в орбита над 100 научни прибора и апаратури и са проведени космически експерименти по десетки международни програми.

На 12.02.2013 г. бяха изстреляни отново 4 български космически прибора - дело на научни колективи от ИКИТ-БАН. Два от приборите ще измерват със сонда на Ленгмюр (LP), водещ доц. Боян Киров, след повече от 30 години, през които сондова апаратура не беше изпращана в космоса, а другите два ще измерват потенциала на корпуса (DP), водещ доц. Георги Станев. Те бяха доставени на борда на Международната космическа станция с транспортния кораб "Прогрес М18М" и са в състава на плазмено-вълновия комплекс "ОБСТАНОВКА", в който участват още 5 държави (Англия, Полша, Русия, Украйна и Чехия). Научният комплекс ще започне работа по глобалната програма "Космическо време" (за изследване на влиянието на слънчевата активност върху хората и техниката) след монтирането на приборите на корпуса на станцията, което ще бъде направено от следващия екипаж с излизане в открития космос. Да им пожелаем успех!

Литература:

- 1. Газенко, О.Г. Программа "Интеркосмос". Краткий исторический очерк. Материалы Международной научной конференции "Интеркосмос-30", 9-10 Април 2001, Москва, Изд. "БЛОК-Информ-Экспресс", 2003, pp. 14-22.
- 2. И в а н о в а, Т., В. С т о я н о в. Оранжерия над небето, изд. ВСТ, София, 2002, 121 р.
- 3. Чапкънов, С.К., Т. Н. Иванова, М. Х. Петрунова. Прибор П1 для измерения параметров плазмы вблизи искусственного спутника Земли. Научные приборы, Москва, 1974, 5, pp. 39-42.
- 4. И в а н о в а, Т., Ст. Ч а п к ъ н о в, Г. К а р а м и ш е в. 35 години България космическа държава. Proceedings of the 3rd Scientific Conference with International Participation SENS 2007, 27-29 Юни 2007, Варна, pp. 57-61.
- 5. И в а н о в а, Т., М. П е т р у н о в а, Ст. Ч а п к ъ н о в, Г. Л. Г д а л е в и ч, В. Ф. Г у б с к и й. Прибор П-4 для измерения концентрации и температуры электронов, а также концентрации положительных йонов. Аппаратура для исследования внешней йоносферы, Москва, ИЗМИРАН, 1980, рр. 109-119.
 6. И в а н о в а, Т. 30 години космическа програма "България 1300". Наука, 2012,1, рр. 61-67.
- 7. Ivanova, T. N., T. D. Samardjiev, S. M. Halova, P. T. Kostov, G. S. Karamishev,
- I. S. K u t i e v, G.L. G d a l e v i c h. Spherical Ion Traps for "Intercosmos-Bulgaria-1300". Adv. Space Res., 1983, 7, pp. 21-25.

Session 1

Space Physics

Chairman: Prof. Tsvetan Dachev Secretary: Chief Assistant Maria Dimitrova

АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ СЕРФОТРОННОГО УСКОРЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ ПАКЕТОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН В КОСМИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЕ ОТ ПРОДОЛЬНОГО ИМПУЛЬСА ЧАСТИЦЫ

Николай Ерохин¹, Румен Шкевов², Людмила Михайловская¹, Надежда Зольникова¹

¹Институт космических исследований – Российская академия наук ²Институт космических исследований и технологий – Болгарская академия наук e-mail: nerokhin@mx.iki.rssi.ru, shkevov@space.bas.bg

Ключевые слова: Серфотронное ускорение частицы, импульс релятивистской частицы, интеграл движения, захват частиц, космическая плазма, электромагнитные волны, фазовая плоскость, нелинейное уравнени, волновой пакет.

Абстракт: На основе численных расчетов исследована зависимость серфотронного ускорения электронов лоренцовским пакетом электромагнитных волн в космической плазме от компоненты импульса релятивистской частицы вдоль внешнего магнитного поля (являющейся интегралом движения) включая случаи, когда эта компонента импульса на порядок и более превосходит поперечную к внешнему магнитному полю компоненту. Показано, что для захваченной волной частицы характеристики динамики заряда (темп ускорения, структура фазовой плоскости, траектория частицы в перпендикулярной к внешнему магнитному полю плоскости и др.) практически не зависят от продольной компоненты импульса. Так темп ускорения практически постоянен, структура фазовой плоскости соответствует движению изображающей точки к устойчивому фокусу, по мере ускорения частицы ее скорость вдоль магнитног поля убывает. Как и ранее при сильном ускорении наблюдается существенная локализация траекторий на фазовой плоскости в окрестности фокуса - конденсация ускоряемых зарядов на дно эффективной потенциальной ямы. Изучена временная. динамика компонент импульса и скорости захваченных электронов, их фазовая плоскость. траектории в плоскости, перпендикулярной внешнему магнитному полю. В тоже время, если частица в начальный период движения является незахваченной и совершает циклотронное вращение во внешнем магнитном поле с ростом продольной компоненты ее импульса время захвата в режим серфинга на волновом пакете сильно возрастает поскольку период циклотронного вращения увеличивается с ростом продольной компоненты импульса электрона. Данное сушественно исследование необходимо для определения оптимальных условий реализации максимального ультрарелятивистского серфотронного ускорения частии пространственно локализованным волновым пакетом в космической плазме.

ANALYSIS OF THE DEPENDENCE OF ELECTRONS SURFATRON ACCELERATION BY THE WAVE PACKET IN SPACE PLASMA FROM THE LONGITUDINAL MOMENTUM OF THE PARTICLE

Nikolay Erokhin¹, Rumen Shkevov², Ludmila Mikhailovskaya¹, Nadezhda Zolnikova¹

¹Space Research Institute – Russian Academy of Sciences
²Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: nerokhin@mx.iki.rssi.ru, shkevov@space.bas.bg

Keywords: Surfatron acceleration of the particle, relativistic particles momentum, constant of motion, particles trapping, space plasma, electromagnetic waves, phase plane, nonlinear equation, waves packet.

Abstract: Based on numerical calculations, the dependence of the electrons surfatron acceleration by the electromagnetic waves packet with Lorentz envelope of amplitudes in space plasma from relativistic particle momentum (constant of motion) along the external magnetic field is investigated, including cases where this component of the momentum is of an order of magnitude or higher compared to the perpendicular to the external magnetic field component. It is shown that for the trapped by the wave particle the charge dynamics characteristics (acceleration rate, phase plane structure, particle trajectory in a plane perpendicular to the external magnetic field etc.) are practically not dependent from the longitudinal momentum component.

acceleration is nearly constant, the structure of the phase plane corresponds to the motion of the representing point to the stable focus. With the acceleration of the particle, its velocity along the magnetic field is decreasing. At strong acceleration there is a significant localization of trajectories in the phase plane close to the focal point accelerated charges are condensed on the bottom of the effective potential well. The temporal dynamics of the momentum component and trapped electrons velocity, their phase plane and trajectories in a plane perpendicular to the external magnetic field are studied. At the same time, if the particle in the initial time moment of the motion is untrapped and performs cyclotron rotation in the external magnetic field, with the increase of the longitudinal component of its momentum, the trapping time in surfing mode on the wave packet greatly increases, since the period of the cyclotron rotation significantly increases with the growing of the longitudinal component of the electron momentum. The aim of this research is to determine the optimal conditions for the realization of maximum ultrarelativistic particles surfatron acceleration by a spatially localized wave packet in space plasma.

Введение

Исследование механизмов генерации потоков релятивистских частиц входит в число актуальных задач физики космической плазмы. В частности, это представляет большой интерес для проблемы генерации космических лучей (КЛ) в астрофизике. Как было показано ранее (см., например работы [1-10], серфинг зарядов на электромагнитных волнах является одним из эффективных механизмов генерации потоков ультрарелятивистских частиц причем в достаточно спокойных условиях межзвездной среды. Однако очевидно, что для оценки количества ускоренных частиц, выявления их энергетических спектров, определения характерных размеров областей ускорения необходим достаточно подробный анализ условий захвата заряженных частиц в режим серфотронного ускорения, определение благоприятных для захвата заряженных частиц параметров, исследование эффективности ускорения частиц при воздействии пространственно локализованных волновых пакетов конечной амплитуды, а также возможности многократного ускорения зарядов волновыми пакетами с учетом возможности циклотронного вращения частиц во внешнем магнитном поле на начальном этапе взаимодействия волна-частица. Таким образом данная задача является многопараметрической и поэтому требуется весьма большой объем численных расчетов.

В настоящей работе на основе нелинейных численных расчетов рассмотрена динамика сильного серфотронного ускорения электронов пространственно локализованным пакетом электромагнитных волн, распространяющимся в плазме поперек слабого внешнего магнитного поля Н_о, в зависимости от величины продольного (вдоль внешнего магнитного поля) импульса частицы. Расчетами показано, что набор благоприятных (для захвата частиц в режим серфинга) начальных фаз волнового пакета на несущей частоте оказывается одинаковым при изменении продольного импульса частицы в весьма широком диапазоне значений. Следовательно, в пространстве импульсов частиц область их захвата в режим серфинга на электромагнитной волне будет достаточно большой. Необходимо также отметить, что для амплитуды волны выше порогового значения на доступных интервалах времени численного счета вне диапазона благоприятных для серфинга начальных фаз волны на траектории слаборелятивистской частицы вначале происходит вращение заряда во внешнем магнитном поле. Однако после ряда периодов циклотронного вращения (десятки, сотни и более) будет выполнено условие черенковского резонанса, возникает благоприятная для захвата заряда фаза волны на траектории частицы. При этом происходят захват частицы волновым пакетом в режим ультрарелятивистского ускорения.

Полученные результаты представляют интерес для интерпретации экспериментальных данных по регистрации потоков релятивистских частиц в космических условиях включая околоземное пространство. Серфинг зарядов на электромагнитных волнах может обеспечивать наблюдаемые экспериментально локальные отклонения спектра КЛ от степенного скейлинга.

Формулировка задачи и результаты численных расчетов

В задаче исходными являются релятивистские уравнения движения электрона, взаимодействующего с пакетом электромагнитных волн, фазовая скорость которых в плазме должна быть меньше скорости света в вакууме. С учетом интегралов движения получено нелинейное уравнение второго порядка для фазы волнового пакета на несущей частоте на траектории ускоряемой заряженной частицы. Далее проводятся численные расчеты данного уравнения при различных значениях исходных параметров. Отметим, что механизм серфотронного ускорения связан с реализацией в магнитоактивной плазме черенковского резонанса при взаимодействии волна-частица, что возможно для волны p-поляризации с показателем преломления $N^2 = \epsilon_{\perp} - (\epsilon_c^2 / \epsilon_{\perp}) \equiv 1 - [v(1 - v)] / (1 - u^2 - v)$, где ϵ_c , ϵ_{\perp} компоненты тензора диэлектрической проницаемости плазмы на частоте верхнего гибридного резонанса,

и = ω_{He} / ω , v = $(\omega_{pe} / \omega)^2$. Здесь ω_{He} - гирочастота нерелятивистских электронов плазмы, $\omega_{pe} = (4 \pi e^2 n_0 / m_e)^{1/2}$ – их ленгмюровская частота. Внешнее магнитное поле направлено вдоль оси z: $H_0 = H_0 e_Z$. Захват частицы в режим серфинга происходит для амплитуд волны выше порога, когда σ = e E / m c ω > σ_c = u γ_p = u / $(1 - \beta p^2)^{1/2}$, где βp = ω / k с. Рассмотрим волновой пакет с несущей частотой $\omega_0 = \omega(k_0)$. При поперечном распространении волна p-поляризации имеет компоненты полей E_X , E_Y , H_Z . Для лоренцовского спектра волн в пакете основная компонента поля имеет вид $E_X(x,t) = \{ E_m / [1 + \xi^2 / L^2] \} \cos(\omega_0 t - k_0 x)$, где E_m амплитуда волнового пакета, $\xi = x - v_g(k_0) \cdot t$, L - полуширина локализованного волнового пакета, движущегося с групповой скоростью $v_g(k_0)$. Другие компоненты полей пакета E_Y , H_Z находятся по аналогии.

Введем безразмерное время $\tau = \omega t$. Характерное время пересечения захваченным зарядом волнового пакета порядка $\delta t \sim 2L / c \beta_p$ или в безразмерном времени имеем $\delta \tau \sim 2L k_0$. За это время центр волнового пакета сместится на расстояние $\delta x \sim 2L (v_g / c \beta_p) << 2L$. Расчеты показали, что сильное (ультрарелятивистское ускорение захваченных зарядов имеет место в случае достаточно больших времен удержания частиц пакетом в ускоряющей фазе поля т.е. при $\tau > (10^4 \div 10^6)$. Следовательно, условие L $k_0 \equiv \rho > (10^4 \div 10^6)$ обеспечивает ультра-релятивистское ускорение зарядов пространственно локализованным волновым пакетом. Оценки и расчеты показывают, что можно пренебречь вихревыми компонентами волновых полей Ey, Hz и для фазы пакета на несущей частоте $\Psi(t) = (\omega_0 t - k_0 x)$ использовать нелинейное уравнение

(1)
$$\beta_{\text{po}} d^2 \Psi / d\tau^2 - (1 - \beta_x^2) \cdot (e E_x / mc\omega_0) - u_0 \beta_y = 0,$$

где $E_x(x,\tau)$ определено выше, $\beta_{PO} = \omega_0 / c \cdot k_0$, $g = (1 + h^2 + r_0^2)^{0.5} / (1 - \beta_x^2)^{0.5}$, $r_0 = \gamma(0) \beta_y(0)$ начальный импульс частицы вдоль волнового фронта, а также учтен следующий интеграл движения $J = \gamma \beta_y + u_0 \beta_{PO} \cdot (\Psi - \tau)$. Имеется второй интеграл $\gamma \beta_Z = \text{const} \equiv h$. Компонента скорости заряда β_x в (1) задана формулой $\beta_X = \beta_{PO} [1 - (d\Psi / d\tau)]$. Уравнение (1) решалось численно, в частности, для следующих значений исходных параметров: u = 0.3, $\beta_{PO} = 0.8$, h = 0.4, $r_0 = 0.7$, $\rho = 5 \cdot 10^4$, $\sigma = 1.51 \sigma_C$ при разных величинах начальной фазы $\Psi(0)$. Расчеты показали, что при оптимальном выборе начальной фазы захват частицы в режим серфинга происходит сразу и значение $\Psi(0)$ не зависит от величины продольного импульса h даже, если его увеличить в десятки-сотни раз. Аналогичная ситуация имеет место и для других вариантов выбора исходных параметров, например, в случае u = 0.21, $\beta_{PO} = 0.71$, h = 0.4, $r_0 = 0.7$, $\rho = 5 \cdot 10^4$, $\sigma = 1.47 \sigma_C$, $r_0 = 0.37$. Приведем некоторые графики этого варианта. На рис.1 показана динамика фазы пакета на траектории электрона $\delta \Psi(\tau) = \Psi(\tau) - \Psi(0)$ при захвате частицы на левом краю волнового пакета с $\Psi(0) = 2\pi \cdot 4165 + 2$. Захват электрона происходит при $\tau = 0$,



Рис. 1. График фазы пакета на траектории частицы

затем частица пересекает пакет и вылетает из эффективной потенциальной ямы при $\tau \approx 52746$. График релятивистского фактора электрона $\gamma(\tau)$ и его аналитической аппроксимации М(τ) даны на рис.2, частица ускоряется до энергии, соответствующей max $\gamma \approx 11390$, а начальное значение было $\gamma(0) \approx 426$.



Рис. 2. Графики релятивистского фактора частицы и его аналитической аппроксимации

Смещение заряда вдоль волнового фронта $\eta(\tau) = \omega \ y \ / \ c$ при ультрарелятивистском ускорении показано на рис.3. При $\tau > 10^4$ кривая весьма близка к прямой, соответствующей движению электрона с асимптотической скоростью $\beta_y \approx 1 \ / \gamma_p \approx 0.7$. Заметим, что ввиду большого значения продольного импульса h в начальный момент времени было $\beta_v(0) \approx 8.68 \cdot 10^{-4}$.



Рис. 3. Динамика смещения захваченной частицы вдоль волнового фронта

Траектория захваченного волновым пакетом электрона на плоскости (ξ , η), перпендикулярной внешнему магнитному полю, представлена на рис. 4 для интервала времени $\tau < 57000$. На временах $\tau > 10^4$, когда перпендикулярные к внешнему магнитному полю компоненты скорости электрона выходят на асимптотики траектория частицы хорошо аппроксимируется прямой линией. Для интервала времени $\tau < 57000$ траектория изображающей точки на плоскости перпендикулярных компонент скорости электрона (β_x , β_y) приведена ниже на рис. 5. Пока электрон является захваченным движение на этой плоскости соответствует смещению к особой точке (0.71, 0.702) с уменьшающейся амплитудой осцилляций. После вылета частицы из эффективной потенциальной ямы начинается циклотронное вращение электрона, в котором кривая уходит налево т.е. компонента скорости в направлении распространения волнового пакета β_x убывает, а компонента скорости вдоль

волнового фронта β_y увеличивается. Следует отметить, что период циклотронного вращения ускоренного электрона весьма велик, в данном случае имеем следующую оценку $\tau_r \approx 345400$. За это время произойдет достаточно большое смещение волнового пакета в направлении его распространения и частица будет уже далеко за левым краем пакета, где поле пакета ниже порогового для захвата значения. Дальнейшее ускорение электрона будет невозможно.



Рис. 4. Траектория захваченной частицы на плоскости (х, у)



Рис. 5. Траектория изображающей точки на плоскости (β_x , β_y)

Заключение

Результаты настоящей работы можно сформулировать следующим образом:.

1) На основе численных расчетов нелинейного, нестационарного уравнения для фазы пакета на несущей частоте изучено серфотронное ускорение слаборелятивистских по начальной энергии зарядов в космической плазме волновым пакетом, распространяющимся поперек внешнего магнитного поля. Для слаборелятивистской частицы захват в режим серфинга происходит для весьма широкого диапазона значений начальной фазы Ψ(0) на траектории частиц и величины расстройки черенковского резонанса. Заряд совершив ряд гирооборотов попадает в благоприятную для захвата пакетом фазу при одновременном выполнении черенковского резонанса. Затем происходит ультрарелятивистское ускорение частицы. Следовательно, число ускоренных волной частиц может быть достаточно большим в результате резкого увеличения в пространстве начальных импульсов области, из которой заряды могут попадать в режим серфотронного ускорения. 2) Во время ускорения компоненты импульса и релятивистский фактор частицы возрастают с постоянным темпом. Для оптимальной реализации серфинга зарядов с ультрарелятивистским ускорением необходимо выполнить следующие условия :

- для захвата частицы волной ее амплитуда должна быть выше порогового значения;
- должен реализоваться черенковский резонанс волна-частица;
- фаза волны на траектории заряда должна быть благоприятной для захвата частиц;

Знак компоненты импульса частицы вдоль волнового фронта должен соответствовать асимптотической связи компонент поперечной скорости ускоренных частиц.

3) Значение оптимальной (для захвата частицы) фазы пакета на траектории электрона не зависит от величины продольного импульса частицы.

Анализ серфинга релятивистских зарядов на электромагнитных волнах представляет интерес для физики космической плазмы, в частности, для интерпретации экспериментальных данных по регистрации потоков релятивистских частиц в космических условиях. Пакеты лектромагнитных волн в окрестностях относительно спокойных звезд типа Солнца могут является локальными источниками генерации космических лучей с энергиями в десятки-сотни Гэв и обеспечивать наблюдаемые отличия спектра КЛ в этом диапазоне от указанной в литературе степенной зависимости. Заметим, что серфинг зарядов возможен и при наклонном (к внешнему магнитному полю) распространении электромагнитных волн, причем пороговая (для захвата частицы в режим серфинга) амплитуда волны становится меньше.

Литература:

- 1. K a t s o u I e a s, N., J. M. D a w s o n. Unlimited electron acceleration in laser-driven plasma wave. Physical Review Letters, 1983, v. 51, № 5, pp. 392-395.
- 2. J o s h i, C. The surfatron laser-plasma accelerators. Prospects and limitations. Radiation in plasmas, 1984, v.1, № 4, pp. 514-527.
- 3. Г р и б о в, Б. Э., Р. 3. С а г д е е в, В. Д. Ш а п и р о, В. И. Ш е в ч е н к о. О затухании плазменных волн и ускорении резонансных электронов в поперечном магнитном поле. Письма в ЖЭТФ, 1985, т.42, вып.2, с. 54-58.
- 4. Б у л а н о в, С. В., А. С. С а х а р о в. Ускорение частиц, захваченных сильной потенциальной волной с искривленным фронтом в магнитном поле. Письма в ЖЭТФ, 1986, т. 44, вып. 9, с. 421-423.
- 5. С и т н о в, М. И. Максимальная энергия частиц в серфатроне в режиме "неограниченного ускорения". Письма в ЖТФ, 1988, т. 14, вып. 1, с. 89-92.
- 6. Е р о х и н, Н. С., А. А. Л а з а р е в, С. С. М о и с е е в, Р. З. С а г д е е в. Увлечение и ускорение заряженных частиц замедленной волной в неоднородной плазме. ДАН СССР, 1987, т. 295, № 4, с. 849-852.
- 7. Е р о х и н, Н. С., С. С. М о и с е е в, Р. З. С а г д е е в. Релятивистский серфинг в неоднородной плазме и генерация космических лучей. Письма в Астрономический журнал, 1989, т.15, № 1, с.3-10.
- 8. Е р о х и н, Н. С., Н. Н. З о л ь н и к о в а, А. Г. Х а ч а т р я н. Ускорение зарядов поперек магнитного поля при взаимодействии сильной плазменной волны с многокомпонентными потоками релятивистских частиц. Физика плазмы, 1990, т. 16, вып. 8, с. 945-947.
- 9. К и ч и г и н, Г. Н. Особенности ускорения электронов в серфотроне. ЖЭТФ, 1995, т.108, вып.10, с. 1342-1354.
- 10. К и ч и г и н, Г.Н. Серфотронный механизм ускорения космических лучей в галактической плазме. ЖЭТФ, 2001, т. 119, вып. 6, с. 1038-1049.
- 11. Л о з н и к о в, В. М., Н. С. Е р о х и н. Переменный источник избытка космических электронов в гелиосфере. Вопросы атомной науки и техники, сер. Плазменная электроника, № 4 (68), с. 121-124, 2010.
- 12. Е р о х и н, Н. С., Н. Н. З о л ь н и к о в а, Е. А. К у з н е ц о в, Л. А. М и х а й л о в с к а я. Динамика релятивистского ускорения заряженных частиц в космической плазме при серфинге на пакете электромагнитных волн. Вопросы атомной науки и техники, сер. Плазменная электроника, № 4(68), с. 116-120, 2010.
- 13. Е р о х и н, Н. С., Н. Н. З о л ь н и к о в а, Л. А. М и х а й л о в с к а я. Особенности захвата и серфотронного ускорения ультрарелятивистских частиц в космической плазме в присутствии попутной волны. Вопросы атомной науки и техники, 2008, № 4, с. 114-118.
- 14. C h e r n i k o v, A. A., G. S c h m i d t, A. I. N e i s h t a d t. Unlimited Particle Acceleration by Waves in a Magnetic Field. Physical Review Letters, 1992, v. 68, № 10, pp. 1507-1510.

ДИНАМИКА ТАЙФУНОГЕНЕЗА С ВАРИАЦИЯМИ СКОРОСТИ ВЕТРА В ВИХРЕ

Николай Ерохин¹, Надежда Зольникова¹, Людмила Михайловская¹, Румен Шкевов²

¹Институт космических исследований – Российская академия наук ² Институт космических исследований и технологий – Болгарская академия наук e-mail: nerokhin@mx.iki.rssi.ru, shkevov@space.bas.bg

Ключевые слова: нелинейная малопараметрическая модель, региональный циклогенез, тропические циклоны, скорость ветра, температура поверхности океана, активный сезон.

Абстракт: На основе системы нелинейных уравнений для максимальной скорости ветра в вихре и температуры поверхности океана в области тропического циклона, описывающих временную динамику мощного атмосферного вихря, продолжен численный анализ самосогласованной малопараметрической модели регионального крупномасштабного циклогенеза, позволяющей исследовать различные сценарии и временной динамики развития явления. Численными расчетами подтверждено, что выбором параметров малопараметрической модели возможно получить различные сценарии сезонного хода регионального крупномасштабного циклогенеза с формированием в активном сезоне заданного числа тропических циклонов. Обобщение модели описывает также вихревые вариации скорости ветра в тропическом циклоне. Это позволяет изучать особенности временной динамики регионального крупномасштабного циклогенеза в период активного сезона, исследовать зависимость их характеристик от внешних факторов включая космическую погоду.

TYPHOON GENESIS DYNAMICS CONSIDERING WIND SPEED VARIATIONS IN THE WHIRLWIND

Nikolay Erokhin¹, Ludmila Mikhailovskaya¹, Nadezhda Zolnikova¹, Rumen Shkevov²

¹Space Research Institute – Russian Academy of Sciences ²Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: nerokhin@mx.iki.rssi.ru, shkevov@space.bas.bg

Keywords: Nonlinear small-parametric model, tropical cyclones, regional cyclogenesis, wind velocity, ocean surface temperature, active season.

Abstract: The numerical analysis of self–consistent small parametric model of a regional large scale cyclogenesis based on a system of nonlinear equations for maximal wind speed variations in the whirlwind and ocean surface temperature in the tropical cyclone zone have been extended. The analysis describes the temporal dynamics of a powerful air vortex and thus allowing investigation of different scenarios of regional large-scale cyclogenesis. Our numerical calculations confirmed that by the choice of parameters in the small parametric model, we can study different seasonal scenarios of large-scale regional cyclogenesis, formation during the active season of a specific number of tropical cyclones. Generalized models also reveal wind speed variation in the whirlwind in a tropical cyclone. This allows studying the particularities of the temporal dynamics of large-scale regional cyclogenesis during the active season and exploring the dependence of their performance on external factors, including space weather.

Введение

В число важных задач в современных исследованиях кризисных атмосферных процессов в атмосфере входит вопрос о прогнозе пространственно-временной динамики мощных крупномасштабных вихрей типа тропических ураганов, тайфунов и внетропических циклонов с учетом влияния, например, солнечно-земных связей и других факторов. Для описания временной динамики тропического циклона (ТЦ) ранее была предложена малопараметрическая нелинейная модель (МПМ) вихря в виде системы уравнений для максимальной скорости ветра и температуры поверхности океана в зоне ТЦ, которая достаточно реалистично описывает формирование крупномасштабного вихря из слабой тропической депрессии (ТД), его интенсификацию до уровня тайфуна и квазистационарную фазу [1]. Позднее было предложены обобщения МПМ, позволяющие изучать полный жизненный цикл ТЦ включая стадию затухания вихря [2], а также исследовать возможность одновременного существования в заданном регионе двух ТЦ и их конкуренции [3].

Дальнейшее развитие МПМ [4] было связано с учетом нестационарности фоновой обстановки, например, температуры поверхности океана, возможности многократной генерации ТЦ в заданном регионе, а также введением в задачу эффективных источников атмосферных возмущений. В этой обобщенной модели после генерации крупномасштабного мощного вихря и последующего затухания ТЦ возможна подготовка системы океан-атмосфера к повторной генерации ТЦ по достижении ее параметрами пороговых (для запуска неустойчивости) значений. Обобщенная нелинейная модель содержит свободные параметры и выбором их величин можно в определенной степени управлять временной динамикой регионального крупномасштабного циклогенеза (РКЦ), например, можно менять характеристики ТЦ. Развиваемый на основе МПМ подход позволяет получить аналитическую модель описания сезонного хода РКЦ в каждом регионе, что представляет большой научный и практический интерес, в частности, для разработки методик прогноза кризисных атмосферных явлений. Это

В настоящей работе на основе численных расчетов обобщенной МПМ продолжено начатое ранее [5] исследование сезонного хода крупномасштабного регионального циклогенеза с учетом нестационарности фоновой обстановки, приводящей к вариациям скорости ветра в ТЦ. Проведенный численный анализ решений МПМ подтвердил заметную чувствительность динамики РКЦ к изменению величин исходных параметров. Развиваемый подход к исследованию РКЦ позволяет оптимизировать выбор параметров модели, чтобы описать количество образовавшихся ТЦ, длительность их существования, максимальные скорости ветров и пр., которые должны соответствовать параметрам ТЦ в имеющихся базах данным наблюдений, например, представленные в монографии [6].

Основные уравнения обобщенной МПМ и численный анализ их решений

Для описания динамики РКЦ в активном сезоне с учетом нестационарности фоновой обстановки и внешних воздействий можно использовать следующие уравнения МПМ [4], [5,],[7].

$$dV/dt = \gamma \cdot (T - T_c) \cdot V - \mu \cdot V^2 + y(t),$$

(1) $dT/dt = -b \cdot (T - T_1) \cdot V^2 + (T_f - T) / \tau$

 $dT_f / dt = f(t) - v \cdot (T_f - T_o).$

В уравнениях (1) скорость V(t) измеряется в м/сек, температура T(t) в 0С, время t в сутках. Заметим, что интенсификация слабых синоптических возмущений начинается при температурах поверхности океана T(t) выше некоторого порогового значения T_c. В соответствие с рекомендациями работы [1] ниже будем полагать T_c = 26.5^{0} C, а для температуры холодной воды, поднимающейся к поверхности океана, берем значение T₁ = 23^{0} C. Необходимо отметить, что значение T_c вообще говоря зависит от региона [6].

В уравнениях (1) источник f(t) описывает влияние внешних факторов на температуру поверхности океана, а функция y(t) возникновение слабого ветра (при отсутствии TЦ) малым внешним возмущением. В качестве внешних факторов могут выступать вариации солнечной активности, явление Эль-Ниньо и др. Чтобы учесть изменение фоновых условий в (1) для переменной температуры T_f при расчетах динамики TЦ использовалась следующая функция $T_f(t) = T_0 + \delta T_f(t)$, где

(2)
$$\delta T_{f}(t) = \delta T_{1} [1 + th s_{1}(t)] - \delta T_{2} [1 + th s_{2}(t)].$$

Здесь введены обозначения $s_1(t) = (t - t_1) / \tau_1$, $s_2(t) = (t - t_2) / \tau_2$, а τ_1 , τ_2 характерные времена изменения температуры $\delta T_f(t)$, причем полагается $t_1 < t_2$. Отметим, что согласно (2) в зоне зарождения ТЦ температура $T_f(t)$ вначале возрастает на величину $2 \cdot \delta T_1$ и при превышении порогового значения начинается крупномасштабная неустойчивость с генерацией TC. В конце жизненного цикла ТЦ она уменьшается на $2 \cdot \delta T_2$ (смещение тайфуна в область более холодной воды), что ведет к затуханию ТЦ. В случае описания временной динамики нескольких тайфунов формула для функции $\delta T_f(t)$ должна содержать несколько слагаемых типа указанных в

выражении (2) с параметрами δT_{n1} , δT_{n2} , τ_{n1} , τ_{n2} , t_{n1} , t_{n2} для n-го тайфуна. Здесь следует указать, что представление (2) для функции $\delta T_f(t)$ является не единственным. В частности, согласно выполненным расчетам вполне подходит замена в (2) функций размытого перехода [1 + th s_n(t)] на следующее выражение { 1 + (t - t_n) / [τ_{n2} + (t - t_n)²]^{1/2} } с теми же параметрами t_n , τ_n . Рассмотрим подробнее процесс генерации в активном сезоне регионального циклогенеза 4 < t < 100 четырех ТЦ в случае y(t) = 0, f(t) = 0, v = 0. Для описания динамики циклогенеза в формуле (2) для $\delta T_f(t)$ используем представление

(3)
$$\delta T_{f}(t) = G(t) \cdot \sum_{n} \{ \delta T_{1n} \cdot [1 + th s_{1n}(t)] - \delta T_{2n} \cdot [1 + th s_{2n}(t)] \}$$
$$G(t) = 1 + \sigma \cdot sin (2 \cdot \pi \cdot t / 4.2).$$

Ниже будут приведены графики скорости ветра для следующего варианта выбора параметров в (3) при численных расчетах решения системы уравнений (1)

$$\gamma = 1, \ \mu = 3 \cdot 10^{-3}, \ b = 9 \cdot 10^{-4}, \ \tau = 0.25, \ T_c = 26.5, \ T_1 = 23, \ V(0) = 0.3, \ T(0) = 26,$$
(4)
$$\delta T_{11} = 1, \ \delta T_{21} = 1.4, \ \delta T_{12} = 1.8, \ \delta T_{22} = 1.8, \ \delta T_{13} = 1.2, \ \delta T_{23} = 1.4, \ \delta T_{14} = 2.6,$$

$$\delta T_{24} = 2.6, \ \tau_{1n} = \tau_{2n} = 1, \ t_{11} = 4, \ t_{21} = 20, \ t_{12} = 27, \ t_{22} = 47, \ t_{13} = 53, \ t_{23} = 65,$$

$$t_{14} = 71, \ t_{24} = 95.$$

Для параметра σ, определяющего амплитуду вариаций скорости ветра в ТЦ, примем значение σ = 0.07. На рис.1 дан график скорости ветра в тайфунах V(t).



Рис. 1. Вариации величины скорости ветра в вихре наблюдаются на квазистационарной стадии тайфунов

Согласно рис.1 для выбранного значения параметра σ вариации величины скорости ветра в вихре наблюдаются на квазистационарной стадии тайфунов. Так для первого ТЦ на интервале времени 12.6 < t < 14 имеем вариацию скорости ветра 63.75 > V > 16.34. Для четвертого ТЦ на интервале времени 79.76 < t < 87.8 получаем вариацию скорости ветра в диапазоне 85.3 > V > 42.75. Таким образом хотя параметр σ мал скорость ветра в ТЦ меняется весьма сильно. Временная динамика температуры поверхности океана представлена на рис.2. Кривая 1 соответствует σ = 0, а кривая 2 получается для σ = 0.07. Для четвертого ТЦ на интервале времени 76.8 < t < 78.6 по фоновой температуре в области тайфуна имеем 31.83 > $\delta T_{\rm f}(t)$ > 27.77.


Рис. 2. Временная динамика температуры поверхности океана . кривая 1 соответствует σ = 0, а кривая 2 получается для σ = 0.07.

Как видим, наблюдаются большие вариации температуры δT_f . Вариации температуры поверхности океана Т в зоне ТЦ также велики. Так на интервале 24.6 < t < 30.7 имеем изменение температуры поверхности океана в диапазоне 23.65 < T(t) < 30.65, что значительно больше, описанного ранее [5].

Таким образом проведенный численный анализ динамики сезонного хода РКЦ подтвердил, что в рамках малопараметрической, нелинейной модели путем подбора параметров задачи, учета нестационарности фоновой обстановки, можно получать различные сценарии генерации тропических циклонов и полярных ураганов в активном сезоне с существенными вариациями скорости ветра на квазистационарной стадии ТЦ и отсутствие кризисных событий в остальное время года. Вполне очевидно, что при соответствующем подборе параметров модели расчетные характеристики ТЦ будут соответствовать данным наблюдений крупномасштабного циклогенеза в исследуемом регионе.

Заключение

Результаты проведенного исследования можно сформулировать следующим образом. На основе обобщения МПМ для описания вариаций скорости ветра в ТЦ на квазистационарной стадии их жизненного цикла продолжен анализ динамики РКЦ в период активного сезона. Подтверждена возможность сильных вариаций скорости ветра в вихре ТЦ на квазистационарной стадии его жизненного цикла. Развиваемый подход к исследованию динамики РКЦ на основе МПМ с учетом экспериментальных данных по характеристикам крупномасштабных тропических возмущений типа тайфунов позволяет получить аналитическую модель сезонного хода интенсивности РКЦ в конкретном регионе. Это представляет большой научный и практический интерес в том числе для разработки современных методов прогноза крупномасштабных кризисных атмосферных явлений моделирования их связей с другими процессами. Представляет интерес учет в последующих работах роли заряженных подсистем мощных атмосферных вихрей, спиральности ветровых потоков, выделения скрытой теплоты фазовых преобразований атмосферной влаги.

Можно полагать, что в данном подходе удастся получить объяснение наблюдаемых трендов интенсивности крупномасштабного циклогенеза на временных интервалах порядка 11летних циклов солнечной активности.

Как известно, корреляционные связи между солнечной активностью и кризисными процессами в нижней атмосфере была замечены сравнительно давно. Однако позднее, более детальные исследования на временных интервалах большей длительности выявили их изменчивость.

Настоящая работа выполнена при поддержке программы ОФН-11 РАН.

Литература:

- 1. Я р о ш е в и ч, М.И., Л.Х.Ингель. Тропический циклон как элемент системы океанатмосфера. ДАН, 2004. Т.399. № 3. с.397-400.
- 2. Е р о х и н, Н. С., Л. А. М и х а й л о в с к а я, Н. Н. Е р о х и н. Нелинейная модель описания временной динамики полного жизненного цикла тропического урагана. Научная сессия МИФИ-2007. Сборник трудов. Изд-во МИФИ, Москва. 2007. Т.5. с.72-73.
- 3. Я р о ш е в и ч , М.И., Л.Х.Ингель. Опыт "синергетического" подхода к исследованию взаимодействия тропических циклонов. Известия РАН. Физика атмосферы и океана, 2006. Т.42. № 6, с.1-5.
- 4. Е рохин, Н.С., Н.Н.Зольникова, Л.А.Михайловская. Малопараметри-ческая модель сезонного хода регионального циклогенеза. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2008. Вып.5. Т.1, с. 546-549.
- 5. Erokhin N.S., L.A. Mikhailovskaya, N.N. Zolnikova, R.Shkevov. The nonlinear dynamics of regional cyclogenesis with wind velocity variations. Proceedings of Seventh Scientific Conference with International Participation SES 2011, Sofia, Bulgaria, 29 November – 1 December 2011, 2012, p. 27-32.
- 6. Покровская, И.В., Е.А.Шарков. Тропические циклоны тропические возму-щения Мирового океана: хронология и эволюция. Версия 2.1 (1983-2000). М.: Полиграф сервис, 2001. 548 с.
- 7. Михайловская, Л.А., Н.С.Ерохин, Н.Н.Зольникова, Р. Шкевов. Аналитическая модель регионального крупномасштабного циклогенеза с переменным числом кризисных событий. Международная конференция МСС-09 "Трансформация волн, когерентные структуры и турбулентность". Сборник трудов. Изд-во "URSS", Москва. 2009. с.329-334.

OBSERVATION OF A SOLAR PARTICLE EVENT ON THE INTERNATIONAL SPACE STATION IN MARCH 2012

Jordanka Semkova¹, Tsvetan Dachev¹, Rositza Koleva¹, Stefan Maltchev¹, Nikolay Bankov¹, Victor Benghin², Vyacheslav Shurshakov², Vladislav Petrov², Sergey Drobyshev²

 ¹ Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
 ² State Scientific Center of Russian Federation, Institute of Biomedical Problems – Russian Academy of Sciences e-mail: jsemkova@stil.bas.bg, v_benghin@mail.ru

Key words: space radiation dosimetry, International Space Station, solar energetic particles

Abstract: The Liulin-5 charged particle telescope observes the radiation characteristics in the spherical tissue-equivalent phantom of MATROSHKA-R international project on the International Space Station (ISS) since June 2007. In this paper attention is drawn to the results from the measurements of dose rate and particle flux increase during the solar energetic particles event (SPE) occurred 7-8.03.2012. During that SPE the solar particles penetrated at high geographic latitudes in the regions of the south and north Earth magnetic poles and at 3 < L they caused particle flux and dose rates increase in all three detectors of Liulin-5, located at 40, 60 and 165 mm depths along the phantom's radius. The maximum flux at 40 mm depth observed outside the South Atlantic Anomaly (SAA) during that SPE reached 7.2 part/cm².s and the dose rate reached 107.8 μ Gy/hour on 07.03.2012, 13:05 UT at L = 4. The additional absorbed dose received during SPE is approximately 180 μ Gy and additional dose equivalent- approximately 448 μ Sv.

Compared are data from Liulin-5 and other particle detectors in space during and after that SPE.

НАБЛЮДЕНИЕ НА СЪБИТИЕ НА СЛЪНЧЕВИ ЕНЕРГИЙНИ ЧАСТИЦИ НА МЕЖДУНАРОДНАТА КОСМИЧЕСКА СТАНЦИЯ ПРЕЗ МАРТ 2012 Г

Йорданка Семкова¹, Цветан Дачев¹, Росица Колева¹, Стефан Малчев¹, Николай Банков¹, Виктор Бенгин², Вячеслав Шуршаков², Владислав Петров², Сергей Дробышев²

¹ Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките ² Институт по медико-биологични проблеми -- Руска академия на науките e-mail: jsemkova@stil.bas.bg, v_benghin@mail.ru

Ключови думи: космическа радиационна дозиметрия, Международна Космическа Станция, слънчеви енергийни частици

Резюме: С помощта на телескопа на заредени частици "Люлин-5" се изследват радиационните характеристики във сферичния тъканно-еквивалентен фантом в рамките на международния проект "Матрьошка-Р" на борда на Международната Космическа Станция (МКС). Експериментът се провежда от месец юни 2007г насам. В работата са представени резултати за изследването на потоците частици и мощността на радиационните дози по време на проникването на слънчеви енергийни частици (СЕЧ) на орбитата на МКС на 7-8.03.2012г, както и сравнение с данните от други детектори на заредени частици в космоса по време и след събитието на СЕЧ. По време на това събитие слънчевите частици проникнаха на високи географски ширини в районите на южния и северния магнитни полюси на Земята и на 3 < L те предизвикаха увеличение на потоците и мощността на радиуса в сферичния фантом. Максималният поток на 40, 60 и 165 mm дълбочина по протежение на радиуса в сферичния фантом. Максималният поток на 40 тт дълбочина, измерен извън вътрешния радиационен полюс, достигна 7.2 раг/ст².s, а мощността на дозата достигна 107.8 µGy/hour на 07.03.2012, 13:05 UT на L = 4. Допълнителната погълната доза по време на това събитие е около 180 µGy, а допълнителният дозов еквивалент е приблизително 448 µSv.

Introduction

Space radiation is a very important component of the space weather and affects both the space crew and the electronic devices in space flights. The radiation field in the ISS is complex, composed of galactic cosmic rays (GCR), trapped radiation of the Earth radiation belts, solar energetic particles, albedo particles from Earth's atmosphere and the secondary radiation produced in the shielding materials of the spacecraft and in human body.

The GCRs, consisting of 99% protons and He nuclei and 1% heavy ions with energies up to tens of GeV/nuc are a permanent source of ionizing radiation in the ISS. The GCR radiation in the near – Earth free space is approximately isotropic.

Another component of the incident radiation field in the ISS orbit are the trapped protons and electrons. The trapped protons of the inner radiation belt have energies up to several hundreds of MeV and contribute a large fraction of the dose rates outside and inside the ISS. The trapped protons are encountered by LEO spacecraft in the region of the South Atlantic Anomaly (SAA). Although only about 5% of the mission time of the ISS is spent in the SAA, the astronauts may collect more than 50% of their total absorbed dose during this short time period [1, 2].

The average kinetic energy of the inner zone trapped electrons is a few hundred keV. These electrons are easily removed from the spacecraft interior by the slightest amount of shielding and are mainly of concern to astronauts during extra-vehicular activities. At higher latitudes the ISS crosses the earthward part of the outer electron radiation belt. The average energy of these electrons is also about few hundred keV.

Solar Particle Events (short-term high-intensity bursts of protons and ions accelerated to hundreds of MeV) also contribute transient increases to the radiation environment. There are two ways SPEs can influence the radiation situation on low Earth orbit. The first one is the well known direct penetration of solar energetic particles into the magnetosphere. Only particles with energies higher than the geomagnetic cut-off energy can penetrate into the space station orbit. The time scale of such phenomena is about one-two days [3, 4]). The second one is an increase of the trapped particle flux when SPE particles act as an additional source of particles for trapping and subsequent radial difusion into the inner magnetosphere. At some geomagnetic conditions SPE energetic particles can penetrate in the inner belt region and be trapped there [5, 6]. In such case the SPE-origin energetic particles can change dramatically the radiation environment on low earth orbit on a longterm time scale (up to several months). The Liulin radiometer-dosemeter onboard Mir space station [7] has collected data about radiation environment during number of SPEs in September-October 1989, March 1991, June 1991 and June 1992 [8-11]. During the SPE on September 29 1989 when the space station reached high latitudes in the near-polar geomagnetic regions (L>3.5) dose rate and flux show a sharp rise up to (8-9)x10⁻² Gy/day and 200-250 cm⁻² s⁻¹, respectively. The flux exceeded 200-250 times and the dose rate exceeded 500-600 times the common for those regions values in the absence of SPE.

Dose characteristics in LEO depend also on many other parameters such as the solar cycle phase, spacecraft orbit parameters, helio – and geophysical parameters.

For the estimation of the organ doses from the complex radiation field in the ISS, and thus the radiation risk, measurements in human phantoms are essential. In 2004 the MATROSHKA-R international experiment was started on the Russian segment of the ISS. The experiment MATROSHKA-R includes the Russian spherical tissue–equivalent phantom [12], equipped with passive and active experiment packages for studies of the depth dose distribution at various sides of the organs of a human body exposed to cosmic radiation. Liulin-5 is an active experiment in the spherical phantom [2]. The aim of the Liulin-5 experiment is a long-term investigation of the radiation quantities in the phantom, using a telescope of three silicon detectors. The first stage of the Liulin-5 experiment on the ISS took place from June 2007 to June 2010, corresponding to very quiet solar conditions during the deep minimum of the 23rd solar cycle. Some results from those investigations can be found in [2, 13-15]. The second stage of the Liulin-5 experiment is conducted on the ISS since December 2011 to obtain data for radiation conditions during the solar activity increase in the 24th cycle. From December 2011 to May 2012 the spherical phantom with Liulin-5 instrument was located in the MIM1 module of the Russian Segment of the ISS. In this paper we present results of Liulin-5 measurements of the radiation parameters during the SPEs, which occurred during 7-12.03.2012.

Liulin-5 method and instrument

The Liulin-5 particle telescope is mounted inside the largest diameter channel of the phantom (Fig.1). More detailed description of Liulin-5 method and instrument can be found in [13]. The detector module of Liulin-5 contains three silicon detectors D1, D2 and D3 arranged as a telescope. The detectors axis is along the phantom's radius. The D1 detector is at 40 mm, D2 is at 60 mm and D3 is at 165 mm distance from the phantom's surface.

The position of D1 and D2 in the phantom corresponds approximately to the depth of the blood forming organs in human body, while D3 is placed very close to the phantom's centre. This arrangement allows measuring the dose-depth distribution along the sphere's radius.

The investigation of the radiation environment in the phantom in ISS by the Liulin–5 experiment envisages: i) measurement of the depth distributions of the energy deposition spectra, flux and dose rate, and absorbed dose D; ii) measurement of the LET spectrum in silicon, and then calculation of LET spectrum in water and Q, according to the Q(L) relationship given in ICRP60 [16], where L stays for LET. Q(L) is related functionally to the unrestricted LET of a given radiation, and is multiplied by the absorbed dose to derive the dose equivalent H.

Results and discussions





Fig.1. Liulin-5 onboard ISS. Upper-sketch of the detectors arrangement in the phantom, bottom- the spherical phantom, located in the MIM1 module. Inside the phantom (behind the label) is the detector block of Liulin-5.

The results presented here deal with the flux and dose rates, LET spectra, obtained quality factors Q and dose equivalent values during and after SPE on March 07-12, 2012.

Distribution of dose rates and particle fluxes during quite conditions

A typical distribution of Liulin-5 particle flux and dose rate as a function of L-value is presented in Fig. 2. The data represent the measurements in detector D1 about 11 hours after the end of SPE observed on ISS orbit (see below). Well seen are the two main sources of radiation in a low Earth orbit – the GCR and the trapped protons of the inner radiation belt in SAA. At L values 1.1-1.8 both sources contribute to the measured flux. Maximum fluxes of 19.3 part/cm²s are registered from the trapped protons in SAA at L ~ 1.24. Minima values of about 0.035 part/cm²s were recorded at L~1 from GCR. The maximum dose rate in SAA was 370 μ Gy/h. Outside SAA the averaged flux was 0.2 part/cm²s., averaged absorbed dose rate 2.65 μ Gy/h.

Distribution of dose rates and particle fluxes along the ISS orbits during SPE

On 07.03.2012 GOES registered the beginning of two SPE events (fluxes exceeding the threshold of 10 part/cm².s.sr.) at geostationary orbit. The greater than 100 MeV event began at 04:05 UT on 7.03.2012, reached a maximum of 69 part/cm².s.sr. at 15:25 UT the same day, and ended at 16:50 UT on 10.03.2012. Also, a greater than 10 MeV event began at 05:10 UT on 7.03.2012, reached a maximum of 6530 part/cm².s.sr. at 11:15 UT on 08.03.2012 and ended at 20:50 UT on 12.03.2012.

The first registration of particle flux and dose rate increase in Liulin-5 data was on 07.03.2012, at 13:01 UT, at L=3, Lat =-42.3^o, Long =136.6^o, Alt= 421.7 km. The last registration of flux and dose rate increase was on 08.03.2012, at 21:31 UT at L=3.8, Lat=-48.8^o, Long=71.3^o, Alt=421.7 km. The increase of the particle flux and dose rates at L > 3 is observed in all three





detectors of Liulin-5 located at 40, 60 and 165 mm depth along the radius of the spherical phantom. In Fig. 3 the distribution of the particle flux and the dose rate in D1 detector of Liulin-5 as a function of L-value is presented for the time interval 07.03.2012, 12:59 UT to 08.03.2012, 21:31 UT. In Fig. 4. the dose rate distribution in D1 for the same interval is presented in geographical coordinates. It is seen that Liulin-5 flux and dose rate increase is observed at 3 < L.

The maximum flux observed outside SAA during that SPE reached 7.2 part/cm².s and the dose rate reached 107.8 μ Gy/hour on 07.03.2012, 13:06 UT at L = 4, Lat = - 51.1°, Long =166.8°, Alt= 422 km. The averaged absorbed dose rate D1 outside SAA during SPE was 8.43 μ Gy/h and the averaged flux was 0.59 part/cm².s. The total additional absorbed dose received during the SPE was about 180 μ Gy.



Fig. 3. Distribution of particle flux F1 (bottom) and dose rate (top) in D1 detector located at 40 mm depth in the phantom as a function of L value during SPE.

In Fig. 5 the particle flux F of protons with energies > 10, 50 and 100 MeV measured by



Fig. 4. Geographical distribution of dose rate in detector D1 measured outside SAA during SPE.

GOES-13, the dose rate in D1 detector of Liulin -5 measured outside SAA, and L-values are plotted versus time from March 7, 07:00 UT to

March 9, 22:00 UT, 2012. It is seen that the trend of Liulin -5 dose rate during that period of the SPE corresponds to the trend of the proton flux with energies above 100 MeV (protons with lower energies do not penetrate inside ISS).

LET spectra, quality factor and dose equivalent

The LET spectra, obtained during and after the SPE (GOES flux of protons with energies > 100 MeV falling below the threshold) taken on ISS orbits outside SAA are plotted in Fig. 6 together with the corresponding orbits. The differences in both LET spectra are due to the difference in their sources – the spectrum during SPE includes GCR (protons and heavier ions) and solar particles (protons mainly), the spectrum after the SPE is composed of GCR only. The quality factor Q_{av} calculated from



Fig. 5. GOES-13 flux data of protons with energies above 10, 50 and 100 MeV (from upper to lower curve on top plot), Liulin-5 dose rate measured outside SAA (upper curve on bottom plot) and corresponding L values (lower curve on bottom plot) versus time during and after SPE.

the LET spectrum during the SPE was 2.5, leading to 21.1 μ Sv/h dose equivalent rate at 40 mm depth. After the SPE Q_{av} was 4.15, leading to 11 μ Sv/h dose equivalent. Significant contribution to the GCR Q_{av} have heavy ions (even though they are a small number of the total number of particles forming the GCR LET spectrum) with higher Q_{av} . During the SPE the LET spectrum outside the SAA is dominated by protons of solar origin, having smaller Q_{av} .

Comparison between doses measured in Liulin 5 and DB-8 dosemeter

In Fig. 6 the accumulated doses in Liulin- 5 and in DB-8 active dosemeter of the radiation control system on the Russian segment of the ISS in the time interval 07.03.2012, 00:00 UT to 11.03. 2012, 00:00 UT are plotted. The top two curves represent the data in the non-shielded detectors DB-8#1 and DB-8#4, located in different positions in the service module of the ISS. Two bottom curves represent the accumulated doses in Liulin- 5 detectors D3 (innermost) and D1 (outermost) in the phantom, located in MIM1 module of the ISS. Well seen is the sharp



Fig. 5. LET spectra (top plot) and corresponding ISS orbits (bottom plot). Upper curve in the spectra – measurements during SPE, bottom curve - measurements after the end of SPE.

increase of the accumulated doses in the data from DB-8 between 07.03.2012, 12:00UT and 09.03.2012, 00:00UT connected with the appearance of SPE. The accumulated in Liulin-5 doses show similar but not so sharp trend, because they are heavier shielded inside the phantom.

Conclusion

During the SPEs of 7-12 March 2012 at 3 < L the particle flux and dose rates increased in all three detectors located at 40, 60 and 165 mm depths along the phantom's radius. The penetration of SEP on ISS orbit was observed at high geographic latitudes in the region of the south and north Earth magnetic poles till 08.03.2012, when the flux of the solar protons with energies greater than 100 MeV



Fig. 6. Comparison between accumulated doses measured in the detectors of Liulin -5 (two lower curves) and DB-8 dosemeters (two higher curves) in the time interval 07.03.2012, UT 00:00 to 11.03. 2012, UT 00:00

able to penetrate inside the ISS fall below the threshold of 10 part/cm².s.sr. The maximum flux at 40 mm depth outside the SAA during the SPE was 7.2 part/cm².s and the maximum dose rate was 107.8 μ Gy/h at L = 4, Lat = - 51.1⁰, Long =166.8⁰, Alt= 422 km. The averaged dose rate D1 outside the SAA during the SPE was 8.43 μ Gy/h and the flux was 0.59 part/cm².s. The averaged dose rate outside the SAA for quite time about 11 hours after the end of SPE was 2.65 μ Gy/h. The additional absorbed dose received during the SPE was approximately 180 μ Gy. Outside the SAA during the SPE the radiation quality factor was 2.5 leading to 21.1 μ Sv/h dose equivalent rate at 40 mm depth in the phantom. After the SPE, the quality factor of GCR was 4.15, leading to 11 μ Sv/h dose equivalent rate outside the SAA. The additional dose equivalent received during the SPE in Liulin-5 detectors, located in the phantom in MIM1 module of the ISS are lower, than the doses accumulated in the non-shielded detectors DB-8#1 and DB-8#4 of the radiation control system on the ISS, located in different positions in the service module of the ISS. There is a good agreement of Liulin-5 dose rates during and after the SPE with the flux of protons of energies > 100 MeV measured by GOES –13 satellite.

Acknowledgements

This work is partly supported by grant DID-02/8 from the National Science Fund and by the Agreement between BAS and RAS on fundamental space research. The authors are obliged to NIRS, Chiba-Japan for the organization of the calibrations of Liulin-5 instrument at HIMAC.

References:

- 1. A p a t h y I., Y u. A k a to v, V. A r k h a n g e I s k y, et al. TL measurements on board the Russian segment of the ISS by the "Pille" system during Expedition -8, -9 and -10. Acta Astronaut. 60, 322-328, 2007.
- Semkova, J., R. Koleva, St. Maltchev, et al. Radiation characteristics in the spherical tissue-equivalent phantom on the ISS during solar activity minimum according the data from Liulin-5 experiment, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 2012, http://dx.doi.org/10.1016/j.jastp.2012.07.006
- 3. Golightly, M., Hardy, C., Atwell, W.et al. Description, analysis and impact of major solar activity during recent U.S. shuttle missions. Adv. Space Res. 12 (23), 335-338, 1992.
- 4. Lobakov, A.P., Liagushin, V.I., Panasiuk, et al. Increase of solar cosmic rays on the "MIR" Space station in orbit during September-October 1989. Nuclear Tracks and Radiation Measurements 20 (1), 59, 1992.
- Shurshakov, V.A., Petrov, V.M., Panova, N.A., et al. Experimental investigations of quasistable radiation belts formed after solar proton events in September-October 1989 and March 1991 based on measurements made by Liulin dosimeter-radiometer on board the Mir space station. Advances in Space Research 18 (12), 251-256, 1996.
- Dachev, Ts. P., J. V. Semkova, Yu. N. Matviichuk, et al, Inner Magnetosphere Variations after Solar Proton Events. Observations on MIR Space Station In 1989-1994 Time Period, Adv. Space Res., 22, (4), 521 - 526, 1998.
- Dachev, TsP, Matviichuk, Ju N, Semkova, J.V., et al. Space radiation dosimetry with active detectors for the scientific program of the second Bulgarian cosmonaut on board of Mir space station. Adv. Space Res. 9 (10), 247-251, 1989.
- 8. Dachev, Ts., Yu. Matviichuk, N. Bankov, et al. "MIR" radiation dosimetry results during the solar proton events in September October 1989, Adv. Space. Res., 12, No. 2-3, (2) 321, 1992.
- 9. Бенгин, В.В., Т.А. Костерева, В.С. Махмутов, и др, Исследование радиационной обстановки на борту стамции "МИР" во время солнечного протонного собития 29 сентября 1989 г. с помощью дозиметра-радиометра "Люлин", Космические исследования, 30, 5, 700, 1992
- Petrov, M.V., Makhmutov, V.S., Panova, N.A., et al. Peculiarities of the Solar Proton Events of October 19, 1989 and March 23, 1991 According to the Measurements On Board the MIR Space Station. Adv.Space Res. 14 (10), 645, 1994.
- 11. Shurshakov, V. A., V. M. Petrov, YuV Ivanov, et al. Solar particle events observed on MIR station, Radiation Measurements, Volume 30, Issue 3, 317-325, 1999
- 12. Kartsev, I., S., Akatov, Yu. A., Eremenko, V.G., et al., Spherical phantom for studying radiation conditions in outer space. Design-structural special features. Nuclear Measurement & Information Technologies, 16, 36-45, 2005.
- 13. Semkova, J., Koleva, R., Maltchev St., et al. Radiation measurements inside a human phantom aboard the International Space Station using Liulin-5 charged particle telescope. Adv. Space Res., 45, (7), 858-865, 2010.
- 14. Semkova, Jordanka, Rositza Koleva, Overview On The Radiation Quantities Observed By Liulin-5 Instrument In A Human Phantom On International Space Station During The Minimum Of 23rd Solar Cycle, Compt. Rend. Acad. Bulg. Sci., 63, (10), 1533-1542, 2010
- 15. Семкова, Й., Р. Колева, Н. Банков и др. Исследование радиационной обстановки на международной космической станции с помощью дозиметра «Люлин-5». КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, 51, (2), 136–144, 2013
- 16. ICRP, Report No. 60, Pergamon Press, Oxford, 1991.

RELATIVISTIC ELECTRON PRECIPITATION VARIATIONS ON MANNED SPACECRAFT

Tsvetan Dachev¹, Borislav Tomov¹, Yury Matviichuk¹, Plamen Dimitrov¹, Nikolay Bankov¹, Jordanka Semkova¹, Rositsa Koleva¹, Vladislav Petrov², Viacheslav Shurshakov², Victor Benghin²

¹Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: tdachev@bas.bg, btomov@bas.bg, ymat@bas.bg, pdimitrov1957@abv.bg, ngb43@abv.bg, jsemkova@stil.bas.bg, rkoleva@stil.bas.bg
²State Research Center Institute of Biomedical problems – Russian Academy of Sciences e-mail: petrov@imbp.ru, shurshakov@inbox.ru, v_benghin@mail.ru

Keywords: Space radiation, Space weather, Dosimetry, Spectrometry

Abstract: The paper presents observations of radiation environment variations, including relativistic electron precipitations (REP) on the "Mir" and the International Space Station (ISS). Data were obtained by 5 Bulgarian-built instruments flown in 1989-1994, 2001 and 2008-2010. The first data are from the Liulin instrument flown 1989-1994 inside the Russian "Mir" space station. This period, being in high solar activity, is dominated by a large number of solar proton events (SPE) and magnetic storms, which generate a large number of inner magnetosphere enhancements, including the formation of the "New" radiation belt at low L values after the sudden commencement of a magnetic storm (SSC) at 03:42 UT on 24 March 1991. The "New" belt was observed by us till the middle of 1993. The second period of observations is in May-August 2001 inside the USA laboratory module of the ISS. Last, the February 2008 - August 2010 period was analyzed. The REP in April 2010, being the second largest in GOES history (with a >2 MeV electron fluence event), is specially studied. The L value profiles of the radiation environment inside and outside the "Mir" and the ISS space stations was plotted and analyzed. These long-term observations support the conclusion that REP is a common phenomenon on manned spacecraft. REP and the dose rates variations generated by them inside and outside the manned spacecraft have to be specially studied because of the space radiation risk, which they induce to the crew members during extravehicular activities.

ВАРИАЦИИ НА ИЗСИПВАЩИТЕ СЕ РЕЛАТИВИСТКИ ЕЛЕКТРОНИ РЕГИСТРИРАНИ НА ПИЛОТИРАНИ КОСМИЧЕСКИ КОРАБИ

Цветан Дачев¹, Борислав Томов¹, Юрий Матвийчук¹, Пламен Димитров¹, Николай Банков¹, Йорданка Семкова¹, Росица Колева¹, Владислав Петров², Вячеслав Шуршаков², Виктор Бенгин²

¹Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките e-mail: tdachev@bas.bg, btomov@bas.bg, ymat@bas.bg, pdimitrov1957@abv.bg, ngb43@abv.bg, jsemkova@stil.bas.bg, rkoleva@stil.bas.bg

²Държавен изследователски център, Институт за медико-биологически науки – Руска академия на

науките

e-mail: petrov@imbp.ru, shurshakov@inbox.ru, v_benghin@mail.ru

Ключови думи: Космическа радиация, Космическо време, Дозиметрия, Спектрометрия

Резюме: В статията са анализирани вариациите на радиационната среда, включително тези по време на изсипване на релативистки електрони (ИРЕ) на станцията "МИР" и на Международната космическа станция (МКС). Данните от 5 прибора, разработени в България, са получени в периодите 1991, 2001 and 2008-2010 г. Първите данни са от прибора ЛЮЛИН, летял на станцията "Мир" в периода 1988-1994 г. Този период е във висока слънчева активност и доминиран от голям брой Слънчеви протонни събития (СПС) и магнитни бури, които генерират голям брой увеличения във вътрешната магнитосфера, включително формиране на "Нов" радиационен пояс на ниски ширини след внезапното начало на магнитна буря в 03:42 UT на 24 Март 1991 г. "Новият" пояс беше наблюдаван от нас до средата на 1993 г. Вторият период на наблюдения е вътре във лабораторния модул на САЩ на

МКС през м. май 2001 г. Последните наблюдения са в периода февруари 2008-август 2010 г. ИРЕ през м. април 2010, които са вторите по големина в наблюденията на електронни потоци с енергия повече от 2 MeV, са специално изучени. Профилите на радиационното обкръжение на станциите "Мир" и МКС в зависимост от стойността на L са анализирани. Тези дългопериодични наблюдения поддържат заключението, че ИРЕ са обичайно явление на орбиталните станции. Те, заедно с вариациите на мощността на дозата, трябва да бъдат специално изучавани заради радиационния риск, които те представляват за членовете на екипажите по време на дейности извън стените на станциите.

1. Introduction

The radiation field around and inside the ISS is complex, composed by galactic cosmic rays (GCR), trapped radiation of the Earth radiation belts, solar energetic particles, albedo particles from Earth's atmosphere and secondary radiation produced in the shielding materials of the spacecraft or the space suit and in the biological objects. The radiation field at a location, either outside or inside the spacecraft is affected both by the shielding and the surrounding materials (Badhwar et al., 1998; Benton and Benton, 2001; NCRP, Report No. 142, 2002). Dose characteristics in low-Earth orbits (LEO) depend also on many other parameters such as the spacecraft orbit parameters, the solar cycle phase, the current helio and geophysical parameters.

1.1 Galactic cosmic rays

The dominant radiation component in the ISS radiation environment is the GCR modulated by the altitude and the geomagnetic coordinates of the station. The GCR are not rays at all but charged particles that originate from sources beyond the Solar System. They are thought be accelerated at the highly energetic sources like neutron stars, black holes and supernovae within our Galaxy. GCR are the most penetrating among the major types of ionizing radiation (Mewaldt, 1996). The flux and spectra of GCR particles show modulation, which is anti-correlated with the solar activity. The distribution of GCR is believed to be isotropic throughout the interstellar space. The energies of GCR particles range from several tens up to 10¹² MeV nucleon⁻¹. The GCR spectrum consists of 98% protons and heavier ions (baryon component) and 2% electrons and positrons (lepton component). The baryon component is composed of 87% protons, 12% helium ions (alpha particles) and 1% heavy ions (Simpson, 1983). Highly energetic particles in the heavy ion component, typically referred to as high Z and energy (HZE) particles, play a particularly important role in space dosimetry (Benton and Benton, 2001) and affected strongly the biological objects and humans in space (Horneck, 1994). HZE particles, especially iron, possess high LET and are highly penetrating, giving them a large potential for radiobiological damage (Kim et al., 2010). The daily average GCR absorbed dose rates measured with R3DE (Dachev et al. 2012a) outside of the ISS vary in the range 77-102 μ Gy day⁻¹ with an average of 91 μ Gv dav⁻¹.

1.2 Trapped radiation belts

Radiation belts are the regions of high concentration of the energetic electrons and protons trapped within the Earth's magnetosphere. There are two distinct belts of toroidal shape surrounding the Earth where the high energy charged particles get trapped in the Earth's magnetic field. Energetic ions and electrons within the Earth's radiation belts pose a hazard to both astronauts and spacecraft's electronic. The inner radiation belt, located between about 0.1 to 2 Earth radii, consists of both electrons with energies up to 10 MeV and protons with energies up to ~ 200 MeV. The South-Atlantic Anomaly (SAA) is an area where the inner radiation belt comes closer to the Earth surface owing to a displacement of the magnetic dipole axes from the Earth's center. The daily average SAA absorbed dose rates measured with R3DE instrument (Dachev et al. 2012a) outside of the ISS vary in the range 110-685 μ Gy day⁻¹ with an average of 426 μ Gy day⁻¹. The maximal hourly SAA absorbed dose rates reached 1500-1600 426 μ Gy h⁻¹. It was found (Dachev et al., 2011) that the docking of the US Space Shuttle with ISS decreases strongly the SAA doses because of the additional shielding, which the 78-tons body of the Shuttle provides against the inner radiation belt protons.

The outer radiation belt (ORB) starts from about 4 Earth radii and extends up to about 9-10 Earth radii in the anti-sun direction. The outer belt mostly consists of electrons whose energy is not larger than 10 MeV. Relativistic electrons enhancements in the outer radiation belt are one of the major manifestations of space weather (Zheng et al., 2006; Wrenn, 2009) at near Earth's orbit. These enhancements occur mainly after magnetic storms. The electron flux may cause problems for components located outside a spacecraft (e.g. solar cell degradation). They do not have enough energy to penetrate a heavily shielded spacecraft such as through the ISS wall, but may deliver large additional doses to astronauts during Extravehicular Activity (EVA) (Dachev et al., 2009a, 2012b and 2012c). The average ORB dose rate measured with the R3DE (Dachev et al. 2012a) outside of the ISS is 8.64 μ Gy day⁻¹, and the range is between 0.25 and 212 μ Gy day⁻¹. Rare sporadic fluxes of

relativistic electrons were measured with the R3DR instrument to deliver as high absorbed doses as 20000 μ Gy h⁻¹.

2. Instruments description

Five different Liulin type instruments were used in this study. The first one was the LIULIN instrument (Dachev et al., 1989) flown inside "Mir" space station in the 1988-1994 time span behind more than 20 g cm⁻² shielding. The instrument was developed for the scientific program of the second Bulgarian cosmonaut Alexander _ Alexandrov. The period mentioned above, being in high solar activity, was dominated by large number of solar proton events (SPE) and magnetic storms. These conditions generated a large number of inner magnetosphere enhancements, including the formation of al., 1996 and 1998; Dachev et al., 1998) at low L values after the SPE on 22



enhancements, including the formation of the "New radiation belt" (Shurshakov et al., 1996 and 1998; Dachev et al., 1998) *at low L values after the SPE on 22* 2009.

March 1991. This feature was observed by us till the middle of 1993.

The next 4 space experiments were performed with Liulin type Deposited Energy Spectrometers (DES), which measured the spectrum (in 256 channels) of the deposited energy in a silicon detector from primary and secondary particles inside and outside of the ISS. The DES is a Liulin type (Dachev et al. 2002) miniature spectrometer-dosimeter containing one semiconductor detector, one charge-sensitive preamplifier, 2 or more microcontrollers and a flash memory. Pulse analysis technique is used for the obtaining of the deposited energy spectrum, which further is used for the calculation of the absorbed in the silicon detector dose and flux. The unit is managed by the microcontrollers through a specially developed firmware. Plug-in links provide the transmission of the stored in the flash memory data toward a standard Personal Computer (PC) or toward the telemetry system of the carrier. DES sensitivity was proved against neutrons and gamma radiation (Spurny and Dachev, 2002, 2009), which allows monitoring of the natural background radiation also.

For the analysis of REP the following DES on ISS were used:

• The Liulin-E094 instrument, which was a part of the experiment Dosimetric Mapping-E094, headed by Dr. G. Reitz that was placed in the US Laboratory Module of the ISS as a part of the Human Research Facility of Expedition Two, Mission 5A.1 in May-August 2001 (Reitz et al., 2005; Dachev et al., 2002, 2006; Nealy et al., 2007; Wilson et al., 2007; Slaba et al., 2011). The Liulin-

E094 instrument contains 4 battery operated Mobile Dosimetry Units (MDU), which were placed inside the Destiny and Node-1 modules behind different shieldings above 10 g cm⁻²;

- The Liulin-MKS instrument (Dachev et al., 2005), which was launched to ISS in September 2005, is very similar to the Liulin-E094 instrument. The 4 MDUs were situated in different palaces of the Russian segment of ISS in 2008. It is still operable;
- The Radiation Risks Radiometer-Dosimeter (R3D) (Häder and Dachev, 2003), modification 'E' -R3DE, which was a part of the EXPOSE-E facility on the European Technological Exposure platform (EuTEF) (Figure 1.). It worked outside of the European Columbus



Fig. 2. The R3DR instrument worked successfully on the outside platform of the Russian Zvezda module of the ISS as a part of the EXPOSE-R facility between March 2009 and August 2010.

module of the ISS between 20th of February 2008 and 1st of September 2009 with a 10 seconds resolution behind less than 0.4 g.cm⁻² shielding;

• The R3DR spectrometer was launched inside of the EXPOSE-R facility on the ISS in December 2008 and was mounted at the outside platform of the Russian Zvezda module of the ISS (Figure 2.). The first data were received on March 11, 2009. Until the end of August 2010 the instrument worked almost permanently with a 10 seconds resolution and the data were recorded on the ISS.

The construction of the R3DE/R front panel consists of a 1.0 mm thick aluminum shielding in front of the detector. The total shielding of the detector is formed by an additional internal constructive shielding of 0.1 mm copper and 0.2 mm plastic material. The total external and internal shielding in front of the detector of the R3DE/R devices was 0.41 g cm⁻². The calculated stopping energy of normally incident particles to the detector is 0.78 MeV for electrons and 15.8 MeV for protons (Berger et al., 2012). This means that only protons and electrons with energies higher than the above mentioned could reach the detector.

The amplitudes of the fluxes and doses with the Liulin-E094 MDUs are smaller than the R3DE/R amplitudes because the additional shielding by the walls of the ISS, but all radiation sources are well seen in both locations.

3. Scientific results

3.1 Data selection procedure

The data selection procedure was developed so that to distinguish between the three expected radiation sources: (i) GCR particles, (ii) protons with more than 15.8 MeV energy in the SAA region of the inner radiation belt, and (iii) relativistic electrons with energies above 0.78 MeV in the ORB. Heffner (1971), Dachev (2009) and Dachev et al., (2012a, 2012b) showed that the dose to flux ratio (D/F) can characterize the type of the predominant radiation source in the Liulin type instruments in the near Earth radiation field. It was shown that the SAA and ORB data, which have relatively high fluxes, can be split in two parts by the simple relation of the dose to flux ratio based on the fact that one inner radiation belt proton with energy in the range 15.8–200 MeV can deposit in the detector between 6.5 and 1.08 nGy cm² particle⁻¹, whereas one outer radiation belt relativistic electron with energy in the range 1–10 MeV can deposit between 0.3 and 0.35 nGy cm² particle⁻¹ because of the much smaller mass. GCR protons in the equatorial and the low latitude regions have very small fluxes of less than 1 particle cm⁻² s⁻¹ that is why the D/F ratio is in these regions not stable and vary in the range from 0.03 and 30 nGy cm² particle⁻¹ (please look Figure 5 of Dachev et al., 2012b) so the D/F ratio is not applicable for the characterization of the GCR radiation source. For bremsstrahlung X-rays the dose-to-flux ratio is less than the electron ratio.

3.2 Dynamics of the "Mir" Space Station internal radiation environment for 19-30 June 1991 as measured by the LIULIN instrument

Figure 3 presents in 3 panels the dynamics of the "Mir" Space Station internal radiation environment for 19-30 June 1991 as measured by LIULIN instrument during high solar activity and

high geomagnetic activity. All 3 panels are plotted against L value (McIlwain, 1961; Heynderickx et al., 1996) on the X axes. L corresponds to the equatorial radius of a magnetic drift shell in the case of a dipole field. The orbital parameters of the "Mir" space station and the ISS used in this paper are calculated by the KADR-2 software (Galperin et al., 1980.). Organizing the data in this way one can show the different particle populations and how they are distributed in the near-Earth space. The upper panel (Fig.3a) contains data for the measured dose rate values higher than 15 μ Gy h⁻¹. The middle panel (Fig.3b) is devoted to the Flux data, while the bottom panel (Fig.3c) presents the D/F ratio.

Four different radiation sources are visually distinguished in the data presented in Fig. 3b and 3c: Galactic cosmic rays (GCR), SAA (inner belt) protons, outer radiation belt (ORB) electrons and the new radiation belt (New). The GCR source is





seen in the bottom area of the Fig. 3a with dose rates between 15 and 40 μ Gy h⁻¹. The GCR source produces the bunch of points around 6 nGy cm² particle⁻¹ seen in Fig 3b.

The maximum at the left side of Fig. 3a and 3c is generated mainly by inner radiation belt protons in the region of the SAA for L values less than 1.6. This maximum reached the highest dose rate and flux values seen in Figures 3a and 3b. The behavior of the D/F ratio in Figure 3c gives information about the particle population in the maximum. Almost all of the D/F values are greater than 1 nGy cm² particle⁻¹ (this value is emphasized on the figure by a heavy red line.), which according the Heffner's (1971) findings corresponds to energetic protons. The D/F values to the left of the maximum, being in the North-West side of the SAA, are the smallest, while the right side values are the highest. This means that the effective proton energy decreases from about 100 MeV down to 20 MeV.

Another source starts to contribute to the doses and fluxes in the range of L values from 1.7 to 2.4, peaking at L=2.1. This source is recognized in Fig. 3b as a well seen maximum with a larger density of points with values 20-30 cm⁻² s⁻¹. In Fig 3c this source is seen as a minimum with values between 0.3 and 0.8 nGy cm² particle⁻¹. These values of the D/F ratio correspond to an electron and/or a bremsstrahlung radiation source. Our previous investigations (Petrov et al., 1993 and 1994; Shurshakov et el., 1996; Dachev et al. 1998) associated it with the "New" radiation belt, first reported by Mullen et al. (1991). The particles in the "New" radiation belt were injected into the magnetosphere during the sudden commencement of magnetic storms (SSC) at 03:42 UT, 24 March 1991, and were further stably trapped for a long time. The "New" radiation belt was observed by us till the middle of 1993 (Dachev et al., 1998). The formation of the "New" radiation belt and the magnetosphere phenomena in 1991 are well seen in the >2.5 MeV data of the RDM instrument on the Japanize satellite EXOS-D http://www.stp.isas.jaxa.jp/akebono/RDM/rdm/old/rdmflux1991.gif (AKEBONO RDM data were provided through DARTS at the Institute of Space and Astronautically Science (ISAS), Japan.).

The right-most maximum seen in Figure 3b at L values equal to 2.8 is the Other Radiation belt (ORB) maximum, which also is generated by relativistic electrons. It is guite possible that we see only part of their flux and the bremsstrahlung by them. This is manifested by the smaller than 1 nGy cm^2 particle⁻¹ values of the D/F ratio in Figure 3c. The ORB maximum is situated at relatively very low L in values because: 1) This was the tendency June 1991 (Please look http://www.stp.isas.jaxa.jp/akebono/RDM/rdm/old/rdmflux1991.gif); 2) The measurements were performed inside "Mir" SS behind a large shielding and this allows the penetration only of very high energy electrons, trapped at relatively small L values (Dachev et al., 2009).

3.2 Dynamics of the ISS internal radiation environment for 12-30 May 2001 as measured by Liulin-E094 - MDU #2 instrument

Figure 4 presents in 3 panels the dynamics of the ISS internal radiation environment for 12-30 May 2001 as measured by Liulin-E094 - MDU #2 instrument. New here is that the measurements were performed by a Deposited Energy Spectrometer (DES) developed especially for the Dosimetric

mapping experiment (Reitz et al., 2005). This DES measured the spectrum (in 256 channels) of the deposited energy in a silicon detector (Dachev et al., 2002).

The data were obtained with MDU#2, situated for the period $12^{th} - 30^{th}$ May 2001 in one of the less shielded places of the US laboratory module called "US Lab – Open rack overhead seat track in Retention Net". The battery operated cigarette box size MDU was very close to the US lab wall orientated with the detector toward the wall. Data presented by Dachev et al. (2006) are obtained with the same MDU but that paper deals mainly with the South Atlantic Anomaly (SAA) inner belt high energy proton distribution.

Despite the maximum of the solar activity cycle the observational period is characterized with relatively quiet geomagnetic conditions. The format of the figure is the same as that of Figure 3. The main findings from Figure 4 are as follow:

- In comparison with Fig. 3a and 3b the



Fig. 4. Dynamics of the ISS internal radiation environment for 12-30 May 2001 as measured by Liulin-E094 MDU #2 instrument.

SAA maximum was extended in polar direction up to L=2.2-2.5. Our explanation is connected with the smaller shielding of MDU#2 in comparison with LIULIN shielding. This allowed the relatively low energy protons in the South-East edge of SAA to penetrate through the ISS walls and to reach the detector. The SAA D/F ratio seen in Figure 4c did have very similar values to those presented in Figure 3c, which is connected with the stably trapped proton population in the core of the SAA;

- On the place of the "New" belt at 1.8<L<2.2 it is observed a "Middle term leaving belt in the slot region (MTLBSR)" (Zhang et al., 2006). When we plotted the locations of these events in geographic coordinates we found that they are situated as a belt in the south-east direction from the SAA maximum. Our explanation of these very low specific depositions is that we recorded the bremsstrahlung from the relativistic electrons outside the station. The electrons with energy of 10 MeV have only 22 mm stopping path in aluminum (Berger et al, 2012) and are not able to cross all shielding materials and to reach the detector of the MDU;</p>
- In Fig. 4b we observe a bunch of points in the range of L values between 3.5 and 5 with flux values up to 5 cm⁻² s⁻¹. These points do not have adequate high values of dose rates in Fig. 4a. Our interpretation is that these higher flux points are the Bremsstrahlung signatures of ORB

relativistic electrons, because their D/F ratio seen in Fig. 4c is between 0.6 and 0.8 nGy cm² part⁻¹.

3.3 Dynamics of the ISS external radiation environment for 11-20 March 2008 and 1-10 April 2010 as measured by R3DE/R instruments

Figures 5 and 6 present data from the R3DE/R instruments, which were irradiated outside the ISS during the minimum of the solar cycle and quiet geomagnetic activity in 2008 and quiet but with an isolated major storm in 2010. The detailed position of the instruments is seen in Fig. 1 and 2. All 6 panels of the figures are plotted in the same way as the already described Figure 3. Main findings from Figure 5 and 6 are as follow:

- Both figures represent very similar distributions in the dependence on the L value, which in comparison with Figures 3 and 4 don't have any long of middle term leaving belts in the slot reg
- The SAA flux and dose rates in both cases are higher than those in Figures 3 and 4, and the SAA maximum in April 2010 in Figure 6 is the highest observed. The reason of R3DR SAA fluxes and dose rates to be higher than those of R3DE can be inferred from Figure 1 and 2, which present the distribution of the masses in the surrounding environment of the R3DE and R3DR instruments on the ISS. R3DE was located inside the EXPOSE-E facility at the top of the EuTEF platform outside the European Columbus module. In Figure 1 the lower end of the heavy arrows pointing "up" (along the Earth radius in +Z direction) shows the exact place of the instrument. It is seen that R3DE was surrounded by the EXPOSE-E facility, different and by constructional elements of the EuTEF platform, and the Columbus module. All these





middle term leaving belts in the slot region. Only SAA and ORB regions are observed;





surrounding masses produced additional shielding of the instrument against the SAA proton flux in the energy range of 15.8-200 MeV. The R3DR position presented in Figure 2 shows that this instrument was far from the Zvezda module body seen in the left part of the upper photograph, at the far end of the EXPOSE-R facility. It was shielded practically only by the EXPOSE-R facility from below, because the solar panels seen in the bottom of Figure 3b don't have large mass;

- The ORB flux and dose rate maxima in both figures are well situated at L values between 3 and 6 and the values are much higher than those in Figures 3 and 4 because both instruments were shielded only by their own constructional elements of 0.41 g cm⁻². Again the R3DR flux and dose rate values in the ORB are the highest observed. Not only because the minimal shielding but also because the very strong REP, which occurred on 7th of April 2010 being the second largest in GOES history with a >2 MeV electron fluence event (see Figure 1 of Dachev et al., 2012c). The fact that in Figures 5c and 6c the majority of points of the D/F ratio do have values below 1.0 nGy cm² particle⁻¹ confirms the hypothesis that these particles are relativistic electrons. The rare points with D/F ratio higher than 1.0 nGy cm² particle⁻¹ belong to GCR particles, for which the requirements dose rate to be larger than 20 μ Gy h⁻¹ is not enough strong to be excluded from the selection;
- The position of the R3DE ORB maximum in Figure 5 is at L equal to 4.5, while the R3DR ORB maximum is almost at L=4. This is because the R3DR data are taken between 1 and 10 of April 2010 i.e. relatively soon after the REP event on 7th of April, when the ORB is still situated at smaller L values. Further with the development in time of the REP event the ORB maximum tendency is to move at highest L values as seen in Figure 5. This process of movement is well seen in the >2.5 MeV data of RDM instrument on the Japanize satellite EXOS-D. http://www.stp.isas.jaxa.jp/akebono/RDM/rdm/rdmflux2010.gif and in Figure 9 of Dachev et al., (2012b). (AKEBONO RDM data were provided through DARTS at Institute of Space and Astronautically Science (ISAS), Japan.)

3.4 Variations of the SAA ISS radiation environment

Figure 7 presents extended view of the SAA D/F profiles seen in Figures 4c-6c in the L values range between 1.1 and 1.6. Data are separated in 3 panels. Data in Figures 7b and 7c are with 10 s resolutions while Figure 7a is with a 30 s resolution, that is why the number of points seen there is much smaller. The heavy line in the 3 panels presents the calculated linear fits over the data. The minimal and maximal values of the linear fits are used for calculations by Heffner's formulae (Heffner 1971) of the average SAA proton energies.

Figure 7a presents the D/F data taken by the Liulin-E094 MDU#2 with a 30 seconds resolution and seen also in Figure 4c. Despite that MDU#2 was situated in one of the less shielded places of the US laboratory module we recognize them as the most shielded data because the D/F values are the smallest and respectively the calculated by Heffner's formulae (Heffner 1971) proton energies are the highest (please look at Table 1.).

Figures 7b and 7c present the R3DE/R data and together with the calculated values of the average proton energies (Table 1) confirm again that the R3DR instrument is less shielded than the R3DE instrument.

In Table 1 the last column shows the poleward flux boundary, which also characterizes the amount of shielding in front of the detector because with the increase of the L value

the energy of the trapped in the SAA protons decreases as seen in Figure f 7.

The exact dynamics of the movements of the dose rate boundary during descending and ascending orbits of ISS is presented in Figure 8. Full resolution dose rate data from Liulin-MKS MDU#4, NASA TEPC (Badhwar et al., 1996) and R3DE



Fig. 7. Variations of the SAA ISS D/F ratios in dependence by the thickness of the shielding.

Table 1. Comparison of the D/F values and calculated by Heffner's formulae proton energies (Heffner 1971) for the 3 instruments on ISS

Instrument/ parameter	D/F min [nGy cm ⁻² particle ⁻¹]	E min [MeV]	D/F max [nGy cm ⁻² particle ⁻¹]	E max [MeV]	Dose boundary of ISS [L]
MDU#2	1.4	86	2.3	38	2.2
R3DE	1.65	64	2.6	32	2.6
R3DR	1.95	49	3.45	22	2.8

instruments as measured on 14th of July 2008 are plotted in dependence on the UT. The lower panel contains data from Liulin-MDU#4 and R3DE MKS instruments while the upper is devoted to the NASA TEPC instrument data obtained from NASA GSFC, by 'Coordinated Data Analysis Web' at Goddard Flight Center. Space http://cdaweb.gsfc.nasa.gov/tmp/ (Zapp, 2013). Both panels are plotted in identical dose rate Y axes over the X axes, which is UT on 14th of July 2008 between 00:00 and 09:00.

The meander in the range 0.1-15 μ Gy h⁻¹ was generated by registration of the dose rates from GČR. while the maximums reaching 1553 μ Gy h⁻¹ were obtained in the region of the SAA. The comparison of all 3 curves shows that they are very similar and the reason is that they follow the variations of the L value seen in the bottom panel. The following peculiarities have to be mentioned: 1) The SAA dose rates outside ISS were greater than inside because the shielding



Fig. 8 Comparison of the dose rates obtained on 14th of July 2008 by Liulin-MKS MDU#4 (Inside ISS at bottom panel), NASA TEPC (Inside ISS at top panel) and R3DE (outside ISS at bottom panel) instruments. The obtained with R3DE proton energies in the SAA and the L value are also shown in the bottom panel.

of the stations walls. For example the R3DE (outside ISS) maximal dose rate in the first SAA maximum was 1553 μ Gy h⁻¹, while the NASA TEPC and Liulin-MKS MDU#4 instruments reached 973 and 701 μ Gy h⁻¹ respectively; 2) The GCR dose rates inside the station are greater than outside because the additional doses generated by secondary particles in the walls of the station (Damasso et al., 2009; Dachev, 2013). The highest SAA dose rates were observed (as expected) in the R3DE instrument data. The lowest were seen in the Liulin-MKS MDU#4 data, which seems is in a heavier shielded location than the NASA TEPC instrument. The GCR averaged doses, which were selected from the 3 instruments from the data below 10 μ Gy h⁻¹ are ordered as follows: R3DE 2.68 μ Gy h⁻¹, Liulin-MKS MDU#4 3.93 μ Gy h⁻¹, and NASA TEPC 4.3 μ Gy h⁻¹. The higher GCR dose rates in Liulin-MKS MDU#4 instrument are well seen in the lower panel of Figure 8.

The movements of the poleward dose rate boundary can be seen very well in the lower panel by comparison of the curves inside the SAA maximums. The first 2 (from the left) SAA maximums were measured over descending orbits (increasing L values in the SAA region seen on the lower panel), which cross the equator at approximately -70°, -94° and -108° West longitude. In these cases the poleward boundary was at the left side of the SAA maximum. This is seen as a more extended R3DE left side of the SAA maximum, because, being in less shielding, protons with lower energies can reach the detector. The decreasing energies of the protons calculated on the base of Heffner's equations (Heffner, 1971) are also well seen on the lower panel of Figure 8.

The last 2 (from the left) SAA maximums were measured over ascending orbits (decreasing L values in the SAA region). In these cases the poleward boundary was at the right side of the SAA maximum. This is seen as a more extended R3DE right side of the SAA maximum. The increasing energies of the protons are not so steep because the relatively small gradient of the L value decrease.

4. Conclusions

This paper analyzed the data obtained in the different radiation environments of galactic cosmic rays, inner radiation belt trapped protons in the region of the South Atlantic Anomaly and outer radiation belt relativistic electrons during measurements with the Bulgarian built instruments on "Mir" SS and ISS. Special attention was paid to the REP variations.

The Liulin-MKS, Liulin-E094 and R3DE/R, low mass, dimension and price instruments, proved their ability to characterize the inside and outside manned spacecraft radiation environment including the relativistic electron precipitations. This was achieved mainly by the analysis of the dose to flux ratios and deposited energy spectra, which were obtained in each measurement cycle of 30 or 10 seconds.

The main conclusion is that the REP events are common on the "Mir" SS and ISS. In the case of measurements inside the station the REP observations were mainly indirect because of the walls shielding, which stopped the major amount of the less energetic relativistic electrons. Never the less the formation of different long and midle term radiation belts was monitored and analyzed. In the case of measurements outside the station the measured instant reletivistic electrons dose rates can reach values even larger than 20,000 μ Gy h⁻¹. Although the obtained long term doses do not pose extreme risks for astronauts being on EVA they have to be considered as a permanently observed source, which requires additional comprehensive investigations.

The obtained higher doses produced by the SAA protons and ORB electrons sources in the R3DR instrument is the main finding of the presented data. We explain this with fact that this instrument was less shielded by surrounding construction elements of the Russian Zvezda module than the R3DE instrument being surrounded by heavy construction elements of the EuTEF platform and European Columbus module.

The GCR dose rate measured with the R3DE instrument is larger for the whole period between March and June 2009 than the observed by the R3DR instrument contrary to the dose rates obtained for the SAA and ORB. By comparison with the Foton-M3 data we prove that this higher dose rates were produced by the additional dose rate generated by secondary particles in the heavily shielded R3DE instrument. In the future this fact can be further proved using of calculations based on theoretical models.

The main conclusion from the study is that the values of the dose rates produced by different radiation sources around the ISS do have large and fast dynamics in space and time. All data obtained outside the station can be interpreted as possible doses obtained by the cosmonauts and astronauts during EVA because the R3DE/R instruments shielding is very similar to the Russian and American space suits average shielding (Anderson et al. 2003; Benton et al., 2006; Shurshakov et al., 2009). Fast, active measurements at the body of each astronaut to obtain the exact dynamics of the dose accumulation during EVA are required.

An instrumental solution was foreseen by Dachev et al. (2011b) where the possible hardware and software improvements for a new Liulin type dosimeter were proposed. On the base of the analysis of the deposited energy spectrum's shape and the value of the dose to flux ratio the new instrument will be able to distinguish the different kind of radiation sources in the ISS radiation environment as GCR, inner radiation belt protons and outer radiation belt electrons. It will measure, calculate, store and present on a display the fast variations of the absorbed and ambient dose equivalent (Ploc et al., 2010) in any of the possible surrounding mass distribution. This will finally give the necessary active measurements of the radiation dose rates during EVAs, which were proposed more than 10 years ago by NCRP, Report No. 142 in 2002.

5. Acknowledgements

This work is partially supported by the Bulgarian Academy of Sciences and contract DID 02/8 with the Bulgarian Science Fund.

References:

- 1. B a d h w a r , G. D., et al., In-flight radiation measurements on STS-60, Rad. Meas., 17–34, http://dx.doi.org/10.1016/1350-4487(95)00291-X, 1996.
- 2. B a d h w a r , G. D., et al. Radiation environment on the "Mir" orbital station during solar minimum. Adv. Space. Res. 22 (4), 501-510, 1998.
- 3. B e n t o n , E . R . a n d B e n t o n , E . V . Space radiation dosimetry in low-Earth orbit and beyond, Nucl. Instrum. and Methods in Physics Research, B, 184, (1-2), 255-294, 2001.
- 4. Berger, M.J., Coursey, J.S., Zucker, M.A., and Chang, J. Stopping-Power and Range Tables for Electrons, Protons, and Helium Ions, NIST Standard Reference Database 124. Available online at: http://physics.nist.gov/PhysRefData/Star/Text/contents.html, May 2012.
- Dachev, Ts. P., Yu. N. Matviichuk, J. V. Semkova, R. T. Koleva, B. Boichev, P. Baynov, N. A. Kanchev, P. Lakov, Ya. J. Ivanov, P. T. Tomov, V. M. Petrov, V. I. Redko, V. I. Kojarinov, R. Tykva, Space radiation dosimetry with

active detections for the scientific program of the second bulgarian cosmonaut on board the "Mir" space station, Adv. Space Res., 10, 247-251, http://dx.doi.org/10.1016/0273-1177(89)90445-6, 1989.

- 6. Dachev, Ts.P., J.V.Semkova, Yu.N.Matviichuk, B.T. Tomov, R.T. Koleva, P.T. Baynov, V.M. Petrov, V.V. Shurshakov, Yu. Ivanov, Inner Magnetosphere Variations after Solar Proton Events. Observations on "Mir" Space Station In 1989-1994 Time Period, Adv. Space Reas., 22, 521-526, http://dx.doi.org/10.1016/S0273-1177(98)01073-4, 1998.
- 7. Dachev, Ts., Tomov, B., Matviichuk, Yu., Dimitrov Pl., Lemaire, J., Gregoire, Gh., Cyamukungu, M., Schmitz, H., Fujitaka, K., Uchihori, Y., Kitamura, H., Reitz, G., Beaujean, R., Petrov, V., Shurshakov V., Benghin, V., Spurny, F. Calibration results obtained with Liulin-4 type dosimeters, Adv. Space Res. 30, 917-925, doi:10.1016/S0273-1177(02)00411-8, 2002.
- 8. Dachev, T., Atwell, W. Semones, E.; Tomov, B., Reddell, B. ISS Observations of SAA radiation distribution by Liulin-E094 instrument on ISS, Adv. Space Res., 37, 1672-1677, doi:10.1016/j.asr.2006.01.001, 2006.
- Dachev, Ts., PI. Dimitrov, B. Tomov, Yu. Matviichuk, New Bulgarian Build Spectrometry-Dosimetry Instruments – Short Description, Proceedings of 11-th International Science Conference on Solar-Terrestrial Influences, pp 195-198, Sofia, November 23-25, http://www.stil.bas.bg/11conf/Proc/195-198.pdf, 2005.
- 10. Dachev, Ts.P., Tomov B.T., Matviichuk Yu.N., Dimitrov P.G., Bankov N.G. Relativistic Electrons High Doses at International Space Station and Foton M2/M3 Satellites, Adv. Space Res., 1433-1440, doi:10.1016/j.asr.2009.09.023, 2009.
- 11. D a c h e v , T s . P . , Characterization of near Earth radiation environment by Liulin type instruments, Adv. Space Res., 1441-1449, doi:10.1016/j.asr.2009.08.007, 2009.
- 12. Dachev, Ts., Horneck G., Häder D.-P., Lebert M., Richter P., Schuster M., Demets R. Time profile of cosmic radiation exposure during the EXPOSE-E mission: the R3D instrument. Journal of Astrobiology, 12, 5, 403-411, http://eea.spaceflight.esa.int/attachments/spacestations/ID501800a9c26c2.pdf, 2012a.
- 13. Dachev, Ts.P., Tomov B.T., Matviichuk Yu.N., Dimitrov PI.G., Bankov N.G., Reitz G., Horneck G., Häder D.-P., Lebert M., Schuster M. Relativistic Electron Fluxes and Dose Rate Variations during April-May 2010 Geomagnetic Disturbances in the R3DR Data on ISS. Adv. Space Res. 50, 282-292, http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2012.03.028, 2012b.
- 14. Dachev, Ts., Tomov B.T., Matviichuk Yu.N., Dimitrov PI.G., Bankov N.G., Reitz G., Horneck G., Häder D.-P., Lebert M., Richter P., Schuster M. Relativistic Electron Fluxes and Dose Rate Variations Observed on the International Space Station, (available online since 4 August 2012) in JASTP, http://dx.doi.org/10.1016/j.jastp.2012.07.007, 2012c.
- 15. D a c h e v , T s . Analysis of the space radiation doses obtained simultaneously at 2 different locations outside ISS. Adv. Space Res. paper ASR-D-13-00085, 2013. (under evaluation)
- 16. Damasso, M., Dachev Ts., Falzetta G., Giardi M.T., Rea G., Zanini A. The radiation environment observed by Liulin-Photo and R3D-B3 spectrum-dosimeters inside and outside Foton-M3 spacecraft, Radiation Measurements, V. 44, N0 3, 263-272, doi:10.1016/j.radmeas.2009.03.007, 2009.
- 17. Galperin, Yu.I., Ponamarev, Yu.N., Sinizin, V.M. Some Algorithms for Calculation of Geophysical Information Along the Orbit of Near Earth Satellites. Report No 544. Space Res. Inst., Moscow, 1980. (in Russian)
- 18. H e f f n e r , J ., Nuclear radiation and safety in space, M, Atomizdat, pp 115, 1971. (in Russian).
- Heynderickx, D., Lemaire, J. and Daly, E. J. Historical Review of the Different Procedures Used to Compute the L-Parameter. Radiation Measurements. 26, 325-331, 1996.
- M c I I w a i n , C . E . Coordinates for mapping the distribution of magnetically trapped particles. J. Geophys. Res., 66, 3681-3691, 1961.
- 21. M e w a l d t , R . A . Cosmic Rays, available online at http://www.srl.caltech.edu/personnel/dick/cos_encyc.html, 1996.
- 22. M u I I e n, E. G., Gussenhoven M.S., Ray K. and Violet M. A double-peaked inner radiation belt: cause and effect as seen on CRRES. IEEE Trans. Nucl. Sci. 38, 1713-1718, 1991.
- 23. NCRP. Radiation Protection Guidance for Activities in Low Earth Orbit. Report No. 142, Bethesda, MD, 2002.
- 24. Nealy, J. E., Cucinotta F. A., Wilson J. W., Badavi F. F., Zapp N., Dachev T., Tomov B. T., Semones E., Walker S.A., Angelis G. De, Blattnig S. R., Atwell W. Preengineering spaceflight validation of environmental models and the 2005 HZETRN simulation code. Adv. Space Res., 40, 11, 1593-1610, doi:10.1016/j.asr.2006.12.030, 2007.

- 25. Petrov, V.M., Makhmutov V.S., Shurshakov V.A., Panova N.A. and Dachev Ts. Space distribution of particle fluxes and absorbed dose rate in SAA region according to ""Mir"" spaces station measurements Isv. RAN, Phys. Ser. 57, 100-103, 1993. (in Russian)
- 26. Petrov, M.V., V.S. Machmutov, N.A.Panova, V.A. Shurshakov, Ts.P. Dachev, Ju.N.Matviichuk, J.V.Semkova, Peculiarities of the Solar Proton Events of October 19, 1989 and March 23, 1991 According to the Measurements On Board the "MIR" Space Station, Adv. Space Res., 14, 645-650, http://dx.doi.org/10.1016/0273-1177(94)90520-7, 1994.
- 27. Reitz, G., R. Beaujean, E. Benton, S. Burmeister, T. Dachev, S. Deme, M. Luszik-Bhadra, P. Olko, Space radiation measurements on-board ISS-The DOSMAP experiment, Radiat. Prot. Dosim. 116 (1-4), 374-379, 2005.
- 28. Shurshakov, V.A., S.L. Huston, Ts.P. Dachev, V.M. Petrov, Yu.V. Ivanov, J.V. Semkova, Direct comparison of transient radiation belt topology and dynamics in 1991 based on measurements onboard "Mir" Space Station and NOAA Satellite, Adv. Space Reas., vol. 22, No 4, pp. 527-531, 1998. http://dx.doi.org/10.1016/S0273-1177(98)01074-6
- 29. Shurshakov, V.A., V.M. Petrov, Makhmutov, and Tz.P. Dachev, New radiation belt dynamics according to measurements made by "LIULIN" dosimeterradiometer on board the ""MIR"" space station in 1991, Radiation Measurements. 26, No 3, 379-387, http://dx.doi.org/10.1016/1350-4487(96)00040-6,1996.
- 30. S i m p s o n , J.A., in: Shapiro M.M. (Ed.) (1983) Composition and origin of cosmic rays, NATO ASI Series C: Mathematical and Physical Sciences. Vol. 107, Reidel, Dordrecht.
- 31. Slaba, T.C., Blattnig S.R., Badavi F.F., Stoffle N.N., Rutledge R.DLee., K.T., Zapp E.N., Dachev T.P. and Tomov B.T. Statistical Validation of HZETRN as a Function of Vertical Cutoff Rigidity using ISS Measurements. Adv. Space Res., 47, 600-610, doi:10.1016/j.asr.2010.10.021, 2011.
- 32. S p u r n y , F . , T . D a c h e v , On Board Aircrew Dosimetry with a Semiconductor Spectrometer, Radiat. Prot. Dosim. 100, pp 525-528, 2002.
- 33. S p u r n y , F . , a n d T . P . D a c h e v , New results on radiation effects on human health, Acta geophysica, vol. 57, no. 1, pp. 125-140, 2009. DOI: 10.2478/s11600-008-0070-6
- 34. Wilson, J.W., Nealy J.E., Dachev T., Tomov B.T., Cucinotta F.A., Badavi F.F., Angelis G. De, Leutke N., Atwell W. Time serial analysis of the induced LEO environment within the ISS 6A. Adv. Space Res., 40, 11, 1562-1570, doi:10.1016/j.asr.2006.12.030, 2007.
- 35. Z a p p , NASA GSFC, by 'Coordinated Data Analysis Web' at Goddard Space Flight Center, http://cdaweb.gsfc.nasa.gov/tmp/, February, 2013.
- 36. Zheng, Y., Lui, A.T.Y., Li, X. and Fok, M.-C., Characteristics of 2–6 MeV electrons in the slot region and inner radiation belt, J. Geophys. Res., 111, A10204, doi:10.1029/2006JA011748, 2006.

BULGARIAN PARTICIPATION IN FUTURE INTERPLANETARY MISSIONS

Tsvetan Dachev¹, Jordanka Semkova¹, Borislav Tomov¹, Yury Matviichuk¹, Plamen Dimitrov¹, Nikolay Bankov¹, Rositsa Koleva¹, Lev Zelenyi², Igor Mitrofanov², Alexey Malakhov², Maxim Mokrousov², Vladislav Tretyakov², Vladislav Petrov³, Vyacheslav Shurshakov³, Victor Benghin³

¹Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: tdachev@bas.bg, btomov@bas.bg, ymat@bas.bg, pdimitrov1957@abv.bg, ngb43@abv.bg, jsemkova@stil.bas.bg, rkoleva@stil.bas.bg ²Space Research Institute – Russian Academy of Sciences e-mail: Izelenyi@iki.rssi.ru, imitrofa@space.ru malakhov@iki.rssi.ru, mokromax@iki.rssi.ru, vladtr@mx.iki.rssi.ru ³State Research Center Institute of Biomedical problems – Russian Academy of Sciences e-mail: petrov@imbp.ru, shurshakov@inbox.ru, v_benghin@mail.ru

Keywords: Space radiation, Space weather, Dosimetry, Spectrometry

Abstract: The paper is divided in 2 parts. The first part describes the past interplanetary experiments, which were developed in Bulgaria for the Mars-96/98, Chandrayaan-1 and Phobos-Grunt missions. The second part of the paper describes the following future interplanetary experiments: 1) The Liulin-L experiment, which will measure the radiation environment in the 3 axes of the Luna-Glob-Orbiter at 100 km distance from the Moon surface; 2) The particle telescope Liulin-MO, which will measure the radiation environment on the ExoMars-Orbiter around Mars in 2 perpendicular directions. The beginning of the missions is expected in 2016.

БЪЛГАРСКО УЧАСТИЕ В БЪДЕЩИ МЕЖДУПЛАНЕТНИ МИСИИ

Цветан Дачев¹, Йорданка Семкова¹, Борислав Томов¹, Юрий Матвийчук¹, Пламен Димитров¹, Николай Банков¹ Росица Колева¹, Лев Зелени², Игор Митрофанов², Алексей Малахов², Максим Мокроусов², Владислав Третьяков², Владислав Петров³, Вячеслав Шуршаков³, Виктор Бенгин³

¹Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките e-mail: tdachev@bas.bg, jsemkova@stil.bas.bg, btomov@bas.bg, ymat@bas.bg, pdimitrov1957@abv.bg, ngb43@abv.bg rkoleva@stil.bas.bg

²Институт за космически изследвания — Руска академия на науките e-mail: lzelenyi@iki.rssi.ru, imitrofa@space.ru malakhov@iki.rssi.ru, mokromax@iki.rssi.ru, vladtr@mx.iki.rssi.ru ³Държавен изследователски център, Институт за медико-биологически науки — Руска академия на

науките

e-mail: petrov@imbp.ru, shurshakov@inbox.ru, v_benghin@mail.ru

Ключови думи: Космическа радиация, Космическо време, Дозиметрия, Спектрометрия

Резюме: Статията е разделена на 2 части. Първата част описва междупланетните космически експерименти в миналото, в които са участвали български учени като спътниците Mars-96/98, Chandrayaan-1 и Phobos-Grunt. Втората част на статията е посветена на следните нови междупланетни космически експерименти: 1) Експериментът с прибора Liulin-L, който ще измерва радиационните условия по 3-те оси на спътника Luna-Glob-Orbiter на 100 km от лунната повърхност; 2) Телескопът за частици Liulin-MO, които ще измерва радиационните условия на спътника ExoMars-Orbiter около планетата Марс фв 2 перпендикулярни направления. Началото на двата експеримента с очаква през 2016 г.

1. Introduction

Deep space manned missions are already a near future of astronautics. Radiation risk on such a long-duration journey, the greater part of which takes place in interplanetary space, appears to be one of the basic factors in planning and designing the mission.

The radiation field in interplanetary space is complex, composed by GCR, solar energetic particles, and secondary radiation produced in the shielding materials of the spacecraft or the space suit and in the biological objects.

1.1 Galactic cosmic rays

The dominant radiation component in the interplanetary radiation environment is the GCR. which are not rays at all but charged particles that originate from sources beyond the Solar System. They are thought be accelerated at highly energetic sources like neutron stars and supernovae within our Galaxy. GCR are the most penetrating among the major types of ionizing radiation [1]. The flux and spectra of GCR particles show modulation, which anti-correlats with the solar activity. The distribution of GCR is believed to be isotropic throughout the interstellar and interplanetary space. The energies of GCR particles range from several tens up to 10¹² MeV/nucleon. The GCR spectrum consists of 98% protons and heavier ions (baryon component) and 2% electrons and positrons (lepton component). The baryon component is composed of 87% protons, 12% helium ions (alpha particles) and 1% heavy ions [2]. Highly energetic particles in the heavy ion component, typically referred to as high Z and energy (HZE) particles, play a particularly important role in space dosimetry [3] and affect strongly the biological objects and humans in space [4]. HZE particles, especially iron, possess high linear energy transfer (LET) and are highly penetrating, giving them a large potential for radiobiological damage [5]. The average dose rate in the interplanetary space measured by RADOM instrument on Chandrayaan-1 satellite [6] was 12.8 μ Gy h⁻¹.

From a radiation protection aspect the most important characteristic of CGR is that they are a

continuous source of radiation and far more penetrating than other types of radiation. The doses expected on an interplanetary mission are very large in comparison with the allowed dose to the general public of 0.005 Sv year⁻¹ (according to USA standards). The USA suggested radiation guidelines allow for astronauts a maximum annual dose of 0.5 Sv to the blood - forming organs (BFO) [7]. The Russian standards allow on manned space missions 0.665 Sv a year, but not more than 1.625 Sv per 3 years [8].

Calculation of the effects of radiation along a long-duration manned space mission requires three distinct procedures: i) Knowledge and modeling of the particle radiation environment; ii) Calculation of primary and secondary particle transport through shielding materials; and iii) Assessment of the biological effect of shield type and thickness [9]. the dose.



Fig. 1. Dose equivalent in BFO as function of

Estimations of the dose equivalent from GCR in blood - forming organs (BFO) as a function of the shield type and the thickness for solar minimum conditions are presented in Figure 1. [9]. Figure 1 shows: i) That behind relatively thin shielding the annual dose equivalent is larger than the annual limit by 0.5 Sv year⁻¹; ii) That the dose equivalent is a slowly decreasing function of the shield thickness. As pointed out in [9] the uncertainties and the possible inaccuracies involved in the calculations could result in a potential shield mass increase by up to a factor of 2. If the exposure is underestimated by a factor of 2, then the shield mass must be increased by an order of magnitude.

1.2 Solar energetic particles

Solar energetic particles (SEP) emitted and accelerated during solar flares are randomly distributed events, but they may deliver very high doses over short periods and that is why they could be associated with lethal equivalent doses in the interplanetary space. The SEP are mainly produced by solar flares, sudden sporadic eruptions of the chromosphere of the Sun. High fluxes of charged particles (mostly protons, some helium and heavier ions) with energies up to several GeV are emitted. The time profile of a typical SPE starts with a rapid exponential increase in flux, reaching a peak in minutes to hours. The energy emitted lies usually between 15 and 500 MeV nucleon¹ and the intensity can reach 10⁴ particle cm⁻² s⁻¹ sr⁻¹. The time period of the 100 MeV enhancements varies in 1 to 3 days. The most intense solar proton fluence observed was that on August, 1972 and October 1989. The flare containing the largest peak flux of highly penetrating particles was in February, 1956. On this basis the so-called worst-case flare is composed, which is thought to occur once a century, but statistics are extremely poor. Model calculations [10] give a dose rate of about 0.42 Sv h⁻¹ for a

standard solar proton event and up to 0.70 Sv h⁻¹ without shielding for the worst-case solar proton event. Under these estimations the necessity of effective shielding is more than evident.

Shielding against solar energetic particles is, at first glance, simpler than against GCR. However the benefit of less penetration of the flare particles because of their softer spectrum is offset to a large degree by their high intensity. In addition, solar energetic particles also produce secondaries, which build up in shielding materials. In particular the commonly used aluminum proves to be an insufficiently effective shielding material (see Figure 1).

Present calculations show that radiation doses expected on manned interplanetary missions can easily exceed the suggested allowed doses, but we must keep in mind that these estimations bear a lot of uncertainties. Present models of all three stages, involved in calculations, are far from precise. Therefore experimental measurements on unmanned missions like Luna-Glob and ExoMars are of a great importance for the future planning of manned mission in the interplanetary space and on the surface of Moon and Mars.

2. Historical overview of the past Bulgarian participations in interplanetary missions

The first participation of SRTI-BAS scientists in an interplanetary mission was in the Mars-96/98 interplanetary missions.

2.1 Mars-96/98 interplanetary missions

Scientists from SRTI-BAS participated in the Mars-96 interplanetary mission with the RADIUS-MD Liulin-1/2 solid state detectors (SSD) on the orbiter [11]. The Dose-M instrument for the ARIS spectrometer on the aerostat station's tethered guiderope was foreseen for the Mars-98 mission [11]. Because of the failed transfer to Mars orbit in 1996 the Mars-96 mission was not really performed and Mars-98 mission was cancelled. Never the less the necessary instruments were built and qualified for space. The RADIUS-MD instrument was mounted on the Mars-96 interplanetary probe. The experiments were planned to be realized at



Fig. 2. RADIUS-MD instrument external view.

three stages of the mission:- During the spacecraft's path to Mars (instrument RADIUS-MD);- On Mars's orbit (instrument RADIUS-MD);- On Mars's balloon's guiderope on the surface and in the atmosphere of Mars (instrument Dose-M - part of ARIS spectrometer).

Figure 2 presents the external view of the RADIUS-MD system, which contained one Electronic unit and one Liulin type SSD inside the spacecraft, a tissue-equivalent proportional counter (TEPC), and a second SSD outside the spacecraft. The Liulin type SSDs were similar to the detector unit of the LIULIN instrument [12].

The scientific cooperation involved in the RADIUS-MD experiment: i) From France- Life Science Division (LSD), RE/RS Division - CNES, Toulouse (Electronic unit and TEPC), - Institute of Protection and Nuclear Safety - CEA, Fontenay-Aux-Roses (Electronic unit and TEPC); ii) From Bulgaria – the former Solar-Terrestrial Influences Laboratory at the Bulgarian Academy of Sciences (2 SSDs); and iii) From Russia - Institute of Biomedical Problems, Moscow.

2.2 Chandrayaan-1 Moon satellite

Scientists from the former Solar-Terrestrial Influences Institute (now part of SRTI-BAS) participated with the RADOM instrument [13] in the first Indian lunar satellite - Chandrayaan-1. Except the baseline payloads developed manly by Indian scientists, the Indian Space Research Organization (ISRO) also offered the international scientific community the possibility to participate in the Chandrayaan-1 mission through an announcement of opportunity (AO) in the early 2004. The response was overwhelming and on the base of peer reviews several payloads that complemented and supplemented the basic objectives of the Chandrayaan-1 mission have been selected. Three payloads, SIR-2, C1XS and SARA, developed at the Max-Planck Institute, Lindau, Germany, Rutherford Appleton Laboratory, UK, and Swedish Institute of Space Physics respectively were provided by ESA. NASA provided Mini-SAR, developed by the Applied Physics Laboratory at John Hopkins University and NAWC, and the Moon Mineralogy Mapper, developed by the Brown University and the Jet Propulsion Laboratory. The RADOM instrument was provided by the Solar-Terrestrial Influences Institute (STIL) at the Bulgarian Academy of Sciences [14].

Chandrayaan-1 was launched on 22 October 2008 and injected into a 255 km x 22,860 km orbit. By five consecutive in the plane of the perigee maneuvers the satellite achieved the required 386,000 km apogee that placed it in a lunar transfer trajectory.

Chandrayaan-1 was placed into the lunar transfer trajectory on 3 November 2008 (13th day after launch) and a lunar orbit capture manoeuvre was carried out on 8 November (18th day after the launch). Figure 3 shows RADOM observations for about 3 days before the lunar orbit capture and about one day after it. It aims to present the interplanetary radiation conditions. More than 40000 measurements with a 10 s resolution were used for the figure. Figures 3b and 3c show the moving average over 200 points of measured particle flux and the absorbed dose rate respectively. Figure 3d shows the distance from the Moon (in km), while Figure 3a [6] shows the Oulu Neutron Monitor running average of the measured count rate per minute averaged over 10 minutes. The average dose rate from more than 33000 measurements in the altitudinal range between 308000-20000 km from the Moon is ~12.76



Fig. 3. RADOM observations during lunar transfer trajectory and lunar orbit capture. The altitude in panel (d) is from the Moon.

 μ Gy h⁻¹. The range of the real measured dose rates is between 3.3 and 41.3 μ Gy h⁻¹ with a standard deviation of 4.3 μ Gy h⁻¹. The average flux is 3.1 particles cm⁻² cm⁻² s⁻¹, while the real flux range is between 1.7 and 4.8 particles cm⁻² s⁻¹ with a standard deviation of 0.4 cm⁻² s⁻¹. Figures 3b and 3c don't show this real dynamics of the values because only the moving averages are plotted there. These values of the dose rate and flux may be used as reference values for the "interplanetary space" radiation conditions during the very low level of solar activity in the late 2008.

For the above mentioned altitudinal range the flux correlates with the Oulu NM count rate and respectively with the solar activity. Later on during the two closer approaches to the Moon at an altitude about 508 km the flux and the dose rate decrease because of the enhanced shielding of the cosmic rays by the Moon body itself. A closer look at Figure 3a reveals that the decrease in data during the second periselene crossing is deeper than the first one. This is mostly related with a local increase of the solar activity as evident from the simultaneous decrease of the Oulu NM count rate.

6

5

2.3 Phobos-Grunt mission

The Liulin-Phobos (abbreviated as Liulin-F) instrument [15] was developed during 2005-2011 for radiation research on the Russian Phobos - Soil sample return mission to the satellite of Mars - Phobos. The Liulin-F particle telescope was mounted on the Descent Module of the Phobos - Sample spacecraft. Because of the failed transfer to Mars orbit in 2011 the Phobos-Soil mission was not really performed. The main goal of the Liulin-F experiment was investigation of the radiation conditions and radiation doses in the heliosphere at distances of 1 to 1.5 AU from the Sun and in near-Mars space. That research was planned to be used for estimation of the radiation doses received by the components of a spacecraft and for assessment of the radiation risk to crewmembers of future exploratory flights.

The Liulin-F instrument contained two dosimetric telescopes arranged at two perpendicular directions. Every pair of telescopes consisted of two 300 µm thick Si PIN photodiodes, operating in a coincidence mode

-F of ed as tree 2 -F od 1 5 0 10 100 1000 1000 10000 10000 0 r Fig. 4. LET spectrum of Carbon ions with energy 400 MeV, obtained in D2 detector at

pair of telescopes consisted of two 300 μ m thick Si PIN photodiodes, operating in a coincidence mode to obtain LET. The entire Liulin-F instrument had a mass of 0.5 kg and consumed 2.4 W. The telemetry data rate was 250 kB day⁻¹.

The Liulin-F flight unit was calibrated with proton and heavy ion beams at the cyclotron and at the HIMAC accelerator at the National Institute of Radiological Sciences (NIRS), Japan in January - February 2009 [16]. The calibrations were performed in agreement with the Memorandum of Understanding on collaboration concerning development, calibration, space flight measurements and data analysis of the Liulin-F instrument onboard the Phobos-Soil mission, which was signed between STII-BAS, IBMP-RAS and the National Institute of Radiological Sciences (NIRS), Chiba, Japan.

As an example of the obtained results, Figure 4 shows the energy deposition spectrum in the D2 detector in a coincidence mode with D1 (LET spectrum) of Carbon ions with energy 400 MeV. The distribution was obtained in the low energy range of the detector, when the telescope's D1-D2 axis

was inclined at 0⁰ to the jon beam. The maximum of the LET distribution is in the 180 ADC channel and corresponds to 6426 keV, practically coinciding with the preliminary calculated value and confirming the correctness of the electronic calibrations.

3. Future Bulgarian participations in interplanetary missions

3.1 Luna-Glob mission

According to the recent presentation [17] and the statement of the Head of NPO "Lavochkin" - V. Khartov [18] there are 3 currently planned Russian lunar missions (see Figure 5): 2015, Luna-25 (Luna-Glob-Lander) with a minimal scientific payload which will develop the technology of polar soft landing and the study of Lunar South pole; 2016, Luna-26 (Luna-Glob-Orbiter) with a full range of scientific instruments and a long duration of the observations; 2017, Luna-27 (Luna-Resource-1), studies of the South Pole regolith and exosphere in cooperation with India.

SRTI-BAS expects to participate with an experiment named Liulin-L in the Luna-Glob-Orbiter mission in 2016. The Liulin-L instrument will contain 3 blocks looking in 3 perpendicular directions along the axes of the satellite. Every single block will be very similar Fig. 5. Currently planned Russian lunar investigationsto the RADOM instrument flown in 2008-2009 Schematic view [18]. on the Indian Moon satellite Chandrayaan -1

In Figure 6 the flight model of the RADOM instrument [6, 13] is presented as a sample of the

expected external view of the Liulin-L single block. The dimensions of the Liulin-L single block will be ~10x4x2 cm and weight ~90 g. The instrument will be very similar to: 1) The Liulin-E094 4 Mobile dosimetry units flown in 2001 on the American Destiny module of the International Space Station (ISS) [19, 20] in the frame of the European DosMap Project [20]; 2) The R3D-B2/B3 instruments flown on the Foton M2/M3 spacecraft in 2005/2007 [22, 23]; 3) The R3DE instrument which worked between February 2008 and September 2009 on the EuTEF platform of European Columbus module of ISS as part of the EXPOSE-E Facility; 4) R3DR instrument, which operated outside the Russian Zvezda module of ISS till August 2010 [24-26].

The solid state detector of the Liulin-L single block instrument will be situated in the left part of the unit below a cover of 1 mm aluminium (see Figure 6) as is denoted by the dashed quadrangle. At the right side of the unit will be the Canon-9M connector (or other space qualified Russian RS type connector(s), through which the instrument will be connected to the satellite power supply of 12 V DC and telemetry. According to the Exchange protocol between SRTI-BAS and The Scientific and research institute "Component" («НИИ «Компонент», Russia) this will be a standard RS-485 interface. The typical power consumption of the Liulin-L single block is expected to be less than 0.3 W. The solid state detector, including the thermo-vacuum shielding, will be behind ~ 0.45 g cm⁻² shielding from the front angle of 2π , which will allow direct hits on the detector by electrons with energies above

MeV [27]. 0.85 The allowed minimal proton energy will be 17.5 MeV [27]. On the rear 2π angle where the satellite will be, the shielding will be larger but not known exactly.

The Liulin-L single block instrument will contain: а Hamamatsu S2744-08



Fig. 7. Block-scheme of the Liulin-L single block spectrometer.

PIN diode with 2 cm² active area and 0.3 mm thickness; a low noise, hybrid, charge-sensitive





Fig. 6. Expected external view of the Liulin-L unit block. (It will be identical to the flight model of the RADOM instrument.

preamplifier (A225F type of AMPTEK inc.); a fast 12 channel Analog to Digital Converter (ADC); Discriminator; Buffer memory and 2 microcontrollers (see Figure 7).

The input measurement circuit in the left part of Figure 7 will be managed by the slave microcontroller through specially developed software. Pulse height analysis technique will be used for the measurement of the amplitude of each pulse in the detector. The master microcontroller will manage the whole activity of the spectrometer and the communication with the Luna-Glob spacecraft through RS-485 interface.

The main measurement unit in the spectrometer is the amplitude of the voltage pulse generated by particles or photons hitting the detector. The amplitude of the pulse is proportional to the energy loss in the detector by a factor of 240 mV MeV^{-1} and respectively to the dose and LET. The ADC digitizes the pulse amplitude with a 12 bit resolution, however only 8 bits are used to generate the 256 channel spectrums.

The following method for absorbed dose in the silicon detector calculation is used (by definition the dose D [Gy] is one Joule deposited in 1 kg):

$$D = K \sum_{i=1}^{255} i k_i A_i M D^{-1}$$

where MD is the mass of the detector in kg, k_i is the number of pulses in channel "i", A_i is the amplitude in volts of the pulses in channel "i", and K is a calibration coefficient. The term K.i.k_i.A_i is the deposited energy (energy loss) in Joules in channel "i". Summing over all 255 deposited dose values, gives the total energy deposited in the detector during one unit of exposure time, which is further divided by the mass of the detector to obtain the absorbed dose in silicon.

(1)

The calibrations revealed that except for charged energetic particles, the detector has high effectiveness toward gamma rays. The ADC and the slave microcontroller will generate 256 channel energy spectrums from the measured deposited energies for each measurement interval. The spectrum will be used for the calculation of the deposited dose and flux from primary and secondary particles. Also it will be used for the estimation of the flux and dose rates from different radiation sources as protons, electrons, neutrons, He+ and heavier ions [24, 28].

Very new investigations of the performance of the Hamamatsu S2744-08 PIN diodes (Liulin-L instruments will use these type of diodes) in fast neutron radiation field yield information that these detectors do have sensitivity to detect fast neutrons by "induced nuclear counter effect". In the paper of Zhang et al., 2011 [29] the effect is described as follows: "It is believed to be realized in a two-step process in the bulk silicon of these detectors. In the first step fast neutrons lose a fraction of their kinetic energy to nuclei through elastic neutron-nucleus collisions. In the second step the charged nuclei deposit their kinetic energies in detectors through ionization, which are converted into electron signals." The secondary neutrons in the interplanetary radiation environment through the fast neutron induced nuclear counter effect may contribute for the population with counts the whole energy range of the Liulin type spectrometers but they are well seen only above the threshold of 6.2 MeV deposited energy (channel number 78), which is equal to the stopping energy of impinging normally to the 0.3 mm detector protons. Except neutrons, long pathlength low-LET particles (protons), He⁺ and heavier ions may populate all channels between 78 and 255.

Our previous calibrations [28, 30-32] of Liulin type instruments by ²⁵²Cf, AmBe and AmF neutron sources and in CERN-EC reference field also show their sensitivity against neutrons but the "induced nuclear counter effect" in Hamamatsu PIN diodes and the investigations performed by Zhang et al., (2011) [29] explain it in doubtless way. Based on these calibrations a method for estimation of the contribution from different sources was developed.

According to the above described features of the Liulin-L single block spectrometer the following objectives of the experiment with the Liulin-L instrument on Luna-Glob-Orbiter were specified:

- Measurements of the space radiation doses and fluxes in the Earth magnetosphere and on the route to Moon. Mapping of the space radiation distribution at 100 km from the Moon surface. Evaluation of the shielding characteristics of the near Moon environment;
- Measurements of the dose contribution of relativistic electrons, protons, He+ ions and HZE particles in the dose composition;
- Estimation of the radiation doses received by the components of the spacecraft;
- Contributions to the verification of the radiation environment models and assessment of the radiation risk to the crewmembers of future exploratory missions



Fig. 8. MarsTrace Gas Mission-Orbiter.

to the Moon.

3.2 ExoMars mission

ExoMars is a joint investigation of Mars carried out by Roscosmos and ESA that has 2 launches foreseen, in 2016 and 2018. Planned for launch in 2016, its first element, the Trace Gas Orbiter (see Figure 8 http://exploration.esa.int/science-e-media/img/3d/ExoMars_Mission2016_410.jpg) will spend at least one Martian year orbiting the

planet [33]. The Fine Resolution Neutron Detector (FREND) instrument was proposed by Roscosmos and will measure thermal, epithermal and high energy neutrons with energies ranging up to 10 MeV, whose variations are an excellent signature of H bearing elements presence in the regolith at up to 1 meter depth [32].

The FREND's dosimeter module (specified as Liulin-MO particle telescope) is another important part of the system, providing measurements of the dose and the flux of charged particles every minute and measurements of the energy deposited and the linear energy transfer spectra every hour. This will provide information for the radiation environment on the orbit around Mars [33].



Fig. 9. Block-diagram of Liulin-MO charged particle telescope.

The Liulin-MO particle telescope is similar to the Liulin-F instrument developed for the Phobos-Grunt mission [15]. It contains two dosimetric telescopes - D1&D2, and D3&D4 arranged at two perpendicular directions. The block-diagram of the instrument is shown in Figure 9. Every pair of telescopes consists of two 300 µm thick, 20x10 mm area Si PIN photodiodes (Hamamatsu S2744-08

type), operating in a coincidence mode to obtain LET. The detectors, the charge-sensitive preamplifiers - shaping amplifiers CSA1-CSA4, and the voltage bias circuits are mounted in a separate volume inside the box of the Liulin-MO instrument and are connected to printed circuit boards that contain threshold discriminators, pulse height analysis circuits, coincidence circuits, and other circuitry, mounted in another separate volume. The last volume also contains a CPU board, including microprocessor, flash memory for data storage, timer, DC-DC converters, and an interface to the board telemetry/command system. The entire package has a mass of 0.5 kg and consumes less than 3 W (Figure 10).

The parameters, which will be provided by Liulin-MO are: Absorbed dose rate in the range 0.04×10^{-6} Gy h⁻¹-1 Gy h⁻¹; Particle flux in the range $0 - \ge 10^4$ particle cm⁻² sec⁻¹; Energy deposition spectra in the range 0.1-90 MeV; LET spectrum (in H₂O) in range 0.18-160 keV µm⁻¹; Quality factor Q = f(LET) and average quality Qav; Dose equivalents H = Qav x D. All above parameters will be measured by each of two dosimetric telescopes. In addition the instrument will provide the angular distribution of the charged particles in 3 sectors.

Fig. 10. FREND's dosemeter (Liulin-MO) will be similar to Liulin-F

4. Conclusions

Data obtained with the Bulgarian instruments in future interplanetary missions will contribute to the evaluation of the radiation environment in transit to Moon and Mars and in Moon and Mars orbits, validation of models for dose and flux assessment, estimation of the radiation doses received by the components of a spacecraft, assessment of the radiation risk to crewmembers of future exploratory flights and evaluation of the shielding requirements on future manned Moon and Mars mission.

5. Acknowledgements

This work is partially supported by the Bulgarian Academy of Sciences, Agreement between BAS and RAS on fundamental space research and contract DID 02/8 with the Bulgarian Science Fund.

References:

- 1. Mewaldt, R.A. Cosmic Rays, available online at http://www.srl.caltech.edu/personnel/dick/cos_encyc.html, 1996.
- 2. S i m p s o n , J . A . , in: Shapiro M.M. (Ed.) Composition and origin of cosmic rays, NATO ASI Series C: Mathematical and Physical Sciences. Vol. 107, Reidel, Dordrecht, 1983.
- 3. Benton, E. R. and Benton E. V. Space radiation dosimetry in low-Earth orbit and beyond, Nucl. Instrum. and Methods in Physics Research, B, 184, (1-2), 255-294, 2001.
- 4. H o r n e c k , G. HZE particle effects in space. Acta Astronautica, 32:749–755, 1994.
- Kim, M.-H.Y., Angelis, G.De., Cucinotta, F.A. Probabilistic assessment of radiation risk for astronauts in space missions. Acta Astronaut. 68 (7–8), 747–759. April– May 2011, 2010.
- Dachev, Ts. P., B. T. Tomov, Yu.N. Matviichuk, Pl.G. Dimitrov, Vadawale, S. V., J. N. Goswami, V. Girish, G. de Angelis, An overview of RADOM results for Earth and Moon Radiation Environment on Chandrayyan-1 Satellite, Adv. Space Res., 48, 5, 779-791, doi: 10.1016/j.asr.2011.05.009, 2011.
- 7. S i n c l e r , W . K ., Radiation protection standards in Space, Adv. Snace Res., 6, 335, 1986.
- 8. The limitation of cosmonauts exposure for the near Earth orbital flights (OOKOKP-2004) Methodical specifying MU 2.6.1. 44-03-2004 Moscow, Minzdrav, 2004.
- Wilson, J. W., L. W. Townsend, W. S. Schimmerling, G. S. Khandelwal, F. Khan, J. E. Nealy, F. A. Cucinotta, L. C. Simensen, J. L. Shinn, J. W. Norbury, Transport Methods and Interactions for Space Radiation, NASA Reference Publ. 1257, Chapter 11, p. 420, December, 1991.
- 10. Letaw, J. R. and S. Clerwater, Radiation Shielding Requirements on Longdurations Space Missions, SCC Revort 86-02, 21 July, 1986.
- 11. Semkova, J., Ts. Dachev, Yu. Matviichuk, R. Koleva, B. Tomov, P. Bajnov, V. Petrov, V. Nguyen, M. Siegrist, J. Chene, C. d'Uston, F. Cotin, Dosimetric investigation on MARS-96 missions, Adv. Space Res., V 14, No.10, 707-710, 1994. http://dx.doi.org/10.1016/0273-1177(94)90530-4
- 12. Dachev, Ts. P., Yu. N. Matviichuk, J. V. Semkova, R. T. Koleva, B. Boichev, P. Baynov, N. A. Kanchev, P. Lakov, Ya. J. Ivanov, P. T. Tomov, V. M. Petrov, V. I. Redko, V. I. Kojarinov, R. Tykva, Space radiation dosimetry with active detections for the scientific program of the second bulgarian cosmonaut on board the Mir space station, Adv. Space Res., 9, 10, 247-251, 1989. http://dx.doi.org/10.1016/0273-1177(89)90445-6
- 13. Dachev, Ts. P., B. T. Tomov, Yu.N. Matviichuk, PI.G. Dimitrov, F. Spurny, Monitoring Lunar radiation environment: RADOM instrument on Chandrayaan-1, Current Science, 96, 4, 544-546, 2009. ISSN: 0011-3891, 2009. http://www.ias.ac.in/currsci/feb252009/544.pdf
- 14. G o s w a m i , J . N . a n d M . A n n a d u r a i , Chandrayaan-1: India's first planetary science mission to the moon, Curr. Sci., 96, 486-491, 2009.
- 15. Semkova, J., Maltchev S., Tomov B, Matviichuk Yu., Dachev Ts., Koleva R., Benghin V., Chernykh I., Shurshakov V., Petrov V., Charged particle telescope Liulin-Phobos for radiation environment study during upcoming Phobos Sample Return Mission, Proceedings of the International Conference on Fundamental Space Research, Sunny Beach, Bulgaria, 23-28 September 2008, pp. 351 – 354, ISBN 978-954-322-316-9
- 16. Semkova, J., St. Maltchev, V. Benghin Y. Uchihori, N. Yasuda, H. Kitamura, Results of Liulin-F particle telescope pre-flight calibrations with protons and heavy ions Proceedings of Fundamental Space Research conference 2009, crp.211-214, http://www.stil.bas.bg/FSR2009/
- 17. Mitrofanov, I.G., L.M. Zelenyi and V.I. Tret'yakov, Upgraded Program of Russian Lunar Landers: Studying of Lunar Poles, Luner Exploration Analysis Group, NASA GSFC, October 22 – 24, 2012. http://www.lpi.usra.edu/meetings/leag2012/presentations/Mitrofanov.pdf
- 18. Хартов, Вл, (Генеральный директор НПО имени С.А.Лавочкина), «Надо уважать самих себя и если была цель доставить грунт с Фобоса — ее надо достичь», Космический дайджест, Февраль 2013, №7 (7), страница 118, 2013. http://ebull.ru/dl/digest-007.pdf
- 19. Dachev, Ts., Tomov, B., Matviichuk, Yu., Dimitrov Pl., Lemaire, J., Gregoire, Gh., Cyamukungu, M., Schmitz, H., Fujitaka, K., Uchihori, Y., Kitamura, H., Reitz, G., Beaujean, R., Petrov, V., Shurshakov

V., Benghin, V., Spurny, F. Calibration results obtained with Liulin-4 type dosimeters, Adv. Space Res. 30, 917-925, doi:10.1016/S0273-1177(02)00411-8, 2002.

- 20. Slaba, T.C., Blattnig S.R., Badavi F.F., Stoffle N.N., Rutledge R.DLee., K.T., Zapp E.N., Dachev T.P. and Tomov B.T. Statistical Validation of HZETRN as a Function of Vertical Cutoff Rigidity using ISS Measurements. Adv. Space Res., 47, 600-610, doi:10.1016/j.asr.2010.10.021, 2011.
- 21. Reitz, G., R. Beaujean, E. Benton, S. Burmeister, T. Dachev, S. Deme, M. Luszik-Bhadra, P. Olko, Space radiation measurements on-board ISS-The DOSMAP experiment, Radiat. Prot. Dosim. 116 (1-4), 374-379, 2005.
- 22. Damasso, M., Dachev Ts., Falzetta G., Giardi M.T., Rea G., Zanini A. The radiation environment observed by Liulin-Photo and R3D-B3 spectrum-dosimeters inside and outside Foton-M3 spacecraft, Radiation Measurements, V. 44, N0 3, 263-272, doi:10.1016/j.radmeas.2009.03.007, 2009.
- 23. Haeder, D. P., Richter, P., Schuster, M., Dachev, Ts., Tomov, B., Dimitrov, P., Matviichuk, Yu. R3D-B2 – Measurement of ionizing and solar radiation in open space in the BIOPAN 5 facility outside the FOTON M2 satellite. Adv. Space Res. 43 (8), 1200–1211, doi:10.1016/j.asr.2009.01.021, 2009.
- 24. D a c h e v, T s . P . , Characterization of near Earth radiation environment by Liulin type instruments, Adv. Space Res., 1441-1449, doi:10.1016/j.asr.2009.08.007, 2009.
- 25. Dachev, Ts.P., Tomov B.T., Matviichuk Yu.N., Dimitrov PI.G., Bankov N.G., Reitz G., Horneck G., Häder D.-P., Lebert M., Schuster M. Relativistic Electron Fluxes and Dose Rate Variations during April-May 2010 Geomagnetic Disturbances in the R3DR Data on ISS. Adv. Space Res. 50, 282-292, http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2012.03.028, 2012b.
- 26. D a c h e v , T s . , Analysis of the space radiation doses obtained simultaneously at 2 different locations outside ISS. Adv. Space Res. paper ASR-D-13-00085, 2013. (under evaluation)
- 27. Berger, M.J., Coursey, J.S., Zucker, M.A., and Chang, J. Stopping-Power and Range Tables for Electrons, Protons, and Helium Ions,. NIST Standard Reference Database 124. Available online at: http://physics.nist.gov/PhysRefData/Star/Text/contents.html, May 2012.
- 28. Dachev, Ts. P., F. Spurny, O. Ploc, Characterization of radiation environment by Liulin type spectrometers, Radiat. Prot. Dosimetry, 144, 680-683, 2011.
- 29. Z h a n g , L . , R . M a o , R e n Y u a n Z h u , Fast Neutron Induced Nuclear Counter Effect in Hamamatsu Silicon PIN Diodes and APDs, IEEE Transactions on Nuclear Science, 58, 1249 – 1256, 2011.
- 30. Spurny, F., T. Daschev, On Board Aircrew Dosimetry with a Semiconductor Spectrometer, Radiat. Prot. Dosim. 100, pp 525-528, 2002. http://rpd.oxfordjournals.org/cgi/content/abstract/100/1-4/525
- 31. S p u r n ý , F . , P I o c O . , D a c h e v , T . , On the Neutron Contribution to the Exposure Level onboard Space Vehicles, Radiat Prot Dosimetry, 126, 519 – 523, 2007. http://rpd.oxfordjournals.org/content/126/1-4/519
- 32. Uchihori, Y., H. Kitamura, K. Fujitaka, Ts.P. Dachev, B.T. Tomov, P.G. Dimitrov, Y. Matviichuk, Analysis of the calibration results obtained with Liulin-4J spectrometer-dosimeter on protons and heavy ions, Radiation Measurements, 35, 127-134, 2002. doi:10.1016/S1350-4487(01)00286-4
- 33. Malakhov, A., I. Mitrofanov, A. Sanin, M. Litvak, A. Kozyrev, V. Tretiyakov, M. Mokrousov, A. Vostrukhin, D. Golovin, F. Fedosov, S. Nikiforov, A. Konovalov, T. Tomilina, Y. Bobrovnitsky, A. Grebennikov, B. Bakhtin, and M. Loktionova, Fine Resolution Epithermal Neutron Detector (FREND) onboard ExoMars Trace Gas Orbiter. Geophysical Research Abstracts, Vol. 15, EGU2013-9055, 2013.

MAGNETOTAIL SIGNATURES OF SUBSTORMS ASSOCIATED WITH SHEATH AND CIR REGIONS IN THE SOLAR WIND

Irina Despirak¹, Andris Liubchich¹, Rositza Koleva²

¹Polar Geophysical Institute – Russian Academy of Sciences, Apatity, Murmansk region, Russia ²Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: despirak@gmail.com

Keywords: solar wind, magnetosphere, substorms

Abstract: It is well known that the various structures in the solar wind flow are either related to the solar corona structure or are created along solar wind propagation. Structures created while the solar wind propagates through the Solar system are the regions of compressed plasma at the fronts of recurrent solar wind streams (CIR) and magnetic clouds (Sheath). Auroral disturbances observed by Polar spacecraft during Sheath and CIR events had an unusual form. On one side these disturbances exhibited typical substorm signatures, but on the other side they had very large longitudinal dimensions and covered a very large area. To examine weather these disturbances represent substorms we considered data from the Geotail spacecraft in the magnetotail. Auroral bulge parameters were obtained by the UVI onboard Polar; solar wind parameters were taken from the OMNI data base. All auroral disturbances observed by Polar during Sheaths and CIRs for the periods 1997-1998; 2000; October 2001 and December 1996 were studied. We show that some signatures of a typical substorm were observed in the magnetotail, namely: 1) fast plasma flows associated with a reconnection process (tailward/earthward flows) 2) a sharp decrease of the total pressure following the interval of a pressure increase. This enables us to consider the auroral disturbances during the fronts of high-speed streams as substorm.

Introduction

Solar wind is not a uniform flow, various large-scale structures and streams exist within it [1]. The streams and structures in the solar wind could be two types: quasi-stationary and disturbed [2]. To the disturbed type belong the interplanetary manifestations of coronal mass ejections that can include magnetic clouds (MC) and EJECTA (or interplanetary coronal mass ejection). Disturbed structures are also structures generated in the interplanetary medium along solar wind propagation - compression regions in front of incoming fast recurrent streams (CIR) and magnetic clouds (Sheath) (e.g. [3], [4]). The disturbed solar wind structures – magnetic clouds (MC) and the compression regions in front of streams (Sheath and CIR), have a noticeable in magnitude and duration south component of the magnetic field (Bz<0) and could trigger geomagnetic storms [5]. The relationship between storm time substorms and isolated substorms is still an open question. Many researches find no differences between storm-time and nonstorm classical substorms, while others find substantial difference between them, e.g during storm-time substorms they observe lack of bulge, lack of bifurcation of aurora (e.g. [6]; [7]).

Recently we considered auroral bulge developments during 4 solar wind structures: magnetic clouds (MC), recurrent streams (RS), and regions of their interaction with undisturbed solar wind (Sheath and CIR) [8]. It was demonstrated that during the impact of compression regions Sheath and CIR peculiar auroral disturbances of large area and very large longitudinal and latitudinal dimensions are observed.



Fig. 1. Examples of auroral disturbances development by Polar UVI data during Sheath, 17 September 2000 (a) and during CIR, 28 February 1997 (b). On each auroral image the blue curve delimits the bulge region.

Although the auroral disturbances during Sheaths and CIRs have signatures of an auroral substorm development - localized onset and formation of the auroral bulge, a question arises if these disturbances are substorms. To answer this question we investigat magnetotail plasma dynamics in the course of the auroral bulge formation when the magnetosphere is driven by Sheaths and CIRs.

In the course of a substorm fast plasma flows in the magnetotail are observed and satellites in the near or middle tail can register a reversal of a tailward plasma flow to an earthward plasma flow. The observation of fast flow reversal by a spacecraft in the plasma sheet is a substorm signature - it indicates passage of the reconnection site around the spacecraft in the NENL model (e.g. [9]) as shown in Fig. 2, or passage of the current disruption region in the Current Disruption model (e.g. [10]).



Fig. 2. Schematic view of the situation when a satellite in the magnetotail observes a reversal of fast fowls. The region where tailward and earthward flows (shown by arrows) are generated is associated with the X-line. (Figure taken from [9])

During substorm growth phase, as a result of reconnection at the magnetopause magnetic flux is stored in the magnetotail lobes, and in the course of an auroral disturbances this flux is 'unloaded' down to the ionosphere. So the total pressure increase followed by a decrease observed during the substorm-related fast flows is one of the signatures of substorm development in the magnetotail.

Data used

The auroral disturbances are studied by Polar UVI data in the LBHL band (1600-1800Å); Geotail plasma measurements by LEP instrument, and magnetic field measurements by MGF instrument; the solar wind and interplanetary magnetic field parameters measured by Wind spacecraft were taken from OMNI database.

The events were selected using the following criteria:

1) The auroral disturbances should be observed by the UVI onboard Polar;

2) The auroral disturbances should be observed during Sheath, CIR, MC or RS solar wind structures;

3) The meridian of the Geotail footprint should cross the auroral bulge;

4) Geotail should be in the night plasma sheet. The criterion $\beta > 0.1$ (β is the ratio of kinetic plasma pressure to magnetic pressure) and eye inspection of ion and electron spectra are applied for the plasma sheet identification

All auroral disturbances observed by Polar during Sheaths and CIRs for the periods 1997-1998; 2000; October 2001 and December 1996 were studied, 8 events when Geotail was in the plasma sheet during the auroral bulge formation connected to Sheath and CIR impact were selected. We present two of them.

Results

1) Auroral disturbances during CIR - 29 March 1997

A recurrent stream reached the Earth at about 16 UT on 29 March and passed away at about 04 UT on 31 March 1997 (as deduced from Wind data). The CIR was registered from about 06 UT to 16 UT. Substorm was observed at 14:37 UT.

The blue line on (a) delimits the intervals of CIR and RS, the interval of the recurrent stream is marked by blue crosshatched regions. The recurrent stream reached the Earth at about 16 UT on 29 March and passed away at about 04 UT on 31 March 1997. In front of the recurrent stream there is region of interaction with slower streams (CIR). These are regions with magnetic field and plasma compression. The CIR was registered about from 06 UT to 16 UT on 29 March. Vertical blue lines and red crosshatched regions show the times of CIR.

Substorm is observed during the CIR at 14:37 UT, the black solid lines show the onset time of the substorms registered by Polar satellite. The blue curve delimits the bulge region on each auroral image in (b). The onset latitude L_0 of the bulge was 63.3° CGLAT; the maximum latitude L_m - 79° CGLAT; the latitudinal size L_{lat} ~16.3° CGLAT, the longitudinal size L_{long} ~ 98° CGLAT, the ratio between the longitudinal and the latitudinal sizes L_{lat}/Ll_{ong} was equal to ~ 6.01. Keograms on bottom panel of (b) demonstrate the clear poleward expansion of the bulge.

Geotail data for the period 13 - 16 UT on 29 March 1997 are presented in (c). On 29 March 1997 at ~ 05:00 UT Geotail crossed the evening flank magnetopause and proceeded trough the plasma sheet (PS) towards north. In the depicted in Fig. 3c Geotail was in the southern neutral sheet at GSM [-20.9, 14.6, 2.1] and at 13:30 moved to the northern PS, heading to the northern lobe. At 14:31 the s/c suddenly jumped to the southern PS, total pressure increased, which possibly is connected with a thinning of the PS. The satellite started registering fast tailward plasma flows about 14:40 UT, a flow reversal took place at ~ 14:41 UT and maximum of earthward flow is observed at 14:49 UT. The flow reversal is associated with a decrease of the total (magnetic plus plasma) pressure.



Fig. 3. Auroral disturbances during CIR - 29 March 1997

2) Auroral disturbances during SHEATH event - 10 October 1997

A magnetic cloud arrived at ~ 23:8 UT on 10 October and passed away at ~ 01 UT on 12 October 1997 (as deduced from Wind data). The Sheath was registered about from 16 UT to 23:8 UT. Substorm was observed at 21:39 UT. The format of Figure 4 is the same as that of Figure 3, the red crosshatched region in (4a) shows the time of the Sheath. On the top panel (4b), the auroral bulge development from 21:37 to 22:36 UT according to Polar UVI data is shown. The onset latitude L_0 of the bulge was 55.7° CGLAT; the maximum latitude L_m - 73.7° CGLAT; the latitudinal size L_{lat} ~ 16°CGLAT, the longitudinal size L_{long} ~ 110° CGLAT, the ratio between the longitudinal and the latitudinal sizes L_{lat}/Ll_{ong} was equal to ~ 6.9.



Fig. 4. Auroral disturbances during SHEATH event - 10 October 1997

Geotail data for the period 21-24 UT are shown on panel 4c. On 10 October 1997 Geotail encountered the night southern plasma sheet at ~11:30 UT near the Earth, and proceeded tailward and northwards. The coming of the Sheath produced at 16:12 a strong increase of the magnetic field and density in the plasma sheet. During the interval depicted in Fig. 4c Geotail was at GSM ~ [-13 - 14, -1 -5, -0.4 0]. A fast tailward flow is registered with a maximum at 21:52 UT, a flow reversal – at 21:59 and earthward flows with a maximum at 22:03; a decrease in the total (magnetic plus plasma) pressure near the reversal is observed.

Discussion

In both cases presented here, Geotail in the magnetotail registered a reversal of a tailward plasma flow to an earthward plasma flow. The observation of oppositely directed flows is interpreted as tailward movement of the reconnection site ([11], [12]), the tailward flow being inside a plasmoid. In the near-Earth initiation scenario oppositely directed flows are also observed, but not organized by the magnetic field; their generation evoked by current disruption (CD), the region of current disruption and dipolarization proceeds progressively down the magnetotail (e.g. [10]). The earthward flow is observed in the depolarized region, the tailward flow – tailward of the CD region. So the observation of fast flow reversal by a spacecraft in the plasma sheet is a substorm signature - it indicates passage of the reconnection site around the spacecraft in the NENL model (e.g. [9]) or passage of the current disruption region in the CD model.

In the magnetotail at Geotail location a sharp decrease of the total pressure following the interval of pressure increase was observed. The total pressure decrease is associated with the time of plasma flow direction change. From the pressure balance condition, which is suggested to held across the plasma sheet and tail lobe boundary, the total pressure in the plasma sheet must be equal to the lobe magnetic pressure. The decrease below the lobe magnetic pressure characterizes that part of the magnetic energy stored in the tail, which dissipates during the substorm. As is well known during substorm growth phase, as a result of reconnection at the magnetopause magnetic flux is stored in the magnetotail lobes, the volume of the flux stored depending on solar wind parameters and interplanetary magnetic field (e.g. [13]). During auroral disturbances this flux is 'unloaded' down to the

ionosphere. However it is possible that during a substorm not all the stored flux but only a part of it is dissipated in the ionosphere. The area of the auroral bulge could be a measure of the dissipated magnetic flux [14], [15]. So the total pressure increase followed by a decrease observed during the substorm-related fast flows is one of the signatures of substorm development in the magnetotail.

Conclusions

In all eight cases we have analyzed, in the course of auroral disturbances development in the ionosphere during Sheath and CIR, in the magnetotail typical substorm signatures are observed:

- fast plasma flows associated with the reconnection process (tailward/earthward flows)
- a sharp decrease of the total pressure following the interval of pressure increase.

This enables us to consider the auroral disturbances during Sheath and CIR as substorms.

Acknowledgements. The paper was supported by the RFBR Grants 12-05-01030 and Program No 22 of the Presidium of the Russian Academy of Sciences (RAS) "Fundamental problems of the Solar system exploration". The work was also partially supported by grant DID 02/8 from the Bulgarian National Science Fund. The study is part of a joint Russian - Bulgarian Project "The influence of solar activity and solar wind streams on the magnetospheric disturbances, particle precipitations and auroral emissions" of PGI RAS and IKIT-BAS under the Fundamental Space Research Program between RAS and BAS.

References:

- 1. Pudovkin, M.I., Solar wind, Soros Educational Journal, 12, pp. 87-94, 1996.
- Yermolaev, Yu.I., N.S.Nikolaeva, I.G. Lodkina, M.Yu. Yermolaev, Catalog of Large-Scale Solar Wind Phenomena during 1976-2000, Kosmicheskie Issledovaniya, 47, pp. 99-113, 2009.
- 3. Klein, L.W., L.F. Burlaga, Interpalnatary magnetic clouds at 1 AU, Journal of Geophysical Research, 87, pp. 613-624, 1982.
- 4. Balogh, A., J.T. Gosling, J.R. Jokipii, R.Kallenbach, H.Kunow, Corotating interaction region. Space Science Reviews, 89, pp. 141-411, 1999.
- 5. Yermolaev, Yu.I., N.S.Nikolaeva, I.G. Lodkina, M.Yu. Yermolaev, Relative occurrence rate and geoeffectiveness of large-scale types of the solar wind, Kosmicheskie Issledovaniya, 48, pp. 3–32, 2010.
- McPherron, R.L., Hsu, T.-S., 2002. A comparison of substorms occurring during magnetic storms with those occurring during quiet times. Journal of Geophysical Research 107, 1259, doi:10.1029/2001JA002008.
- Hoffman, R.A., J.W.Gjerloev, L.A. Frank, J.W. Sigwarth, Are there optical differences between storm-time substorms and isolated substorms? Annales Geophysicae, 28, pp. 1183-1198, 2010.
- Despirak, I.V., A.A. Lubchich, A.G. Yahnin, B.V Kozelov, H.K. Biernat, Development of substorm bulges during different solar wind structures, Annales Geophysicae, 27, pp. 1951-1960, 2009.
- 9. Yahnin, A.G., I.V. Despirak, A.A. Lubchich, B.V. Kozelov, N.P. Dmitrieva, M.A. Shukhtina, H.K. Biernat, Indirect mapping of the source of the oppositely directed fast plasma flows in the plasma sheet onto the auroral display. Annales Geophysicae 24, pp. 679-687, 2006a.
- Lui, A. T. Y., A. Zheng, H. Reme, M.V. Dunlop, G. Gustafsson, Evaluation of substorm models with Cluster observations of plasma flow reversal in the magnetotail, Advances in Space Research, 41, pp. 1611–1618, 2008.
- 11. Hones, Jr., E. W., Transient phenomena in the magnetotail and their relation to substorms, Space Science Reviews, 16, pp. 617–410, 1979.
- Runov, A.,R. Nakamura,W. Baumjohann, R.A. Treumann,T.L. Zhang,M. Volwerk, Z. Vörös,A. Balogh, K.-H. Glaßmeier, B. Klecker, H. Rème, L. Kistler, Current sheet structure near magnetic X-line observed by Cluster, Geophysical Research Letters, 30, 1579, doi: 10.1029/2002GL016730, 2003.
- Shukhtina, M.A., N.P. Dmitrieva, N.G.Popova, V.A. Sergeev, A.G. Yahnin, A.G., I.V. Despirak, Observational evidence of the loading-unloading substorm scheme, Geophysical Research Letters, 32, LI7107, doi:10.1029/2005GL023779, 2005.
- 14. Miyashita, Y., S. Machida, K. Liou, T. Mukai, Y. Saito, C.-I. Meng, G.K. Parks, Relationship between magnetotail variations and auroral activities during substorms, Journal of Geophysical Research, 108, 1022, doi:10.1029/2001JA009175, 2003.
- 15. Yahnin, A.G., I.V. Despirak, A.A. Lubchich, B.V. Kozelov, N.P. Dmitrieva, M.A.Shukhtina, H.K. Biernat, Relationship between substorm auroras and processes in the near-earth magnetotail, Space Science Reviews, 122, pp. 97-106, 2006b.

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 Максутов-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 изледвана 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 околозенитната област.

Пробни магнитометрични наблюдения също бяха проведени за изследване на възможни измнения 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 magnitometric 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: $\phi = 16^{\circ}29'45.6''$ 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 стуктури 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).
- Спектрометрично 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 - µMeter.
- Фотометрия на осветеността на небето с фотометър LUX Pu 150.
- Определяне на динамиката на основните микрометеорологични параметри на 2метровия 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 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 й 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 Кр=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 Кр=4). За последните няколко години това е вторият случай, когато затъмнението на съънцето 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 околозенитната 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).





Реакция на приземния атмосферен слой

Определена е динамиката на основните микрометеорологични параметри на 2метровия 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 посилно 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 Максутов – Касагрен, с фокален редуктор Х2. 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.

Заключение

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 Максутов-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 околозенитната 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. Shopov, Y. Y., D. A. Stoykova, K. Stoitchkova, L.T. Tsankov, A. Tanev, Kl. Burin, St. Belchev, V. Rusanov, D. Ivanov, A.Stoev, P. Muglova, I. Iliev, 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.tesis.lebedev.ru/

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ИЗМЕНЕНИЯТА В ГЕОМАГНИТНАТА АКТИВНОСТ НА ТЕРИТОРИЯТА НА ДРЕВНИ СКАЛНИ СВЕТИЛИЩА

Алексей Стоев, Пенка Мъглова, Боян Бенев

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

Ключови думи: Земно магнитно поле, мобилен магнитометър, древни скални светилища

Резюме: Дискутирани са основните научни резултати от геофизичните изследвания на древни скални светилища, свързани основно с определянето на градиента на магнитното поле в структурата на паметника. Специално е конструиран мобилен магнитометър за измерване на земното магнитно поле в тримерното пространство. Анализът на резултатите от прецизните магнитометрични измервания на повърхността и в пространството показват устойчиви във времето и пространството аномалии в хоризонталния и вертикален градиент на магнитната индукция.

Изследванията показват, че на определен етап от развитието на Цивилизацията тези паметници са служили за култови цели. Развитието на мегалитите като култови центрове, светилища и свещени територии показва, че древният човек ги е познавал като места с различна геомагнитна активност. Направен е опит за интерпретация на тези обекти като специално организирани култови места, използвани по време на лечебни практики, провеждани от специално подготвени хора. Тези практики са оцелели през вековете и са достигнали до нас като лечение чрез провиране през скални арки. Такива комплекси наричаме "живи светилища".

INVESTIGATION OF THE VARIATIONS OF GEOMAGNETIC ACTIVITY ON THE TERRITORY OF ANCIENT ROCK SANCTUARIES

Alexey Stoev, Penka Maglova, Boyan Benev

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

Keywords: Earth's magnetic field, mobile magnetometer, ancient rock sanctuaries

Abstract: Basic scientific results from geophysical investigations of ancient rock sanctuaries, connected mainly with determining of the magnetic field gradient in the local structure of the monument are discussed. A mobile magnetometer is specially designed to measute the Earth's magnetic field in the 3-dimentional space. Analysis of the results from precise magnitometric surface and space measurements shows steady in time and space anomalies in the horizontal and vertical gradient of magnetic induction.

Investigations show that on a certain stage of Civilization development these monuments turned out to serve for cult purposes. Progress of the megaliths as cult centres, sanctuaries and sacred territories demonstrate that ancient man had known them as differentiated locations of geomagnetic activity. An attempt is made for interpreting these objects as special installations and cult sites used during the healing practices of prepared specialists. This practice survived through centuries and reached up to present as healing by sqeezing through rock archs. Such complexes we call "live sanctuaries".

Въведение

Мегалитните светилища са сред най-консервативните представители на древните етнически общества. Най-общо те са датирани към IV - I хилядолетие пр. н.е. и техният разцвет се свързва със VII - I век пр.н.е.

Доста трудно се изследват мегалитни светилища поради отсъствието на писмени източници, неуточнените характеристики на материалните следи, намерени там и промените на земната повърхност като резултат от естествените еволюционни процеси на скално изветряне.

Археологическите данни показват, че светилищата, техният строеж и използване имат главно интелектуално, култово и религиозно значение. Данните от археологическите разкопки ни позволяват да определим характера на тези паметници, функциониращи като светилища, където са практикувани различни ритуални дейности [1].

Мегалитните светилища са били уникално явление за тези цивилизации – материален израз на сложната ритуална система, естествено добавена към тяхната философска доктрина [2].

В тази работа ние разглеждаме измененията в геомагнитната активност на територията на древни скални светилища в Западните Родопи - "Цареви порти" и "Скрибина" - и тяхната роля в култовите практики.

Магнитни полета

Ние - хората живеем на планета с относително силно магнитно поле, което взаимодейства със слънчевия вятър. Земята е естественият източник на земното магнитно поле и то се нарича "геомагнитно поле" (ГМП). Според съвременните теории, основната причина за съществуването на геомагнитното поле са вихровите токове в течното ядро на Земята.

Наред с това, за формирането на пълното ГМП определено значение имат и външните причини, главно електрични токове в йоносферата и в околоземното космическо пространство, предизвикани от слънчевия вятър. Те обуславят променливостта на ГМП.

Големината на ГМП не е постоянна. Съществуват различни вариации на ГМП. В някои случаи те имат плавна промяна (т. н. магнитоспокойни дни), а в други – хаотична, при което амплитудите, фазите и периодите на колебания рязко и непрекъснато се променят (т. н. магнитоактивни дни).

Периодичните вариации на ГМП можем да разделим на:

- а) слънчеводенонощни;
- б) лунноденонощни;
- в) геомагнитни пулсации.

Резките спорадични промени на ГМП, обусловени от особено мощни слънчеви явления

(хромосферни взривове, ерупции), се наричат магнитни бури. По характера на разпространението си те се делят на синфазни, локални и перманентни. Синфазните бури възникват едновременно по цялата земна повърхност и затова протичат в една фаза. Магнитните бури, които се появяват в определено ограничено пространство, се наричат локални. Перманентните бури са характерни за районите на геомагнитните полюси. Появата на магнитните бури корелира не само с конкретни мощни слънчеви явления, но и динамиката на слънчевата активност. Приема се, че слънчевата активност влияе на земните процеси и явления (включително и на биологичните) именно чрез обусловените от нея геомагнитни вариации.

По интензитет магнитните полета се класифицират като слаби – с магнитна индукция до 0,01 Т; средни 0,01–1 Т; силни 1–10 Т и свръхсилни над 10 Т.

Влияние на земното магнитно поле върху човека

Геомагнитното поле е еволюционен, постоянно действащ фактор на жизнената среда на човека. ГМП е основен «проводник» на слънчевата дейност, който влияе на земните процеси и явления, включително и на биологичните.

Органите и системите реагират по различен начин на външно магнитно поле. Избирателността в реакциите зависи от електрическите и магнитни свойства на съответната тъкан, различията в микроциркулацията, интензивността на метаболизма и състоянието на нервомоторната динамика. Установено е, че основен "приемник" на магнитното влияние е мозъкът на човека, но то влияе и върху нервната система, сърдечно-съдовата система, морфологичния състав и хематологичните показатели на кръвта, ендокринната система, обмяната на веществата и терморегулацията.

Понякога, магнитното поле съществено се отличава от нормалното естетствено поле (35,5–39,8 A/m) и тогава то се нарича аномално. Магнитнометричните измервания показват, че магнитните аномалии са обикновено явление. При тях интензивността на полето превишава до 10% стойността за дадена географска ширина. Към аномалното ГМП се отнася и отслабеното магнитно поле (ОМП) с напрегнатост, по-малка от земния геомагнитен фон.

Основните механизми за обясняване на психофизиологичните ефекти при действие на ГМП могат да се сведат до:

1) взаимодействие на ГМП със свободните радикали в човешкия организъм;

2) промени в скоростта или механизма на дифузия през клетъчната мембрана;

3) възникване на полупроводникови ефекти в молекулата на ДНК и на белтъците;

4) изменение на валентните ъгли на връзките в парамагнитните молекули.

Според Gordon [3] под влияние на ГМП в живите организми могат да възникнат три основни физични ефекта:

1) магнитно и хидродинамично забавяне на циркулацията на кръвта и другите течности;

2) еластични вибрации на нервите и мускулните влакна при преминаване на биоелектрични импулси, които забавят скоростта на самите импулси;

3) ориентационни и концентрационни промени на биологично активните макромолекули във физиологичните разтвори, което се отразява на кинетиката на биохимичните реакции и на фругите физико-химични процеси в човешкия организъм.

От друга страна, човекът и всички живи организми притежават собствени магнитни полета (биополета). Благодарение на тях стана възможно създаването на сравнително нови методи на магнитокардиография и магнитоенцефалография.

Знаем, че индукцията на ГМП е 10⁻⁴–10⁻⁵ Т, а вариациите му са 10-¹⁰–10⁻¹¹ Т. От друга страна, магнитното поле на мозъка на човека е с индукция 10⁻¹⁰–10⁻¹² Т, а на сърцето и мускулната тъкан - 10⁻¹⁰–10⁻¹¹ Т. Вижда се, че магнитните полета са съизмерими по интензивност и може да се допусне, че при взаимодействие с външно магнитно поле вероятно се променят електричните и магнитните параметри на организма.

Интензивността на магнитното поле може да се измери с помощта на различни технологии. Всяко устройство има уникални свойства, които го правят по-подходящо за специфични приложения. Тези приложения варират от прости наблюдения за присъствие на магнитно поле до търсене на промяна в прецизните измервания на свойствата на скаларното и векторно магнитно поле.



Цифров USB 3D Магнитометър

Фиг. 1. µМеter – цифров 3D магнитометър, който измерва едновременно големината и посоката на интензивността на магнитното поле по трите оси x, y, z

За нуждите от измерване на слаби магнитни полета в лабораторни и в полеви условия е разработен компактен и изключително лесен за ползване преносим магнитометър – Фиг. 1. µМеter е цифров 3D магнитометър, измерващ големината и посоката на магнитния вектор едновременно по трите оси х, у, z. Базиран е на интегралната схема HMC5883L на фирмата Honeywell International Inc. [4]. Устройството комуникира с персоналния компютър посредством USB 2.0 интерфейс като получава команди и изпраща получените от измерването данни, които се визуализират на екрана на компютъра и се записват на твърдия диск за по-нататъшна обработка и съхранение.



Фиг. 2. Главната програма на µMeter

От програмата се задават параметрите на работата на магнитометъра като обхват, режим на усредняване, единично или непрекъснато измерване. Получените данни се визуализират числено и графично в реално време. Програмата позволява готовите данни да бъдат записани в стандартен текстови файл в посочено от ползвателя място на твърдия диск.

Измереното магнитно поле е функция на ваимодействието на ГМП и магнитните свойства на повърхностния и по-дълбок слой на масива в който е развито скалното светилище [5]. Магнитните измервания на терен са направени по шест профила с такава плътност, която да осигури непрекъснатост на данните с цел откриване на локални геомагнитните аномалии. Съставянето на графики по система от профили дава възможност за получаване на обемна представа за особеностите в морфологията на магнитното поле в локалната структура на изследваните обекти. Поради слабата контрастност на измерените стойности е целесъобразно да се представят данните за магнитното поле във вид на успоредни профили посредством графики.

Геомагнитни ефекти в скалните арки на мегалитни светилища

Проведени са пробни измервания на верикалния и хоризонтален градиент на магнитната индукция на повърхността и в обема на мегалитни скални арки с помощта на специално разработения магнитометър за слаби магнитни полета - µMeter.



"Цареви порти"

Фиг. 3. Скалната арка на мегалитното светилище "Цареви порти"

Скалният комплекс на мегалитното светилище "Цареви порти" се намира близо до село Ковачевица, община Гърмен (Фиг. 3). Скалната арка е изсечена високо в планината, в

естествената скала. Намерено е голямо количество следи от култова дейност на земята, на юг. Намерена е и фрагментирана керамика в пещера, която се намира под скалнта арка.

Ясно е, че култовите дейности са концентрирани в два главни центъра – съответно в позиция "горе" и "долу, под" подобно на по-голямата част от изследваните мегалитни светилища в региона. В структурен и семантичен смисъл това са позициите, свързани с космоса и подземния свят [6].

Измерванията при светилището "Цареви порти" показва, че зоната на максимален градиент на локалното магнитно поле е в обема на главния отвор на скалната арка.

"Скрибина"

Светилището "Скрибина" близо до село Крибул, община Гоце Делчев е интересно като структура и е известно с наследените традиционни ритуални практики. Територията му не е богата на археологически находки и скални изсичания – има само няколко малки кръгли вкопавания и фрагментирана древна керамика. Арката е високо в естествената скала. Като цяло, мястото се намира в дъбова горичка, осеяна с изоставени дрехи на хора, дошли да се лекуват като преминават през отвора на арката [7]. Арката се достига посредством дървена стълба обсипана с червени конци, изпозвани за измерване височината на болните хора (Фиг. 4). В ритуала, представен от възрастна жена от селото е включен и огънят. След провиране през арката, жената прави кръг от конеца около краката на човека и го запалва. Излекуваният човек оставя своите стари дрехи (своята стара болна същност) като плаща с дребни монети, които оставя на земята, след като е преминал през арката.



Фиг. 4. Измерване интензивността на локалното магнитно поле с магнитометъра µMeter



Фиг. 5. Определяне на изолиниите на локалното магнитно поле на територията на светилище "Скрибина"



Фиг. 6. Вертикални измервания на магнитното поле с магнитометъра µМеter при светилището "Скрибина" – от долната част до скалната арка

Анализът на резултатите от прецизните магнитометрични измервания на повърхността и в обема на мегалитните паметници показва аномални зони с вертикален и хоризонтален градиент на магнитната индукция, стабилен във времетио и пространството.

Зоната на максимален градиент на локалното магнитно поле е в обема на главния отвор на трилита – скалната арка.

Заключение

Изследванията показват, че в определен етап на развитие на цивилизацията някои естествени или допълнително оформени скални образувания се превръщат в мегалитни структури с култово предназначение.

Тези обекти се интерпретират като специализирани съоражения и места за поклонение и лечебни практики.Знанието се е предавало през вековете. Лечебните арки все още се знаят, има и лечители, научили ритуалите от своите прадеди. Ето защо такива комплекси ние наричаме "живи светилища".

Анализът на резултатите от прецизните магнитометрични измервания на повърхността и в обема на мегалитните паметници показва аномални зони с вертикален и хоризонтален градиент на магнитната индукция, стабилен във времето и пространството.

Развиването на мегалитите като култови центрове, светилища и свещени територии показва, че древните хора са ги различавали като места с геомагнитна активност и са ги използвали за ритуални и лечебни практики.

Литератира:

- 1. P o t y o m k i n a, T. 2001. Eneolithic Circle Sanctuaries Beyond the Ural Mountains in the System of Steppic Euro-Asia Similar Cultures and Patterns (in Russian). In *Worldview of the Ancient Euro-Asian Population*, 166-256, Institute of Archaeology, RAN, TOO "Stary Sad" Moscow.
- 2. N a y d e n o v a, V. 1986. The Rocky Sanctuaries in Thracia, (in Bulgarian), In Settlement Life in Thracia: Proc. of the 2ndSymposium, 15-29. Yambol.
- 3. Gordon, A., Vugmeister B. E., Rabitz H., Dorfman S., Felsteiner J., Wyder P., 1999. A ferroelectric model for the generation and propagation of an action potential and its magnetic field stimulation. *Ferroelectrics* Volume **220**, Issue 1, p 291-304.
- 4. Honeywell, 2010. HMC5883L Datasheet, http://www.honeywell.com/.
- 5. Caruso, Michael J., TamaraBratland, Dr. Carl H. Smith and Robert Schneider, 1998. A New Perspective on Magnetic Field Sensing, Sensors, December 1, http://www.sensorsmag.com/.
- 6. M a g l o v a (S t o e v a), P., S t o e v A., S t o e v a M., S t e f a n o v P., 2010. Space orientation of triliths and rock arcks from the West Rhodopes: archaeoastronomical interpretation, (in Bulgarian). *Limits of Culturology*, UI "Neofit Rilski", Blagoevgrad, pp 53-71.
- 7. M a r k o v, V., 2007. Cultural heritage and continuity. Ancient pagan heritage of sacred places in the Bulgarian folk culture, (in Bulgarian), UI "Neophyte Rilski", Blagoevgrad.

Eighth Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, SAFETY 4-6 December 2012, Sofia, Bulgaria

A SOLUTION OF THE TASK OF WEIGHT LOSS OF ROTATING BALANCED MATERIAL OBJECTS IN THE GRAVITATIONAL FIELD OF THE EARTH

Kiril Kabadiyski, Snezhan Bozhkov, Dimitar Mitev

e-mails: kikabadiyski@abv.bg, bozhkov@mail.bg

Keywords: rotation, weight loss, anti-gravity, acceleration

Abstract: The paper presents results of research study by means of classical mechanics to explain the reasons for "weight loss" in the rotation of material objects in conditions of action of the gravitational field and derive formulas for their quantification.

ОДНО РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О ПОТЕРИ ВЕСА ВРАЩАЮЩИХСЯ СБАЛАНСИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛЬНЫХ ТЕЛ В ГРАВИТАЦИОННОМ ПОЛЕ ЗЕМЛИ

Кирил Кабадийски, Снежан Божков, Димитр Митев

e-mails: kikabadiyski@abv.bg, bozhkov@mail.bg

Ключевые слова: вращение, потеря веса, антигравитация, ускорение.

Резюме:В докладе представлены результаты исследования, целью которого при помощи средств классической механики дать объяснение причин "потери веса" при вращении материальных объектов в условиях действия гравитационного поля и вывести зависимости для их количественной оценки.

Introduction

In scientific literature [1,2,4] and in scientific publications for the general public [3] facts of scientific experiments, in which there was weight loss of 2-15 % of rotating discs or gyroscopic devices, have been described, but the phenomenon has been attributed to the ones unexplained from a scientific point of view or has been improperly treated.

In the present publication we report the results of a study, aiming at an explanation through the means of classical mechanics of the reasons for "weight loss" in the rotation of material bodies under conditions of active gravitational field and also with definition of the correlation of their quantitative assessment.

For simplicity of presentation the material object is shown as a system consisting of two diametrically balanced bodies, each with mass "m" physically linked as in the figures below. The rotation system is evaluated relative to the virtual straight OO_1 , which links the centre of rotation of both bodies (p.O₁) and the centre of the Earth (p.O), named "vertical axis of rotation" or "vertical" below. The straight line, which is located perpendicular to the vertical is called "horizontal axis of rotation" or "horizontal". For the needs of theoretical study a rectangular coordinate system O_1xyz has been defined, the beginning of which coincides with the centre of rotation of both rotating bodies O_1 and its axis "z" - with the straight line OO_1 .

We present three cases of disposal of the plane of rotation with respect to the vertical OO1:

- First case: the plane of rotation is perpendicular to the vertical OO₁ (respectively the axis of rotation of the rotating system coincides with vertical OO₁);

- Second case: the plane of rotation of the rotating system and the vertical OO_1 coincide, (respectively the axis of rotation of the rotating system is perpendicular to the vertical OO_1 , i.e. coincides with the horizontal);

- Third case: the plane of rotation of the rotating system enters any angle (bigger than 0° and smaller than 90°) with the vertical OO₁.

I case - The plane of rotation of the rotating system is perpendicular to the vertical OO₁.

The behavior of the rotating system studied on the basis of a spatial pattern, depicted in Fig.1.



Fig. 1. Rotation of diametrically balanced material bodies around a vertical axis in the gravitational field of the Earth

Labels:

O₁xyz - reference rectangular coordinate system;

- m mass of rotating body, kg;
- G weight of rotating body, N;
- P_{l} force opposite to gravity, N;
- P_c centrifugal force, N;
- V peripheral speed of rotating body, m/s;
- g acceleration of gravity, m/s^2 ;
- a_l acceleration opposite the gravity, m/s^2 ;
- a_c centrifugal acceleration, m/s^2 ;
- p.O gravity centre of the Earth;
- R_t radius of the Earth, m;
- M mass of the Earth, kg;

R – distance between the centers of rotating bodies and the centre of the Earth, m;

r – length of the suspension arms of the rotating bodies, m;

 φ – angle of rotation of the rotating body in the plane of rotation relative to the axis "x", degrees;

– the angle between the vertical OO_1 and radius–

vector V , degrees;

S – the arc of trajectory of the rotating bodies in their rotation around the center of the Earth; p. T – center of weight of the rotating body;

k – circular path of rotation of the rotating body around vertical OO₁;

the angle between vertical OO1 and the plane of rotation (at an inclined plane of rotation), degrees;
q – Universal (Newtonian) gravitational constant, N.m/kg²;

The steady rotation of bodies with masses "m" around the axis "z" is performed with peripheral speed "V", the vector of which is tangent to the circular trajectory of rotation "k". At the same moment the peripheral speed is also momentary speed of p. "T" at rotation of this point along the "S" arc around the center of the Earth (p. O), performed with radius "R".

The actual existence of these two rotations results in the basic thesis:

Any rotating material body loses some of its weight in gravitational field!

As a result of first rotation the body with mass "m" will experience centrifugal acceleration "a_c", directed outwards the circle "k" along the radius-vector " \vec{r} ". Its value is defined by the following equation:

(1)
$$a_c = \frac{V^2}{r}$$
 .

As a result of second rotation around the center of the Earth (p. O) the body will experience centrifugal acceleration "a_l", acting along the radius-vector " \vec{R} ", with a direction opposite to the acceleration of gravity "g"and value defined by the following equation:

$$(2) a_l = \frac{V^2}{R} .$$

In future this acceleration will be called "anti-gravitational".

According to the laws of mechanics that rotating body will be under the simultaneous action of both forces "G" and " P_1 ", where:

(3)
$$G = m.g$$
 ;

 $(4) P_{l} = \frac{V^{2}}{R}.m$

In accordance with the initially adopted conditions of full polar symmetry of the rotating bodies the horizontal forces that arise under the impact of acceleration "a_c" will balance each other. On the system remains to act an anti-gravity force, which is a geometrical sum the elementary forces "P₁". Since their projection on the axis "z" is **P₁.cos** α , where **cos** $\alpha \approx 1$ (r / R ≈ 0), it must be inferred that the same cumulative antigravity force can be taken as the algebraic sum of "P₁". In a system of "n" number of rotating bodies, where "n" is any even integer, the cumulative antigravity force is calculated by the equation:

(5)
$$P_{l\Sigma} = \sum_{2}^{n} P_{l} = n \cdot \frac{V^{2}}{R} \cdot m$$

When the cumulative antigravity force is equal to or bigger than the total weight of the system (i. e. $P_{l\Sigma} \ge G$), the system remains in balance or rises along the vertical. So we may infer that:

(6)
$$n \cdot \frac{V^2}{R} \cdot m \ge n \cdot m \cdot g$$

And for the critical peripheral speed the following equation will be applied:

$$(7) \qquad V^2 = R.g \quad ,$$

which coincides with the well-known from classical mechanics $V = \sqrt{R.g}$.

This formula is also the basis for calculation of the minimal peripheral speed of the rotation, which should be rotated on the surface of the Earth a diametrically balanced system of material objects around a vertical axis, so that the system "loses" its weight:

At $R_t \approx 6.3.10^6$ m and $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

 $\Rightarrow~$ V \approx 7,861.103 m/s ~ - i.e. it must be equal to the first escape velocity, which is well-known with the launch of artificial satellites of the Earth.

II case – The plane of rotation of the rotating system coincides with the vertical OO₁.

The appearance of antigravity acceleration and respectively the antigravity force in the rotation of a diametrically balanced material system in this case is analyzed on the basis of the scheme, shown in Figure 2.

It is assumed that the rotation of both diametrically balanced rotating bodies is performed around an axis, which coincides with Axis "y" of the coordinate system. The rotation is sustainable r and occurs with a peripheral speed "V", the vector of which is a tangent to the circular trajectory of rotation "k", as well as in the previous case of rotation along the vertical OO₁.

The key factor here is the decomposition of the vector " \vec{V} " to the following components – vertical " \vec{V}_{z} " and horizontal " \vec{V}_{z} ".

From the perspective of the balance of external forces and the emerging inertia forces of rotation, the vertical components of speed " $\vec{V_z}$ " of the system under consideration, in a full cycle of rotation mutually balance and the common center of weight "O₁" will not be subjected to the resultant acceleration.



Fig. 2. Rotation of diametrically balanced material bodies around horizontal axis in the gravity field of the Earth

However, the significance of the horizontal components " \vec{V}_x ", is different, because they interact with the constantly existing external force of the gravity of the Earth.

As shown in case I, discussed above, any horizontal speed of a material point (regardless of its orientation in the horizontal plane), creates an anti-gravitational acceleration "a_i" in the conditions of the gravitational field of the Earth. In this specific case:

$$(8) \qquad a_l = \frac{V_x^2}{R}$$

Since then $V_x = V.\sin \phi$, so

(9)
$$a_l = \frac{V^2}{R} \cdot \sin^2 \varphi$$

The formula for calculating of the anti-gravitational force, generated by a single body of mass "m", will be:

(10)
$$P_l = m \cdot \frac{V^2}{R} \cdot \sin^2 \varphi$$

To obtain the average anti-gravitational force that the body will undergo in rotation in the case envisaged, we should find the sum of "P₁" in the limits of one rotation (from 0 to 2π), then divide it by the interval 2π . To this purpose the function "P₁(ϕ)" is integrated within the limits (from 0 to 2π) and then is divided by 2π :

(11)
$$P_{lcp} = \frac{1}{2\pi} \sum_{2\pi}^{0} P_{l} = m \cdot \frac{V^{2}}{R} \cdot \frac{1}{2\pi} \int_{0}^{2\pi} \sin^{2} \varphi \, d\varphi$$

It is well-known that $\int_0^{2\pi} \sin^2 \varphi \, d\varphi = \pi$, so

(12)
$$P_{lcp} = m \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{V^2}{R}$$
.

For a system of "n" number of rotating bodies, where "n" is any even integer, the cumulative antigravity force is calculated by the equation:

(13) $P_{l\Sigma} = \sum_{2}^{n} P_{lcp} = n.m.\frac{1}{2}.\frac{V^2}{R}$.

A comparison of equation (5) and (13) shows that a diametrically balanced material system, rotating around horizontal axis (compared to a massive center of gravity) is subjected to an antigravity influence twice smaller than the case in which the same system with the same parameters (mass, radius and speed of rotation) rotates around a vertical axis.

The last conclusion may serve to an experimental test of the reliability of the above theory for explanation of the phenomenon "weight loss" of rotating bodies in a gravity field. We suggest that a solid toroïd to be rotated with practically workable speed and the weight loss of the system to be measured. The measurements must take place in two experiments:

a) Upon rotation of the toroïd around a vertical axis;

b) Upon rotation of the toroïd around a horizontal axis.

Then the measured changes in the weight of the rotating system must be compared no matter how small they are. In our opinion if the results obtained are in correlation 2:1, this will sufficiently prove the reliability of this theory.

Ill case – the plane of rotation is inclined to the vertical OO₁.

The behavior of the rotating system has been investigated on the basis of the scheme, shown in Fig 3.

We assume that:

a) The "x" axis lies in the plane of rotation of the bodies;

b) The "z" axis makes an angle " " with the plane of rotation of rotating bodies and coincides with the vertical toward the center of gravity;

c) Respectively the "y" axis makes an angle $(90 -)^0$ with the plane of rotation of the bodies.

In the general case the speed vector " \vec{V} " could be decomposed to three components parallel to the axes "x", "y", "z", namely : " \vec{V}_{v} ", " \vec{V}_{v} " and " \vec{V}_{z} ".



Fig. 3. Rotation of diametrically balanced material bodies around an axis randomly oriented at the vertical in the gravity field of the Earth

The two specific situations of rotation above (around the vertical axis and the horizontal axis) reveal that the vertical components of speed " V_z " have almost no impact on the phenomenon "weight loss". For this reason and for the simplification of the kinematic scheme (Fig. 3") they are not taken into consideration, nor calculated.

In order to find out the general formula of the anti-gravitational acceleration it is sufficient to determine the value of the two horizontal components " V_x " μ " V_y ". Each of them will generate its own

antigravity acceleration. In terms of vector direction these two accelerations will coincide; therefore the total antigravity acceleration, to which the single body with mass "m" will be subjected, can be shown as an algebraic sum of two components:

(14)
$$a_l = a_{l_x} + a_{l_y}$$
.
 $a_{l_x} = \frac{V_x^2}{R}$, where

(4 4)

(15)
$$V_x = V . \sin \varphi$$
 .
 $a_{ly} = \frac{V_y^2}{R}$, where

 $V_{\rm y} = V.\cos\varphi.\sin\beta$ (16)

The average values of these two antigravity accelerations as function to the angle " φ " emerge from the equations:

(17)
$$a_{lx\,cp} = \frac{1}{2} \frac{V^2}{R}$$
.
(18) $a_{ly\,cp} = \frac{1}{2} \frac{V^2 \cdot \sin^2 \beta}{R}$

For the antigravity force caused by " $a_{l cp}$ ", we must apply the equations (12) or

(19)
$$P_{l cp} = m.(\frac{1}{2}.\frac{V^2}{R} + \frac{1}{2}\frac{V^2.\sin^2\beta}{R})$$

For a system of "n"-number of rotating bodies, where "n" is any even integer, the total antigravity force in the generalized case (the plane of rotation of the rotating system is tilted) is calculated as follows:

(20)
$$P_{l\Sigma} = \frac{1}{2} . n.m. \frac{V^2}{R} . (1 + \sin^2 \beta)$$

The equation (20) at an angle $\beta = 90^{\circ}$ (vertical axis of rotation) transforms into equation (5), and for $\beta = 0^{\circ}$ (horizontal axis of rotation) it equals (13).

The results of the study allow us to formulate the notion of "anti-gravity" as a principle of the Newtonian mechanics:

The force with which a rotating system of material objects is repelled from the massive gravitational object (like Earth), is directly proportional to the total mass of the rotating system and the square of its peripheral speed with a radius of rotation, determined by the rule of maintaining the inertia moment of the system, and is inversely proportional to the distance between the center of the massive gravitational object and the common center of gravity of the rotating material objects. This force also depends on the angle of inclination of the plane of rotation to the straight line connecting the center of rotation of the system and the center of gravity of the massive gravitational object.

Based on the results of this study the Law of universal gravitation (in accordance with Newton's law) could be enriched and transformed into Law of universal gravitation and repulsion of two material systems. The force of interaction (attraction or repulsion) between two material systems (the Earth and rotating system) will be determined by the following equation:

(21)
$$P = \frac{1}{2} m_o \frac{V^2}{R} (1 + \sin^2 \beta) - q \frac{m_o M}{R^2}$$

where m_0 is the total mass of the rotating system. When P>0, systems will repel, and if P<0 systems will attract each other.

Application of antigravity as a basic principle of Newtonian mechanics

- 1. It is possible to provide sufficiently precise quantitative assessment of all reported cases of weight loss of material bodies rotating in the conditions of action of gravity field.
- 2. Artificial satellites of the Earth can be launched and positioned on an arbitrary geostationary orbit.

- 3. Energy for the launch of a space object formed on the principle of antigravity could be accumulated in this object on Earth near sources of energy.
- 4. The force of repulsion from the Earth of a system formed on the principle of antigravity could be controlled by tilting the plane of rotation to the vertical.
- 5. Space device which is designed on the principle of anti-gravity can be in today's level of technologies very suitable for use on the moon.

Conclusion

The authors are far away from the idea that in such a short article they could enumerate all the possible consequences for science and technologies in case the principle of gravity is adopted. It does not contradict with the classical rules of Newtonian mechanics, it rather supplements it. In a subsequent publication we are ready to share our views of its practical implementation.

References:

- 1. K o s y r e v, N. A. Casual or unsymmetrical mechanics in a linear approximation, Central Astronomical Observatory, Pulkovo, 1958.
- 2. P a l y u s h e v, B. Physics of God, "p. 35, ed." Integra-D ", Sofia, 1997.
- 3. Magazine "A contemporary, s.470-472, issue 1, 2001.
- 4. М и т е в, Д. Относно възможността за левитация съгласно законите на механиката. Научни трудове НИТИ, Казанлък, 1989.

СТРУКТУРНИ ИЗМЕНЕНИЯ ВЪВ ВРЕМЕВИТЕ РЕДОВЕ НА ГЛОБАЛНИТЕ И ПОЛУСФЕРНИТЕ ТЕМПЕРАТУРИ

Ролф Вернер, Димитър Вълев, Димитър Данов, Венета Гинева

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките e-mail: rolwer52@yahoo.co.uk

Ключови думи: климатични промени, глобални температури, структурни изменения

Резюме: Времевите редове на глобалната температура показват нарастване и намаляване на температурата в продължение на десетилетия. Редовете са изследвани за наличието на структурни изменения, за да бъде намерен отговор на въпроса дали след 1998 г. температурата намалява значително. Използван е методът на линейната регрессия с поставени допълнителни условия за дадени интервали и са определени точките на структурни промени. В зависимост от използвания времеви ред те са разположени около 1910 г., 1940 г. 1970г. Намерена е точка на бърза структурна промяна за 1996/1997г. за северната полусфера.

STRUCTURAL CHANGES IN GLOBAL AND HEMISPHERE TEMPERATURE TIME SERIES

Rolf Werner, Dimitar Valev, Dimitar Danov, Veneta Guineva

Space Research and Technology Institute — Bulgarian Academy of Sciences e-mail: rolwer52@yahoo.co.uk

Key words: climate change, global temperatures, structural changes

Abstract: The time series of global temperatures show decreasing or increasing of temperature during a time span of decades. The series were studied for structural breaks, to found the answer of the question, if the decrease of the global temperature after 1998 if any, is statistically significant. The method of piecewise regression was applied and the structural break points were determined. Depending on the used time series structural break points were localized near 1910, 1940, 1970. A point of rapid structural change was found in 1996/1997 for the northern hemisphere.

Въведение

В научните публикации и в медиите широко се дискутират климатичните промени. Особено внимание се отделя на проблема за нарастването на глобалната температура и в частност дали след 1998 г. е спрял процесът на затоплянето в глобален мащаб. Една от възможностите да се допринесе за изясняването на този проблем е изследването на дългогодишните линейни трендове във времевите редове на глобалната температура.

В метеорологията под дългогодишни промени се разбират такива, които се характеризират с промени с времева скала 30 години. В доклада на IPCC използват различни времеви инервали за изследване на дългогодишни линейни трендове: 25, 50, 100 години и даже повече [1]. В докладите и цитираните публикации се подчертава, че трендовете не са строго линейни и че след периоди с преобладаващо нарастване на температурите следват периоди на очевидно захлаждане. Съществуват статистически средства, които позволяват да се изследват времеви редове за наличие на структурни промени, т.е. да се намират точки, след които ходът на температурния тренд се променя плавно или скокообразно. Използва се линейна регресия (ЛР) по интервали без или с различни условия. При ЛР без условия може да се промени наклона и константата (slope steps). Чрез поставянето на условия може да бъде позволено да се промени само константа (flat steps) или тредновете да са свързани (knots) в

точките на промените (piecewise linear) [2]. Линейните регресионни коефициенти лесно могат да бъдат определени чрез метода на най-малките квадрати. По-сложно е намирането на моментите на структурните промени.

Статията е разделена на пет глави. След описание на използваните данни, във втора глава са дадени използваният структурен модел. В трета глава са описани методите за определяне на моментите на структурни промени и провеждането на статистическите тестове, а в четвърта са обсъдени получените резултати. Петата глава съдържа заключенията.

1. Използвани данни

В настоящата работа са използувани времеви редове за годишните глобални температурни аномалии от три световни центъра - Goddard Institute of Space Studies¹, САЩ [3], Met Office Hadley Center and Climatic Research Unit², Англия [4], и National Climatic Data Centre³, САЩ [5]. По-нататък в текста трите реда от данни се съкращават съответно като GISS, Hadcrut3 и NCDC. Аномалиите на температурите са изчислени спрямо различни климатични епохи: Hadcrut3 за епохата 1961 г. - 1990 г., GISS за 1951 г. - 1980 г. и аномалиите на данните от NCDC се отнасят за столетието 1901 г. – 2000 г. За по-добро сравнение всички аномалии бяха преизчислени спрямо температурни средни за периода от 1961 г. до 1990 г. Въпреки че данните от Met Office се отнасят за периода 1961 г. – 1990 г., средната стойност на аномалиите през



този период не е точно нула поради липсващи данни в региони⁴. отделни Поради това аномалиите на температурните данни от Met Office също бяха преизчислени и по такъв начин през епохата 1961 г. 1990 г. е получена нулева средна стойност.

Времевият ред на годишните средни температурни аномалии на Hadcrut3 стартира през 1850 г., докато другите два реда, на GISS и

Фиг. 1. Глобални температурни аномалии по Hadcrut3, GISS и NCDC, спрямо епохата 1961 г. – 1990 г., през която средните аномалии са нула.

NCDC започват през 1880 г. За да бъдат съпоставени данните от трите серии, се използват данните за периода от 1880 г. до 2011 г. и за трите реда. Изборът на началната дата 1880 г. има и предимството, че по това време мрежата от станции вече обхаща значителна част от земното кълбо⁵. На фиг.1 са представени средните годишни температурни аномалии за данните от Hadcrut3, GISS и NCDC. С изключение на периода от около 1880 г. до 1890, около 1910 г. и около 1940 г. те са много близки една до друга. Отначало температурата намалява до около 1910 г. След това се наблюдава тридесетгодишен период на глобално затопляне до около 1940 г. До 1975 г. температурата остава почти на едно и също ниво или намалява, а от 1975 г. глобалната температура нараства значително, поне до около 2000 г. След това не се наблюдава значително нарастване на глобалната температурата.

2. Структурен модел

Енергийният баланс на земната атмосферна система се намира в квазистационарно равновесие и процесите, които биха довели до постигане на ново равновесие, са сравнително

¹ http://data.giss.nasa.gov/gistemp/tabledata_v3/ZonAnn.Ts+dSST.txt

² http://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadcrut3/diagnostics/global/nh+sh/annual)

³ ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/anomalies/annual.land_ocean.90S.90N.df_1901-2000mean.dat

⁴ http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/

⁵ http://data.giss.nasa.gov/gistemp/station_data/

бавни. Затова се приема, че в дългосрочния тренд на глобалната температура не може да има бързи изменения във вид на флуктуации с времева скала от година и се приема температурния ход да е непрекъснат. Често температурните вариации се интерпретират като отклонение от линейния тренд, образувано върху целия разгледан времеви интервал. Но както бе отбелязано в предишната глава, температурата се изменя бавно и показва среден растеж или намаляване в интервали от десетилетия. Както се вижда с просто око, очаква се точките на структурни промени да са разположени около 1910та, 1940 и 1975 година, но не е ясно дали около 2000 г. времевия ред има точка на структурна промяна (ТСП).

Уравнението на линейната регресия по интервали с условия за непрекъснатост на границите на сегментите с *k* ТСП t_i^* (сравни например [6]) е:

(1)
$$y = \alpha + \beta_1 t + \sum_{i=1}^{n} \delta_i d_i (t - t_i^*),$$

където

$$d_i = 1$$
 за $t \ge t_i^*$, иначе е 0.

Наклонът в първия сегмент е β_1 и в m-тия е $\beta_1 + \sum_{i=1}^{m-1} \delta_i$. Уравнение (1) се състои от константата α , на началния наклон β_1 , *k* изменения i ha наклона δ_i , *k* моменти t_i^* . Т.е. уравнението съдържа общо 2(k+1) константи и k ограничения за измененията на наклона, където k е броя на ТСП. Константите на модела (1) лесно могат да се определят с метода на най-малките квадрати. По-сложно е тестване на модела, т.е. да се намери отговора на въпроса дали модела е адекватен и съответно, дали коефициентите δ_i са статистически значими. Както се вижда от (1) точките t_i^* не представляват регресиони коефициенти, т.е. при определянето на регресионните коефициенти те трябва да се приемат като известни.

3. Методи за определяне на моментите на структурни промени

3.1. Намиране на единичните моменти на структурни промени

Първоначално се предполага, че има само една (известна) ТСП разположена в t_i. Реда се разделя на два сегмента. Първия сегмент обваща интервала t_1 до t_1 а втория се състои от последователност t_{i+1} до t_n . Адекватността на модела (1) може да се проверява с така наречения тест на Chow [7]. За целта се изчислява сумата от квадатичните отклонения SSpecmp. на рестриктивен модел и на пълен модел S_{нерестр}. (без рестрикции). След това се изчислява разликата SS_{pecmp} - SS_{нерестр}, и се сравнява с SS_{нерестр}. Хипотезата, H₀: δ=0 se тества с

(2)
$$F = \frac{(SS_{pecmp.} - SS_{nepemp.})/J}{SS_{nepecmp.}/[N-K)]} = F(J, N-K)$$

където F е разпределението на Fisher с J степени на свобода на числителя, съответстващи на броя на рестрикциите на модела, т.е на разликата между броя на регресионните коефициенти на пълния модел К и на рестриктивния модел, а степента на делителя е N-K. (В случай на flat step модел $y=\mu_1 + \gamma d \in J = 1$ и K=2, за slope steped модел $y=\mu_1 + \gamma d +\beta_1 t + \delta d t \in J = 2$ и K=4, а за piecewise linear regression $y=\mu + \beta_1 t + \delta d(t-t)$, е J=1 и K=3., където d за i=1 е променливата дефинирана в уравнение (1)).

Приема се, че ТСП е разположена последователно във всяка точка от времевия ред от t_3 до t_{n-2} и се изчислява $F(t_i)$ по уравнение (2). Избира се модела с положението t_i на ТСП за който *F* приема най-голямата си стойност:

$$(3) \qquad Q = \sup\{F(t_i)\}.$$

Статистиката Q не се подчинява на F-разпределението, защото се избира една стойност от множеството F(t_i), а имено тази, за която F приема най-голямата си стойност. Разпределението на Q е изчислено от Quandt и Andrews, но не може да се прилага, когато точката на структурна промяна е в близост (15% от дължината на реда) до началото или до края на реда [8,9], както е в нашия случай за последната точка около 2000 г.

Описаният тук метод често се нарича двуфазова регресия или сегментация. След като е намерено положението на ТСП и моделът се приема за адекватен, отделните сегменти отново могат да се разделят и процедурата се повтаря за новите двойки съседни сегменти. Сегментацията продължава, докато се приеме нулевата хипотеза.

3.2. Определяне на множеството моменти на структурни промени

При този метод се определя определен брой ТСП едновремено чрез систематично търсене на ТСП в реда. Например, ако се приеме, че редът има две ТСП, отначало се приема, че първата ТСП се намира в точка t_1 . За втората точка се приемат места последователно от t_3 до t_{n-1} . След това търсенето на втората точка се повтаря, като за положението на първата точка се приема t_3 . За всяка комбинация $\{t_m, t_n\}$ се изчислява $SS_{нересm}$. За ТСП се приемат тези, за които $SS_{нересm}$ приема най-малката си стойност. Описаното търсене може да се приложи и за повече от две ТСП. Но броят на изчисленията нараства експоненциално с броя на ТСП, поради което са развити и нелинейни методи за определяне на ТСП. Обикновено за структурен модел се приема прост модел с една ТСП и броят им се увеличава стъпка по стъпка с единица. Изборът на адекватен модел по брой на ТСП може да се извърши чрез прилагане на информационния критерий на Schwarz- Вауеs (BIC) във вида [10,11]:

(4)
$$S_q = n_{e\phi} \log\left(\frac{1}{N}SS_{ocm}\right) + q \log n_{e\phi}$$

където

$$SS_{ocm} = \sum_{i=1}^{N} \left[y_{\text{Hab},i}(t_i) - y(t_i) \right]^2$$

представлява сумата от квадратичните отклонения на остатъците, равна на SS_{нерест.} и чрез

$$n_{e\phi} = N \frac{1 - \rho_1}{1 + \rho_1}$$

се взема под внимание автокорелацията на остатъците [7]. При това се предполага, че остатъците ε представляват (приблизително) авторегресионен процес от първи порядък AR(1),

(5)
$$\varepsilon_t = \rho_1 \varepsilon_{t-1} + u_t,$$

където u_t са нормално разпределени и ρ_1 представлява авторегресионен коефициент при закъснение със стъпка=1. В уравнение (4) q е броят на свободните параметри, т.е. броят на регресионните параметри, включително константата β_1 . Стойността на q се увеличава с единица с увеличаването на порядъка на автогерессионния процес [2]. Докато SS_{ocm} намалява със сумата на квадратичните отклонения, то нараства с броя на свободните параметри. Избирането на модел с по-голям брой сегменти (или брой ТСП) води до повече свободни параметри, който се "наказва" чрез втория член в (4). Избира се модел с най-малкък SS_{ocm} . След избирането на модел значимостта на коефициентите δ_i на ниво p може да бъде тествана с помоща на t-тест:

(6)
$$t = \frac{\delta_i}{\sigma_{i_{e\phi}}} \ge t_{\kappa pum}(p, n_{e\phi}) \qquad c \qquad \sigma_{ie\phi} = \sigma_i \sqrt{\frac{n}{n_{e\phi}}}.$$

3.3. Допълнителни условия

За определянето и търсенето на ТСП могат да бъдат поставени различни допълнителни условия. Сегментацията и търсенето могат да бъдат извършени в определени интервали. В работа [12] множество от три ТСП за годишните редове на глобалните температурни аномалии беше определено, като ТСП бяха търсени в интервали с ±10 години около преполагаемите ТСП 1910 г., 1940., и 1970 г., а при четири ТСП беше добавена предполагаема ТСП около 2000 г. Получените резултати много добре съответстват на резултатите на други автори, получени с други методи [10].

Друго допълнително условие при едновременно търсене на ТСП е разстоянието на следващата ТСП да е по-голямо от определен интерал от време. Такова условие може да ускори търсенето значително. Възможно е да се постави и условие за границите на измененията на трендовете. Т.е. приема се, че има ТСП само ако нарастването или намаляването надхвърля определена стойност.

Различните условия могат да бъдат и комбинирани и да се прилагат за различните споменати регресиони модели (slope steps, flat steps, piecewise regresion). Затова публикациите, в които се изследват трендовете, са многобройни.

3.4. Метод, използван в работата

За определяне на моментите на ТСП се използва метод с едновременно търсене до 4 ТСП без допълнителни условия. С това се различават извършените в представената работа изследвания от тези в литературата. В намерените сегменти, ограничени от ТСП отново се прилага същия метод. Изборът на модел се извърши чрез прилагането на ВІС, а за установяване значимостта на измененията на трендовете се прилага *t*-теста.

4. Резултати

За глобалните температурни аномалии на трите изследвани времеви редове са



много бързо, прекъснато от междинен период на охлаждане от 1940 до 1975. В южната полусфера, след периода на охлаждане, около 1910 г. започва период с постоянно увеличаване на температурата, като тренда е леко увеличен Всички след 1965 г. изследвани тук температурни редове за южната полусфера имат само три сегмента с значими различни трендове. Но общото нарастване на температурата на южната полусфера е около 0.8°С, считано от 1910 г. до 2011 г. и е с около 0.2°С по-малко, намерени три тсп със статистически значими изменения коефицина нарастване. ентите на всички Остатъците на бяха структурни модели проверени с помощта на автокорелационните и парциално авто корелационните свойства, като остатъците бяха апроксимирани чрез AR(1) модел. Разпределението на остатъците иі бе тествано (виж [12] за глобалните редове).

Детайлното разположение на ТСП е представено в Таблица 1.

Няма същественни разлики в положението на ТСП в редовете на трите световни центрове. Получените в предстоящата работа резултати са много подобни на тези съобщени от други автори [н.п. 2,10,13]. Същественно се различават получените трендове за северната и полусфера южната на В Земята. северната полусфера през периода от около 1915 - 1940 и след 1975 температурата Фиг. 2. Получени значими трендове за температурните аномалии на редовете на Hadcrut3, GISSи на NCDC.

нараства

Таблица 1: Разположението на ТСП.

Регион	Ред	1.	2.	3.
		тсп	тсп	тсп
	Hadcrut3	1911	1940	1965
Глобално	GISS	1918	1940	1972
	NCDC	1911	1940	1971
	Hadcrut3	1917	1937	1975
Северна	GISS	1917	1939	1975
полусфера	южно	1912	1939	1975
	Hadcrut3	1909	1964	
Южна	GISS	1909	1966	
полусфера	NCDC	1908	1966	

отколкото на северната полусфера, за периода от около 1915 г. до 2011 г. Това е следствие на разпределението на океаните и сушата. Както е известно, в южната полусфера океанът обхваща много по-голяма площ, отколкото в северната. Затова в южната полусфера значима част на топлинната енергия се превръща в латентна топлина чрез образуване на водни пари на океанската повърхност

Бе установено, че увеличаването на броя на ТСП води до поява на точки на бързи промени, т.е. две последователни ТСП на разстояние само една или две години (не са показани тук). За температурата на северната полусфера е установена точка на бързи промени през 1996/1997 г.

ТСП е намерена и за 2005 г. при условие за непрекъснатост, но трендът е незначим. При продължаване на ненарастването или бавно нарастване на температурите след време може да се образува ТСП с условие на непрекъснатост и значимост на съответния тренд след 2000 г.

5. Заключение

Приложен е метод за откриване на структурни промени в редовете на температурните аномалии. Методът се състои в намирането едновремено до 4 ТСП с условие за непрекъснатост, но за разлика от методите на други автори, приложеният от нас метод работи без други допълнителни условия. Получените ТСП добре се съгласуват с намерените ТСП от други автори. Посредством предложения от нас метод могат да се получат както ТСП, характеризиращи дълги трендове, така и ТСП на бързи промени.

Литература:

- 1. IPCC Fourth Assessment Report (4AR), Climate Change 2007, The Physical Science Basis, Chapter 3, Observations: Surface and Atmospheric Climate Change, p. 243, 2007.
- 2. S e i d e I, D. J., and J. R. L a z a n t e, An assessment of three alternatives to linear trends for characterizing global atmospheric temperature changes, Jour. Geophys. Res., Vol. 109, D14108, 2004.
- 3. H a n s e n, J., R. R u e d y, M. S a t o, and K. L o, Global surface temperature change, Rev. Geophys., 48, RG4004, 2010.
- 4. B r o h a n, P., J. J. Kennedy, I. Harris, S. F. B. Tett and P. D. Jones, Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: a new dataset from 1850, J. Geophys. Res, 111, D12106, 2005.
- 5. S m i t h, T. M., R. W. R e y n o l d s, T. C. P e t e r s o n, and J. L a w r i m o r e, Improvements to NOAA's Historical Merged Land Ocean Surface Temperature Analysis (1880 2006), Journal of Climate, Vol. 21, Issue 10, p. 2283-2296, 2008.
- 6. Green, W.H., Econometric analysis, second edition, Prentice-Hall Inc., 1993.
- 7. L u n d, R., and J. R e e v e s, Detection of undocumented changepoints: A revision of two-phase regression model, Americ. Meteorol. Soc., pp. 2547-2554, 2002.
- 8. Q u a n d t, R., Tests of the hypothesis that a linear regression obeys two separate regimes, Journal of the American Statistical Association, 55, pp. 324 330, 1960.
- 9. A n d r e w s, D. W. K., Tests for parameter instability and structural change with unknown change point, Econometrica 61(4), pp. 821–56, 1993.
- K a r I, T. R., R. W. Knight, and B. B a k e r, The record breaking global temperatures of 1997 and 1998: Evidence for an increase in the rate of global warming? Geophys. Res. Lett., Vol. 27, No. 5, pp. 719 – 722, 2000.
- 11. L i u, R. Q., and Ch. Jacobi, Piecewise linear trend detection in mesosphere/lower thermosphere wind time series, Wiss. Mitteil. f. Meteorol. Univ. Leipzig, Bd. 47, pp. 37-40, 2010.
- 12. В ернер, Р., Д. Вълев, Д. Данови В. Гинева, Структурни изменения във времевите редове на глобалните температури, Сборник на Юбилейната научна конференция по повод на 10 години от създаването нанационалния военен университет "Васил Левски" том2, Научно направление "Природоматематическиннауки", Велико Търново, стр. 23-32, 2012г.
- 13. T o m e, A. R., and P. M. A. M i r a n d a, Piecewise linear fitting and trend changing points of climate parameters, Geophys. Res. Lett., Vol. 31, L02207, 2004.

FINE STRUCTURE OF THE PARTICLE PRECIPITATIONS DURING SUBSTORM DEVELOPMENT AT HIGH LATITUDES

Veneta Guineva¹, Irina Despirak², Rolf Werner¹

¹Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences ²Polar Geophysical Institute (PGI), RAS, Apatity, Russia e-mail: v_guineva@yahoo.com

Key words: Aurora emissions, substorms, auroral bulge

Abstract: The fine structure of the particle precipitations during substorms was studied by data of aurora observations at 2 high latitude stations – Barentsburg (Russia) and Longyearbyen (Norway). The intensities ratio $I_{6300}A/I_{5577A}$ which is considered as a characteristic of the hardness of the precipitated electrons spectrum was used to estimate roughly the electrons energy in the arcs observed in different parts of the substorm bulge – at its polar edge and inside it. Simultaneous data from the zenith photometer and TV camera in Barentsburg, data from the all-sky imager in Longyearbyen and IMAGE magnetometers chain data were used. The following spectral characteristics were examined: the green line intensity I_{5577A} in zenith, the red line intensity I_{6300A}/I_{5577A} in zenith and their ratio I_{6300A}/I_{5577A} . It was shown that the ratio I_{6300A}/I_{5577A} for arcs inside the bulge is higher than the one for arcs at the polar edge of the bulge. This indicates that the most energetic electrons were observed at the polar edge of the auroral bulge.

ТЪНКА СТРУКТУРА НА ПОТОЦИТЕ ИЗСИПВАЩИ СЕ ЧАСТИЦИ ПРИ РАЗВИТИЕ НА СУББУРИ НА ВИСОКИ ШИРИНИ

Венета Гинева¹, Ирина Деспирак², Ролф Вернер¹

¹Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките ²Полярен Геофизически институт (ПГИ), РАН, Апатити, Русия e-mail: v_guineva@yahoo.com

Ключови думи: аврорални емисии, суббури, аврорална изпъкналост

Резюме: Тънката структура на потоците изсипващи се частици при суббури е изследвана по данни от наблюдения на авроралните емисии от 2 високоширотни станции – Баренцбург (Русия) и Лонгиербиен (Норвегия). Отношението на интензивностите I_{6300Å}/I_{5577Å}, което може да се разглежда като характеристика за твърдостта на спектъра на изсипващите се електрони, е използвано за груба оценка на енергията на електроните в дъгите, наблюдавани в различни части на авроралната изпъкналост – на полярния й край и във вътрешността й. Използвани са данни от едновременни измервания от зенитния фотометър и TV камерата в Баренцбург, данни от all-sky камерата в Лонгиербиен и данни от верига магнитометри от мрежата IMAGE. Разгледани са следните спектрални характеристики: интензивността на зелената линия I_{5577Å} в зенит, интензивността на червената линия I_{6300Å} в зенит и тяхното отношение I_{6300Å}/I_{5577Å}. Показано е, че отношението I_{6300Å}/I_{5577Å} е по-високо за дъги в авроралната изпъкналост, отколкото за дъги на полярния край на изпъкналостта. Това е индикатор, че най-енергетичните електрони се наблюдават на полярния край на авроралната изпъкналост.

Introduction

The intensities of the separate optical emissions are related to the energy and flux of precipitating electrons in the corresponding energy band. The ratios of various atoms and molecules intensities in the upper atmosphere can serve as a characteristic of the energy of the precipitating particles causing the aurora [1]. Different emissions ratios were used to estimate the characteristic energy of the precipitating electrons spectrum, for example, the ratio of the red line intensity to the

green line intensity $I_{6300\text{\AA}}/I_{5577\text{\AA}}$, the ratio of the red line intensity to the blue line intensity $I_{6300\text{\AA}}/I_{4278\text{\AA}}$, the ratio $I_{3371\text{\AA}}/I_{4278\text{\AA}}$, etc. [e.g. 2, 3].

In some papers, to estimate the hardness of the precipitating electrons spectrum, the ratio of the red line intensity to the green one $I_{6300\text{Å}}/I_{5577\text{\AA}}$ was used. The 5577 Å intensity depends on the average fluxes in 108-120 km height range (2-7 keV energy range) [4], and the 6300 Å intensity – to the average fluxes in the 180-250 km height range $(5.10^3 - 5 \text{ eV} \text{ energy range})$. So, a lower value of the ratio $I_{6300\text{\AA}}/I_{5577\text{\AA}}$ corresponds to higher energy of the precipitating particles. In the papers [5, 6] the spectral characteristics of auroras during different types of solar wind fluxes were investigated by means of this emissions ratio. It was shown that during magnetic clouds and other non-stationary flows auroras with enhanced mean ratio $I_{6300\text{\AA}}/I_{5577\text{\AA}}$ were observed [6]. The spectral characteristics of the auroral emissions during high speed recurrent streams result of hard electrons precipitations in the atmosphere and of a lack of soft electrons (<1keV) precipitations [5]. It should be noted that all these results were obtained based on large statistics. But in these papers there was not carried out a differentiation on various types of emissions, for example, during substorms. During substorm development the precipitating electrons spectrum becomes harder. In our view, it will be interesting to trace the dynamics of the spectral characteristics of the auroral emissions during substorm

In our work we use the emissions intensity ratio I_{63004}/I_{5577A} as a rough estimate of the energy electrons in the auroral arcs observed in the different parts of the substorm auroral bulge - at the polar edge of the traveling to the pole bulge and inside it. It is known that during substrorms the auroral bulge - an area occupied by bright, short-lived arcs - forms [7]. Substorm development scheme was described in detail in a number of papers. In the pre-substorm phase the arcs of the auroral oval move to the equator, the polar cap region broadens, the arcs of "the polar cap aurora" disappear [8, 9]. The substorm expansion phase begins with the flash of one arc, usually the most equatorial one between the existing discrete auroral arcs (break-up). A westward traveling surge forms, after that the auroral bulge area expands in all directions, mainly toward the pole, to the West and to the East [9, 10]. The auroral bulge development is not continuous, but consists of separate microsubstorms [11, 12]. Microsubstorms develop in different longitudinal sectors and last 5-10 minutes. In every microsubstorm a movement of the auroral emissions to the pole is observed, but it doesn't happen continuously, and consists of individual activations - outbursts of new arcs poleward of the previous ones [13]. Further, during the recovery phase, the bright discrete arcs at the polar edge degenerate into irregular strips and fade, the auroral bulge as a whole begins to shrink, its polar edge moves to the equator and, the South one - to the pole [8, 9].

It was established that at the polar edge of the bulge usually discrete auroral emissions occur [14] that corresponds to higher energy particles. But a comparison of the particles energies in the arcs at the polar edge of the bulge and in the arcs inside the bulge has not been implemented. There is a work, in which the dynamics of the polar boundary of the auroral oval during substorms was studied and it was shown that most energetic particles were observed at the polar edge of the luminosity band [15]. But the fine structure of the particle precipitations in the auroral bulge wasn't investigated in detail.

The subject of our study is to compare the energies of the precipitating electrons in auroral arcs at the polar edge of the auroral bulge and inside it. For this purpose, observations of the auroral emissions at two stations – Barentsburg and Longyearbyen were used. To determine the presence of substorms and the phases of their development data from the all-sky imagers of both stations and data from magnetic stations chain IMAGE were used.

Data used

Data of aurora observations at 2 high latitude stations situated in Svalbard – Barentsburg (78.093°N, 14.208°E), Russia and Longyearbyen (78.20°N, 15.83°E), Norway were used for the study. Usually substorms are observed more equatorially, at lower latitudes, but sometimes, mostly during high speed recurrent streams in the solar wind, the disturbances reach higher latitudes, as well [16, 17]. These high latitude stations were chosen with a view to have the possibility of more precise monitoring of the substorm movement from South to North and determination of the polar edge of the auroral bulge.

The dynamics of the red and green line emissions in the auroral arcs during substorms was analysed. Measurements of the zenith photometer and the TV all-sky camera at Barenzburg during the winter season 2007-2008 and of the all-sky imager (ASI) at Longyearbyen from the 2005-2006 observational season were used.

The following data selection criteria were applied:

• observation of auroras by the TV camera in Barentsburg or enhanced activity in the auroral emissions 5577 Å and 6300 Å registered by the all-sky imager at Longyearbyen;

- presence of simultaneous measurements of the photometer and the TV all-sky camera (for Barentsburg);
- presence of a substorm at the relevant station (controlled by the IMAGE magnetometers chain);
- substorms reached the station zenith and passed beyond it were examined;
- clear sky (no clouds).

As a result 3 cases were chosen: 2 cases of substorms by Barenzburg data (6 January 2008 and 16 December 2007) and 1 case by Longyearbyen data (26 January 2006).

The development of 2 substorms is presented in detail.

Results

For every case the following spectral characteristics were studied: the intensity in zenith of the green line $I_{5577\text{\AA}}$, the intensity in zenith of the red line $I_{6300\text{\AA}}$, and these emissions intensities ratio $I_{6300\text{\AA}}/I_{5577\text{\AA}}$.

Case 1: 6 January 2008

The 6 January 2008 case is a typical example of high latitude substorm: the substorm began at low latitudes, in the auroral zone (Oulujärvi station (OUJ), ~61°CGMLat), the disturbance reached Barentsburg and moved further to the pole. Thus Barentsburg lied for some time to the South from the polar edge of the substorm bulge, namely inside the auroral bulge. In fig.1 the magnetic field components variations registered by the magnetic stations chain IMAGE (fig.1a) and at Longyearbyen station (fig.1b) are shown. In fig.1a it can be seen how the substorm spread went from the onset at Oulujärvi (OUJ) to the high latitude stations Longyearbyen and Ny Ålesund (LYR, NAL). The variations of all magnetic components at Longyearbyen are presented in detail in fig.1b. The microsubstorms are marked by arrows 1), 2), 3) and they were registered in 21:56, 22:09, 22:17 UT, respectively.

In fig.2 the auroras dynamics and the intensity variations of the red and green line emissions during the substorm observed from 21:56 UT on 6 January 2008 are shown. In the upper part the all-sky camera data are presented. In the bottom part of fig.2 the zenith photometer data are given – the emissions intensities $I_{6300Å}$ and $I_{5577Å}$ and their ratio $I_{6300Å}/I_{5577Å}$. The all-sky camera is oriented so that North is upward in the pictures, South – downward, East – to the right and West – to the left. By



Fig. 1. Magnetic field measurements on 6 January 2008. a) (on the left) Variations of the X-component of the magnetic field by the meridional chain TAR – NAL of IMAGE stations for 18 – 24 UT on 6 January 2008. The examined substorm on 21:56 UT is marked by an oval; b) (on the right) The variations of the magnetic field components H, D and Z registered at Longyearbyen. The microsubstorms are pointed out by arrows 1), 2), 3) in 21:56 UT, 22:09 UT, 22:17 UT, respectively.

Barentsburg all-sky camera data the substorm began with the outburst of an equatorial arc in 21:55:50 UT, further auroras moved to zenith, reached zenith in 21:57:50 UT and continued their spread to the North.

In fig.2a the TV all-sky camera images in which arcs at the polar edge of the bulge were registered in zenith, are presented. The first image (21:58:40 UT) refers to the peak №1 in the green line intensity by data of the photometer directed to zenith (fig.2c). In this moment, by the TV all-sky image an arc corresponding to the polar edge of the substorm bulge, developing over Barentsburg, was observed. The second image (22:09:58 UT) represents the moment, when an auroral arc was observed in the camera zenith, corresponding to the polar edge of a microsubstorm which developed in another longitudinal sector. By photometer data this is peak №2 of I_{5577Å} (in fig.2c). In the third and



Fig. 2. a) and b) Auroras dynamics by data of the TV all-sky camera and c) variations of the emissions $I_{6300Å}$ and $I_{5577Å}$ and their ratio $I_{6300Å}/I_{5577Å}$ by zenith photometer data during the substorm on 6 January 2008. Fig.2a – images with arcs in zenith, connected to the polar edge of the auroral bulge of microsubstorms in different longitudinal sectors (1, 2, 5, 6 by photometer data in fig.2c). Fig.2b – images with arcs in zenith, related to the inside part of the bulge (3, 4, 7, 8 by photometer data in fig.2c).

fourth images (22:17:50 UT and 22:19:05 UT) an auroral arc, connected with the polar edge of another microsubstorm was observed in zenith. By photometer data, this arc is expressed by intensity maxima N^o5 and N^o6 in fig.2c. In fig.2b images, registered in 22:11:25 UT, 22:13:20 UT, 22:21:02 UT and 22:21:40 UT are shown. In these images arcs, generated inside the substorm bulge were observed in zenith. By photometer data the maxima N^o3, N^o4, N^o7 and N^o8 of I_{5577Å} in fig.2c correspond to these arcs. The mean emissions ratios are I_{6300Å}/I_{5577Å} ~ 0.09 and I_{6300Å}/I_{5577Å} ~ 0.18 for the arcs at the polar edge of the bulge and for the arcs inside the bulge, respectively.

Case 2: 26 January 2006

The substorm on 26 January 2006 was observed during a high speed recurrent stream. It is known that during high speed recurrent streams the disturbances can reach high latitudes [e.g. 16]. The substorm disturbance began at auroral latitudes (Oulujärvi station (OUJ), ~61°CGMLat), subsequently reached Longyearbyen and traveled forward to the pole. The substorm propagation can be traced after fig.3a in which the x-component of the magnetic field registered by a chain of magnetic stations from the IMAGE set is presented, including lower latitudes than the substorm onset at Oulujärvi (OUJ) to the high latitudes stations Longyearbyen and Ny Ålesund (LYR, NAL). In fig.3b the variations of the magnetic field components at Longyearbyen are shown. The microsubstorms registered in 21:10 UT and 21:47 UT are pointed out by arrows 1) and 2), respectively.



Fig. 3. Magnetic field measurements on 26 January 2006. a) (on the left) Variations of the X-component of the magnetic field by the meridional chain TAR – NAL of IMAGE stations for 19 – 24 UT on 26 January 2006. The examined substorm on 21:10 UT is marked by an oval; b) (on the right) The variations of the magnetic field components H, D and Z registered at Longyearbyen. The microsubstorms observed in 21:10 UT, 21:47 UT are pointed out by arrows 1) and 2), respectively.

The auroras dynamics and the intensity variations of the red emission $I_{6300Å}$ and the green one $I_{5577Å}$ as well their ratio $I_{6300Å}/I_{5577Å}$ are presented in fig.4. In the upper part of the figure chosen ASI images are shown, in fig.4a – with arcs of the red line emission, and in fig.4b – with arcs in the green line emission, observed in the station zenith. In the bottom part of the figure the intensity variations $I_{6300Å}$ and $I_{5577Å}$ in zenith and their ratio $I_{6300Å}/I_{5577Å}$ are drawn (fig.4c). By Longyearbyen all-sky imager measurements the substorm began to the South in 21:14 UT, after that the auroral arcs moved gradually to the North, reached zenith in 21:14 UT and continued traveling to the pole. The first image in fig.4b corresponds to the moment when the polar edge of the bulge reached the station zenith, an auroral arc was observed in zenith. Image 5 in fig.4b corresponds to the moment, when the polar edge of another microsubstorm, developing in other longitudinal sector was observed in the station zenith.

Images 2, 3 and 4 refer to moments, when arcs related to the inside of the auroral bulge were observed in zenith.

The mean values of the emissions intensities are $I_{6300\text{\AA}}/I_{5577\text{\AA}} \sim 0.17$ and $I_{6300\text{\AA}}/I_{5577\text{\AA}} \sim 0.28$ in the arcs at the polar edge of the bulge and inside the bulge, respectively.

In all examined cases of substorms we found that the emissions ratio $I_{6300Å}/I_{5577Å}$ is about 2 times higher in the arcs inside the auroral bulge than in the arcs at the polar edge of the bulge.



Fig. 4. Aurora dynamics by the red (a) and green (b) emissions images of the all-sky imager during the substorm on 26 January 2006. Images 1 and 5 – arcs in zenith, connected to the polar edge of the microsubstorms in different longitudinal sectors; images 2, 3, 4 – arcs in zenith inside the bulge. In the bottom (c) the intensity variations of the emissions $I_{6300Å}$ and $I_{5577Å}$ and their ratio $I_{6300Å}/I_{5577Å}$ are shown.

Discussion

In our work the dynamics of the intensities of the red and green lines ($I_{6300Å}$ and $I_{5577Å}$) and of their ratio $I_{6300Å}/I_{5577Å}$ during 3 substorms was examined. Two of the substorms occurred during high speed recurrent streams of the solar wind. The obtained values of the emissions ratios are in good coincidence with the results in [5] in which the spectral characteristics of the auroral emissions related to recurrent streams in the solar wind were studied. Our result is somewhat lower than the obtained in [5] one ($I_{6300Å}/I_{5577Å} \sim 0.4$) suggesting that the spectrum of precipitating electrons during substorms becomes harder. Moreover, we have to take into account, that in [5] the spectral characteristics of the auroral emissions ratio in individual arcs was compared.

We compared the auroral emissions ratio in different regions of the auroral bulge – at the polar edge and inside it. The emissions ratio $I_{6300\text{\AA}}/I_{5577\text{\AA}}$ in the arcs inside the auroral bulge was obtained to

be about 2 times higher than in the arcs at its polar edge. The emissions ratio characterizes the hardness of the precipitating electrons spectrum [1]. Therefore, the most energetic particles are observed at the polar edge of the auroral bulge. Our result agrees with the result of Zverev and Starkov [15] in which it was shown that the most energetic particles were observed at the polar edge of the luminosity band and the particles energy decreased towards the equator.

Conclusions

In order to compare the characteristics of the electrons precipitating at the polar edge of the auroral bulge and inside it, the dynamics of the auroral emissions during substorms observed over Svalbard, was studied. It was shown that the emissions ratio $I_{6300\text{\AA}}/I_{5577\text{\AA}}$ in the arcs inside the auroral bulge was higher than in the arcs at the polar edge of the bulge. From this it follows that the precipitations of most energetic electrons occur at the polar edge of the auroral bulge.

Acknowledgements

We are grateful to E. Trøndsen and the University of Oslo, Department of Physics, Oslo, Norway for providing data from the All-Sky Imager and Longyearbyen.

We are thankful to Dr. S. Marple and the Department of Communications Systems at Lancaster University (UK) for the transform of the geographic coordinates of the image matrices in geomagnetic ones.

The study is part of the investigations in the frames of the program for fundamental space research between RAS and BAS, project 2.14.

References:

- 1. R e e s, M. H., D. L u c k e y, Auroral electron energy derived from ratio of spectroscopic emissions 1. Model computations, J. Geophys. Res., v.79, pp. 5181-5186, 1974.
- 2. R e e s, M. H., D. L u m m e r z h e i m, Characteristics of auroral electron precipitation derived from optical spectroscopy, J. Geophys. Res., v.94, pp. 6799-6815, 1989.
- 3. S t r i c k l a n d, D. J., R. R. M e i e r, J. H. He c h t, A. B. C h r i s t e n s e , Deducing composition and incident electron spectra from ground-based auroral optical measurements: theory and model results, J. Geophys. Res., v.94, pp. 13527-13539, 1989.
- 4. D e I P o z o, C. F., M. J. K o s c h, and F. H o n a r y, Estimation of the characteristic energy of electron precipitation, Ann. Geophys., v.20, pp.1349-1359, 2002.
- 5. Х в и ю з о в а, Т. А., С. В. Л е о н т ь е в, Характеристики полярных сияний, связанных с высокоскоростными потоками солнечного ветра от корональных дыр, Геомагнетизм и аэрономия, т.37, № 4, стр. 155-159, 1997.
- 6. Х в и ю з о в а, Т. А., С. В. Л е о н т ь е в, Спектральных характеристики полярных сияний, связанных с нестационарными потоками солнечного ветра, Геомагнетизм и аэрономия, т.41, № 3, стр. 337-341, 2001.
- 7. A k a s o f u S.-I., The development of the auroral substorm, Planet. Space Sci., v.12, pp.273-282, 1964.
- 8. С т а р к о в, Г. В., Я. И. Ф е л ь д ш т е й н, Суббури в полярных сияниях, Геомагнетизм и аэрономия, т.11, № 3, стр.560-562, 1971.
- 9. И с а е в, С. И., М. И. П у д о в к и н, Полярные сияния и процессы в магнитосфере Земли, Л.: Наука, стр.244, 1972.
- 10. A k a s o f u, S.-I., D. S. K I m b a I I, and C.-I. M e n g, Dynamics of the aurora II Westward travelling surges, J. Atmos. Terr. Phys. v.27(2), pp.173-187, 1965.
- 11. S e r g e e v, V. A., On the longitudinal localization of the substorm active region and its changes during substorm, Planet. Space Sci., v.22, pp.1341-1343, 1974.
- 12. С е р г е е в, В. А., А. Г. Я х н и н, Соответствие признаков взрывной фазы суббури, Геомагнитные исследования, М.: Сов. Радио. Вып. 24. стр.78-89, 1979.
- 13. S e r g e e v, V. A., A. G. Y a h n l n, The features of auroral bulge expansion, Planet. Space Sci., v.27, pp.1429- 1440, 1979.
- 14. A k a s o f u S.-I., Discrete, continuous and diffuse auroras, Planet. Space Sci., v.22, pp.1723-1726, 1974.
- 15. З в е р е в, В. Л., Г. В. С т а р к о в, Динамика приполюсной границы овала сияний в процессе развития авроральной суббури, Антарктика, М.: Наука, Вып.11, стр.29-40, 1972.
- 16. Д м и т р и е в а, Н. П., В. А. С е р г е е в, Появление авроральной электроструи на широтах полярной шапки: характеристики явления и возможность его использования для диагностики крупно масштабных высокоскоростных потоков солнечного ветра, Магнитосферные исследования, № 3, стр.58-66, 1984.
- 17. Д э с п и р а к, И. В., А. А. Л ю б ч и ч, Х. К. Б и р н а т, А. Г. Я х н и н, Полярная экспансия суббуревого западного электроджета в зависимости от параметров солнечного ветра и межпланетного магнитного поля, Геомагнетизм и аэрономия, т.48, № 3, стр.297-305, 2008.

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПОТЕНЦИАЛНИТЕ ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ДОБИВ НА СЛЪНЧЕВА ЕНЕРГИЯ С ИЗПОЛЗВАНЕ НА MC Vantage Pro2 Plus В ГР. СТ. ЗАГОРА

Веселин Ташев¹, Ролф Вернер¹, Мариана Горанова², Ангел Манев¹, Богдана Мендева¹, Димитър Вълев¹

¹Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките ²Технически университет София, Факултет по компютърни системи и управление e-mail: veselinlt@abv.bg;

Ключови думи: Слънчева радиация, слънчева енергия, метеорологични измервания

Резюме: Метеорологичната станция Vantage Pro2 Plus е предназначена за наблюдение на метеорологичните параметри на атмосферата като температура, относителна влажност, атмосферно налягане, валежи, скорост и посока на вятъра. С допълнителни сензори се измерват слънчевата радиация и ултравиолетово излъчване. Освен директно измерваните метеорологични параметри могат да се изчисляват и изследват и други характеристики на атмосферата и слънцето. В настоящето изложение е даден такъв пример. Чрез интегриране на данните за слънчевата радиация могат да се получат резултати за слънчевата енергия, която се усвоява за определен период от време от единица площ на земната повърхност. В настоящия доклад са обработени измерванията извършени в продължение на една година. С получените резултати може лесно да се изчисли ефективността на соларните станции монтирани в регион Стара Загора.

INVESTIGATE THE POTENTIAL POSSIBILITY FOR OBTAINING SOLAR ENERGY USING WS Vantage Pro2 Plus IN THE DEPARTMENT ST. ZAGORA

Veselin Tashev¹, Rolf Werner¹, Mariana Goranova², Angel Manev¹, Bogdana Mendeva, Dimitar Valev

¹Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences ²Technical University Sofia, Faculty of Computer Systems and Control e-mail: veselilt@abv.bg

Keywords: Solar radiation, solar energy, measurement of meteorological parameters

Abstract: Weather Station Vantage Pro2 Plus is designed for monitoring of meteorological parameters: temperature, relative humidity, barometric pressure, rainfall, wind speed and wind direction. With additional sensors can to measure solar radiation and ultraviolet radiation. Furthermore, direct measurement of meteorological parameters can be calculated and tested with other characteristics of the atmosphere and the sun. In this exhibition are some such examples. By integrating data on solar radiation can produce results for solar energy which is absorbed over a period of time per unit area of ground. In this report processed measurements made over one year. With the results obtained can easily calculate the efficiency of solar plants installed in Stara Zagora.

1. Въведение

Метеорологичната станция Vantage Pro 2 Plus е предназначена за измерване на метеорологичните параметри: температура, относителна влажност, атмосферно налягане, валежи, скорост и посока на вятъра. В сравнение с основния вариант на метеостанциите от типа на Vantage Pro, станцията Vantage Pro 2 Plus е снабдена с допълнителни сензори за измерване на слънчевата радиация и слънчевото ултравиолетово излъчване, като се отчитат интензивността на слънчевата радиация, дозата и индекс на ултравиолетовото излъчване.

Метеорологичната станция Vantage Pro 2 Plus предоставя на своите потребители освен седемте директно измервани метеорологични параметри и още над тридесет производни параметри, като слънчева енергия (Solar Energy), която се получава чрез интегриране по време на директно измерваната Слънчева радиация (Solar Radiation).

Метеостанцията Vantage Pro 2 Plus е продукт на американската корперация Davis. Поради това Слънчевата енергия е дадеан в единица Langley.

1 Langley = 11.622 Wh/m2

Всички данни за метеорологичните параметри могат да се експортират чрез файл в текстови формат за тяхната по-нататъшна обработка.

2. Теоретично описание на слънчевата радиация и слънчевата енергия

Слънчвата радиация е основен климатоопределящ фактор и главен източник на топлинна енергия за почти всички природни процеси развиващи се върху земната повърхност, в атмосферата и хидросферата. Слънчевата радиация е важен фактор и във фотосоларната енергетика, придобиваща все по-голяма актуалност през последните години.

Слънчевата енергия се излъчва главно като електромагнитна радиация със спектър на идеално черно тяло характеризиращо се с температура от приблизително 6000К. Слънчевата радиация е плътността на лъчистия енергиен поток излъчван от Слънцето, измерван на разстояние една астрономическа единица върху единица хоризонтална площ за единица време.

Една част от попадащата слънчевата радиация върху земната атмосфера се рефлектира директно обратно в космоса, а друга част се абсорбира в стратосферата и тропосферата. Общо около 19% от слънчевата енергия не достига долните слоеве на земната повърхност (Roedel, 1994) [4].

Количеството енергия на квадратен метър за определен период от време може да се получи чрез интегриране на слънчевата радиация по време. Интензитетът на слънчевата радиация попадаща върху земната повърхност, се изменя в зависимост от разстоянието Земя-Слънце. Степента на абсорбцията на слънчевата радиация зависи от дължината на оптичния път, който светлината трябва да премине през атмосферата за да достигне от горните слоеве на атмосферата до повърхността на Земята. Тя е обратнопропорционална на косинуса на ъгъла между положението на Слънцето и зенита. Интензитета на слънчевата радиация намалява главно поради поглъщането от водните пари в инфрачервената област на спектъра, озоновото поглъщане в ултравиолетовата област и разсейването от частиците във въздуха. Такива компоненти като въглеродния двуокис и някои други газове, които се съдържат в помалки количества в атмосферата, поглъщат част от топлинната радиация, излъчена от земната повърхност.

Слънчевата радиация попадаща върху дадена повърхност има две компоненти. Едната е директната радиация, падаща върху повърхността без изменение на посоката. Другата е дифузната радиация, която представлява сумата от разсеяната в атмосферата и отразена от почвата и околните предмети радиация, падаща върху дадена повърхност. Наличието на облаци води до отслабване на директната и увеличаване на разсеяната радиация.

В настояшите изследвания разчетите са направени за потока от слънчева енергия, който попада върху фотосоларните преобразователи, а каква част от него ще се усвои зависи от коефициента на полезно действие на съответните преобразователи.

3. Приложение на метеорологичната станция Vantage Pro 2 Plus за изследване на слънчевата енергия падаща на земята

Данните получени от метеорологичната станция се запазват във файлове с текстови формат като за всеки 15 минути е направено по едно измерване. След това тези данни се интегрират за всеки час, за всеки ден и за всеки месец. Получените резултати са показани в графичен и табличен вид.

Слънчевата енергия измерена за всеки час (сумарната слънчевата радиация за един час) от десет денонощия е показана на фиг.1. От графиката се вижда, че максимума на слънчевата енергия е приблизително от 10 часа до 17 часа. Логично е да се очаква, че през нощта добива на слънчева енергия е практически нула. На графиката се вижда добре изразения часови ход на стойностите на слънчевата енергия с максимум около Слънчевия зенит. В следствие на променящо се състояние на атмосферата и на облачността измерените стойности са по-малки от теоретичната оценка, а при безоблачно време се приближават до тези стойности. Следователно, отслабването на слънчевата радиация, респективно на слънчевата енергия в атмосферата не е едно и също за различните части на нейния спектър, а освен това зависи както от съдържанието на влага в атмосферата, така и от облачността.



Фиг. 1. Слънчева енергия измерена за всеки час

Например абсолютно сухият и чист въздух притежава най-голяма прозрачност за инфрачервената радиация и най-малка за ултравиолетовата радиация. Наличието на озон в атмосферата също оказва влияние в поглъщането на радиация в утравиолетовия и в далечния инфрачервен диапазон. Коя от компонентите какво влияние оказва не може точно да се посочи, но в случая е важно каква част от енргията достига до повърхността на земята.

На фиг. 2 е показано изменението на слънчевата енергия за различните дни (сумарната слънчева енергия за един ден) от месец Юли 2011 година и за същия месец през 2012 година.



Фиг. 2. Слънчева енергия измерена за всеки ден от месец юли 2011 и 2012 година

От графиката се вижда, че през месец Юли се наблюдава бавно намаляване на слънчевата енергия, но вариациите на радиацията в следствяие на облаците е по силно от тренда. Другия факт, който се наблюдава е, че слънчевата енергия за различните дни от месеца значително се различава по стойност. Въпреки, че височината на слънцето не се променя съществено практически, измерените резултати се различават, защото атмосферата е с различна пропускателна възможност. Пропускливостта на атмосферата значително се влияе от облаци, влага, прах, както и други замърсители които поглъщат слънчевата енергия. Много интересен факт, който се наблюдава е, че през едни и и същи дни от месеците Юли 2011 и Юли 2012 измерената слънчева енергия се различава значително, но за двата месеца общия добив е почти един и същи. Например за ден 1 и 31 разликата е повече от 2 пъти, а за двата месеца общата енергия е почти равна – 198 киловатчаса за Юли 2011 и 216 киловатчаса за Юли 2012 съответно. Подобни минимални разлики се получават и за другите месеци, което се вижда от месечното разпределение, както е показано в таблица 1.

Месец	2011 г. [kWh/m ²]	2012 г. [Kwh / m ²]
Юни	209	209
Юли	198	216
Август	181	178
Септември	133	136
Октомври	76	94

Табл. 1. Разпределение на слънчевата енергия по едноименни месеци

Например за месеците Юни 2011 г. и Юни 2012 г измерените стойности са едни и същи, а за останалите месеци разликите са много малки. С други думи наблюдаваме едно усредняване на месечна база. Тези първоначални резултати, въпреки, че не са достатъчни дават основание да се предположи, че би могло да се прогнозира със сравнително добра точност бъдещата ефективност на фотосоларните преобразователи.

На фиг. 3 е показано месечното разпределение на слънчевата енергия от месец Юли 2011 година до месец Октомври 2012 година.



Фиг. 3. Слънчева енергия разпределена по месеци за една година

Максималните стойности на средна слънчевата радиация се получават през месец юли поради голямата дължина на деня и голямата височина на Слънцето. Реалните стойности на слънчевата радиация през летните и ранните есенни месеци е около 50% от теоретично максималната радиация, а за късните есенни и наблюдаваните зимни месеци за 2011 – 2012 г, тя е около 30% от теоретично максималната радиация. Доколкото слънчевата енергия е акумулираната във времето слънчева радиация тази констатация се отнася и за нея.

В таблица 2 е показано разпределение на слънчевата енергия по месеци, а заедно с това стандартното отклонение и относителния спад. От таблицата се вижда, че стандартното отклонение и относителния спад за месеците Юли и Август през двете години се различават значително, докато средното количество енергия е почти едно и също. Това също е показателно, че факторите които влияят на слънчевата енергия и имат случаен характер като облаци, прах и други, взаимно се компенсират с течение на времето, а влиянието на слънчевото греене е с по-постоянен характер. Поради тази причина, през летните месеци, когато слънчевото греене е доминиращ фактор относителния спад е значително по-малък, отколкото през зимните месеци.

Табл. 2. Разпределение на слънчевата енергия по месеци

	Месец	Ι	П	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Х	XI	XII
Год													
-	Ср. ст. Wh/m ²							6391	5828	4449	2457	1796	1209
6	Ст. откл							1368	851	1033	1139	778	606
Ñ	Отн.сп.%							21	15	23	46	43	50
2012	Ср. ст. Wh/m ²	1510	2090	3592	4721	4521	6954	6977	5746				
	Ст. откл	756	1300	1323	1628	1785	975	512	1051				
	Отн.сп.%	50	62	37	34	39	14	7	18				

Друг интересен извод, който може да се направи е, че измерената енергия за период от една година е почти една и съща. Резултатите от тези разчети са дадени в таблица 3. При изчисляване на отклонението за базов е взет периода Ноември 2011 г. - Октомври 2012 г., като най-висок и поради тази причина в графата "Максимална разлика" е записана 0.

Интервал	Енергия	Макс.	Средна ст-т	Стандартно	Относителен
за една година		разлика	мес	отклонение	спад
	[Kwh / m2]	[%]	[Kwh / m2]		[%]
Юни 2011 г Май 2012 г.	1389	2.6			
Юли 2011 г Юни 2012 г.	1389	2.6	116	61	52
Август 2011г Юли 2012	1407	1.3	117	63	54
Септе 2011 г Август 2012	1405	1.5	117	63	54
Октом 2011 г Сеп 2012 г.	1407	1.3	117	63	54
Ноемр 2011 г Окт 2012 г.	1426	0	119	62	52

Табл. 3. Разпределение на слънчевата енергия по години

От таблица 3 се вижда, че максималното отклонение за периода Юни 2011 г. - Май 2012 г. е само 2.6% спрямо базовото Ноември 2011 г. - Октомври 2012 г. Още по-малки са отклоненията за останалите периоди, възлизащи на 1.3 % до 1.5%. Стандартното отклонение и относителния спад са почти едни исъщи. Тези резултати потвърждават в още по-голяма степен направените вече костатации за месечното разпределение на получената енергия, т. е налице е едно усредняване и за годишните периоди, при това разликата в наблюдаваното стандартно отклонение е още по-малко.

6. Заключение

От теоретична гледна точка споменахме много фактори, които оказват същественно влияние върху потока на слъчевата радиация, респективно върху количеството слънчева енергия, което достига до земята. Това се потвърди и от краткосрочните измервания с помощта на метеорологичната станция. При по-дългосрочните измервания, обаче се наблюдава едно усредняване и подтискане на разликата, особенно на годишна база. Това се дължи на факта, че тези изменения във времето са с различен знак, както положителни така и отрицателни и при тяхното сумиране за по-дълъг период от време те взаимно се компенсират.

Натрупаната база данни е все още сравнително малка за да се направят категорични научни заключения, но се надяваме че бъдещите изследвания ще потвърдят направените в този доклад първоначални констатации. Резултатите от това изследване могат да послужат като важен ориентир, за да се изчисли предварително очакваната енергия от фотоволтаичните преобразователи в определен географски регион.

Литература:

- 1. Davis Instruments Corp. Vantage Pro2 Plus. Reference Guide.
- 2. M e e u s, J. Astronomische Algorithmen, Johann Ambrosius BarthVerlag, Leipzig-Berlin-Heidelberg, 1993
- 3. L e a n , J. L., Solar irradiance and climate forcing in the near future, Geophzs. Res. Lett. 28, pp. 4119-4122, 2001.
- 4. R o e d e l, W. Physik unserer Umwelt, 2. Aufl., Springer-Verlag Berlin Heidelberg, S.48, 1994.

METHOD OF DETERMINATION OF THE SOLAR RADIATION EXTINCTION BY THE OXYGEN MOLECULES IN THE ATMOSPHERE

Veneta Guineva, Rolf Werner

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: v_guineva@yahoo.com; rolwer52@yahoo.co.uk

Keywords: O₂ atmospheric system, absorption, single scattering

Abstract: A method to compute the solar radiation extinction by the molecular oxygen in the atmosphere is developed. Absorption and single scattering towards the observer are included in the extinction model. Plane parallel, 100 km high atmosphere divided into layers with equal thickness is assumed. A computation following the "line-by-line" method is envisaged – the calculations are implemented consecutively for each rotational line from A (0,0) and b (1,0) bands of the oxygen atmospheric system.

МЕТОД ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ЕКСТИНКЦИЯТА НА СЛЪНЧЕВАТА РАДИАЦИЯ ОТ КИСЛОРОДНИТЕ МОЛЕКУЛИ В АТМОСФЕРАТА

Венета Гинева, Ролф Вернер

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките e-mail: v_guineva@yahoo.com; rolwer52@yahoo.co.uk

Ключови думи: атмосферна система на кислорода, абсорбция, еднократно разсейване

Резюме: Развит е метод за пресмятане на екстинкцията на слънчевата радиация от молекулния кислород в атмосферата. В модела на екстинкцията са включени абсорбция и еднократно разсейване в посока към наблюдателя. Разгледана е плоска атмосфера с височина 100 км, разделена на слоеве с еднаква дебелина. Предвижда се пресмятане по метода "линия по линия", при който премятанията се извършват последователно за всяка ротационна линия от ивиците A(0,0) и b(1,0) от атмосферната система на кислорода.

Introduction

Spectroscopic methods are a powerful tool of atmospheric research. They allow obtaining of information as for the atmospheric species concentration and for the atmospheric processes and parameters, including temperature, as well. For this purpose, in addition to spectroscopic measurements implementation, the processes in the atmosphere are to be modeled.

In this work a method to compute the solar radiation extinction in the atmosphere is developed when the solar radiation is registered at a given angle to the horizon. The term "extinction" means the light loss of a beam passing directly through the atmosphere. Two different mechanisms contribute to the extinction: absorption and scattering. In our model absorption and single scattering by the oxygen molecules towards the observer are included.

The theoretical computation of the shape and intensity of the extinction lines requires the presence of neutral atmosphere and radiation transfer models. Molecular oxygen is one of the main atmospheric constituents and this determines the major presence of its extinction bands in the observed solar spectrum. A number of computations of the oxygen absorption (e.g. in [1, 2, 3, 4]) and studies of the O_2 scattering in the atmosphere [5, 6, 7] have been implemented. The strongest absorption bands in the UV and visible spectral range are the ones of oxygen together with those of ozone and water vapour. The absorption in the visible range is strongest in the atmospheric system of O_2 . In this work we examine the A(0,0) and b(1,0) bands of this system.


Fig. 1. Sketch of the measurement geometry (single scattering assumed) along different directions below the Sun current position. Thus the scattered light absorption under different angles towards horizon can be registered. The atmosphere is divided into n layers with equal thickness and given concentration and temperature.

Atmospheric model and geometry of the indirect measurements

In fig.1 the geometry of the measurements for which the method was developed, is shown. A plane parallel atmosphere was assumed. As upper limit the height of 100 km was taken, and above it the absorption was neglected. The atmosphere was divided into 50 parallel levels. Every level was considered as homogenous and was characterized by a single value of the parameters *n*, *T* and *p* in the middle of the level. The concentration *n*, the temperature T and the pressure p were determined from the used atmospheric model.

Sunlight was considered as a parallel beam. During observations under different directions below the Sun current position (different angles towards horizon) and assuming single scattering in every observation direction rays scattered at different altitudes in the atmosphere are registered.

Theory

The attenuation of the solar light in the atmosphere is due mainly to absorption and scattering. In the common case after the Bouguer law:

(1)
$$I(\lambda) = I_0(\lambda) \exp(-\tau(\lambda)/\cos\theta)$$

where $I_0(\lambda)$ is the flux with wavelength λ at the upper edge of the atmosphere, $I(\lambda)$ is the flux reached the Earth (or any other considered height), θ is the zenith angle of the Sun, and $\tau(\lambda)$ is the optical depth. It is important that $\tau(\lambda)$ can be constituted of several components and generally it is given by the expression:

(2)
$$\tau(\lambda) = \tau_R(\lambda) + \tau_a(\lambda) + \tau_g(\lambda)$$

where $\tau_R(\lambda)$ is the Rayleigh optical depth, $\tau_a(\lambda)$ is the aerosol optical depth, and $\tau_g(\lambda)$ is the optical depth due to the gases absorption. Absorption optical depth at a height *z* is given by:

(3)
$$\tau(\lambda, z) = \frac{1}{\mu} \int_{z}^{\infty} n(z') \sum_{J} S_{J}[T(z')] f[n(z'), T(z'), ...] dz'$$

It depends on the vertical profiles of the concentration n(z') and the temperature T(z'), on the air mass factor μ , and on the individual rotational lines intensities $S_J(T)$ and profiles f.

The molecular Rayleigh scattering at wavelength λ is:

(4)
$$I = I_0 \frac{8\pi^4 \alpha^2}{\lambda^4 R^2} (1 + \cos^2 \vartheta)$$

where α is the polarizability of the molecule, *R* is the distance to it, and β is the scattering angle.

In a lot of investigations a precise estimate of the Rayleigh scattering in the Earth atmosphere is needed. For that reason the parameters, characterizing this type of scattering were well studied and defined [5]. A number of theoretical calculations [6, 7, 8] and experimental measurements [9, 10, 11, 12, 13] were published.

The Rayleigh scattering by a molecule can be defined as well by the total cross section $\sigma(\lambda)[cm2)$:

(5)
$$\sigma(\lambda) = \frac{24\pi^3}{\lambda^4 N^2} \frac{(n_{(\lambda)}^2 - 1)^2}{(n_{(\lambda)}^2 + 2)^2} F_{k(\lambda)}$$

where λ [*cm*] is the wavelength, *N*[*cm*3] is the molecular density, $n_{(\lambda)}$ is the refractive index, and $F_{k(\lambda)}$ is the King correction factor. The factor $(n_{(\lambda)}^2 - 1)^2 / (n_{(\lambda)}^2 + 2)^2$ is an effect of the local electrostatic field, known as Clausius-Mossotti or Lorentz-Lorenz factor, and it is proportional to *N*. The King correction factor is defined by:

(6)
$$F_{k(\lambda)} = \frac{6+3\rho_n}{6-7\rho_n}$$

where ρ_n is the depolarization factor of the natural or non-polarized light taking into account the anisotropy of the non-spherical molecules.

Scattered light per unit volume is characterized by the coefficient of total volume Rayleigh scattering β [*cm*-1]. At height *z*' it is given by the formula:

(7)
$$\beta(\lambda, z') = N(z')\sigma(\lambda)$$

Then the Rayleigh optical depth at height z is defined by the integral:

(8)
$$\tau(\lambda, z) = \int_{z}^{\infty} \beta(\lambda, z') dz'$$

The angular distribution of scattered light is described by the Rayleigh phase function:

(9)
$$P_{ray}(\vartheta) = \frac{3}{4(1+2\gamma)} \left[(1+3\gamma) + (1-\gamma)\cos^2 \vartheta \right]$$

γ is defined by

(10)
$$\gamma = \frac{\rho_n}{2 - \rho_n}$$

where ρ_n is the depolarization factor.

Then the angular coefficient of volume Rayleigh scattering is:

(11)
$$\beta(\vartheta,\lambda,z) = \frac{\beta(\lambda,z)}{4\pi} P_{ray}$$

Methods of computation

The principal scheme to implement the computations for the assumed atmosphere model is shown in fig.2. The observation is carried out from point *A* under angle α towards horizon, in direction I_1 . The line of observation intersects the upper limit of the atmosphere in point L_1 . The zenith angle of the Sun is θ , the direction to the Sun from the point of observation *A*(*I*) crosses the upper limit of the atmosphere in point *L*. All columns with section unity from point *L* to point L_1 are included in the calculations, with step *c* in horizontal direction. Their number depends on the angle of observation α and the step chosen for the calculations.

Let's consider such a column starting from point *B* at the upper limit of the atmosphere (fig.2). The computations can be divided into 3 principal parts: 1) calculation of the O_2 absorption from the



Fig. 2. Principal scheme of the O_2 extinction computations assuming observation under angle α towards horizon. The calculations for every considered ray are divided into 3 parts: calculation of the absorption from the upper edge of the atmosphere to the crossing point *O* of the ray with the direction of observation, single scattering in the direction of observation I_1 and absorption of the obtained radiation from that point to the Earth in the direction of observation.

upper limit of the atmosphere to point *O*, where the solar rays reach the direction of observation; 2) calculation of the single scattering of the transmitted radiation in the direction of observation; 3) calculation of the absorption of the received up to here radiation from point *O* to the observer.

Computing the O_2 absorption from the upper limit of the atmosphere to the direction of observation

The computation of the absorption from the upper limit of the atmosphere to the line of observation is carried out as for direct observation of the Sun. Detailed calculations of the A(0,0) and b(1,0) bands absorption bands from O_2 atmospheric system and plane parallel atmosphere are described in [3,14]. The absorption spectra are computed by the so-called line-by line calculations method [1]. The intensity and profile of every rotational line are determined for every specified atmospheric layer. The needed parameters for every rotational transition at standard conditions are taken from HITRAN 96 data base [15]. Temperature and concentration profiles from U.S. Standard Atmosphere 1976 are used. The computations are implemented with a step of 0.01 cm⁻¹ for the intervals 12880 \div 13190 cm⁻¹ (7580 \div 7760 Å) and 14280 \div 14590 cm⁻¹ (6850 \div 7000 Å) which cover completely the spectral ranges of the bands A(0,0) and b(1,0). The water vapour absorption in the (1,0) band range can be included as well, because the O_2 and H_2O spectra are superimposed for high values of the rotational quantum number *J* [16].

Computing the single scattering of the transmitted radiation in the direction of observation

The scattering cross section computed for certain wavelengths, from 200 nm to 4000 nm was presented in tables by Bucholtz [7]. For the scattering cross section for λ >500 nm, where the examined O₂ bands lie, the following dependence on λ was obtained by the least squares method:

(12)
$$\sigma(\lambda) = A \lambda^{-(B+C\lambda+D/\lambda)}$$

where A=4.01061x10⁻²⁸, B=3.99668, C=1.10298x10⁻³, D=2.71393x10⁻². Thus the scattering cross section can be obtained with an accuracy of 0.1%. The total volume Rayleigh scattering β at height z'=OH is obtained by formula (7). The density at that height is defined by the used atmospheric model U.S. Standard Atmosphere 1976. The scattering in the direction of the line of observation is under angle $\vartheta = 90^{\circ} - \alpha - \theta$ and the angle coefficient of volume scattering is calculated by (11). The phase function is computed by (9). For γ a value obtained by linear approximation of the presented in tables in [7] values is used. For single scattering, $\tau(\vartheta, \lambda, z') = \beta(\vartheta, \lambda, z')$ is applied.

Computing the absorption after the scattering, in the direction of observation

These calculations are carried out for the layers from point *O* to point *A* as the ones in the first part. In this case the angle $\delta = \beta + \theta$ is assumed as light source zenith angle, β being the angle of scattering in the direction of observation and θ – the zenith angle of the Sun.

Conclusions

A method to compute the extinction of the solar radiation from the molecular oxygen in the Earth atmosphere is presented. The (0,0) and (1,0) bands of the atmospheric system of O₂ are envisaged. Absorption and single scattering are included in the computations and described in detail. The indispensable parameters are specified.

In a future work the program realization of the method will be completed and the results will be analyzed.

References:

- 1. B u c h o l t z, A. et al., Planet. Space Sci., 34(11), 1031-1035, 1986.
- 2. MIynczak, M. G., Geophys. Res. Lett., 20(14), 1439-1442, 1993.
- W e r n e r, R., V. G u i n e v a, V. T s a n e v, D. D a n e v a, Modeling of the Atmospheric Absorption of the molecular oxygen, Proceedings of the 7th National Conference with International Participation "Contemporary problems of the Solar-Terrestrial Influences", 55-58, 2000.
- 4. W e r n e r, R., V. G u i n e v a, V. T s a n e v, D. Daneva, Modelling the Atmospheric Absorption of the Molecular Oxygen, Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences, 54(7), 7-12, 2001.
- 5. E. J. M c C a r t n e y, Optics of the Atmosphere, Scattering by Molecules and Particles, 1st ed. (Wiley, New York, 1976), Chap.4, 176-215.
- 6. F r ö h I I c h, C., G. E. S h a w, New determination of Rayleigh scattering in the terrestrial atmosphere, Appl. Optics, 19(11), 1773-1775, 1980.
- 7. B u c h o l t z, A., Rayleigh-scattering calculations for the terrestrial atmosphere, Appl. Optics, 34(15), 2765-2773, 1995.
- 8. B a t e s, D. R., 1984. Rayleigh scattering by air, Planet. Space Sci., 32, 785-790.
- 9. S h a r d a n a n d and A. D. P r a s a d R a o, Absolute Rayleigh scattering cross sections of gases and freons of stratospheric interest in the visible and ultraviolet regions, NASA TN D-8442, 1977.
- 10. N a u s, H., J. F. D r I s c o I I, Experimental verification of Rayleigh scattering cross sections, Optics Letters, 25(5), 347-349, 2000.
- 11. C o x, A. J., A. J. D e W e e r d, J. L i n d e n, An experiment to measure Mie and Rayleigh total scattering cross sections, Am. J. Phys., 70(6), 620-625, 2002.
- 12. S u t t o n, J. A., J. F. D r i s c o I I, Rayleigh scattering cross sections of combustion species at 266, 355 and 532 nm for thermometry applications, Optics Letters, 29(22), 2620-2622, 2004.
- 13. S n e e p, M., W. U b a c h s, Direct measurement of the Rayleigh scattering cross section in various gases, J. Quant. Spectr. Rad. Transfer, 92, 293-310, 2005.
- 14. G u i n e v a, V., R. W e r n e r, O₂ absorption measurements and modeling, connection to the troposphere temperature, Sun and Geosphere, The International Journal of Research and Applications, 1, N1, 56-60, 2006.
- 15. R o t h m a n, L. S., et al., J.Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer,60(5), 665-710, 1998.
- 16. G u i n e v a, V., R. W e r n e r, I. V i n c e, High Resolution Spectroscopic Measurements and Theoretical Study of the (1,0) Band from the O₂ Atmospheric system, International Conference. Fundamental Space Research. Recent Development in Geoecology Monitoring of the Black Sea Area and their Prospects, Sunny Beach, 184-187, 2008.

SES 2012 Eighth Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, SAFETY 4 – 6 December 2012, Sofia, Bulgaria

АНОМАЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ В ВЕРХНЕЙ ИОНОСФЕРЕ И ИХ МОДИФИКАЦИЯ ПРИ МОЩНОМ ВЫСОКОЧАСТОТНОМ НАГРЕВЕ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВ ИНТЕРКОСМОС БОЛГАРИЯ-1300 И КОСМОС-1809

Геннадий Беляев¹, Бойчо Бойчев², Владимир Костин³, Геннадий Комраков⁴, Елена Трушкина¹, Ольга Овчаренко¹

¹Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН e-mail: belyaev@izmiran.ru ²Институт космических исследований – Болгарская академия наук e-mail: boytchev@bas.bg ³Государственный университет управления, Москва, Россия e-mail: kostin@maryno.net ⁴Научно-исследовательский радиофизический институт. Нижний Новгород. Россия

Абстракт: Продолжен детальный анализ аномальных структур в верхней ионосфере над циклонами, достигшими ураганной силы, и терминатором и их модификации при мощном дополнительном нагреве ВЧ-излучением стенда Сура. Выявлено специфическое изменение параметров ионосферы в зените над ураганом на стадии его зарождения и развития. Показано, что развитие bubbles, которые регулярно наблюдались при высокой солнечной активности на высотах ~ 900 км за терминатором, подавляется при развитии урагана и при работе стенда Сура. Данный эффект наблюдается на витках, проходящих западнее плоскости магнитного меридиана. Обнаружено, что ВЧ нагрев излучением стенда Сура проявляется также и в полярной ионосфере.

ANOMALOUS STRUCTURES IN UPPER IONOSPHERE AND THERE MODIFICATIONS WITH STRONG HIGH-FREGUENCY HEATING ACCORDING **INTERCOSMOS BULGARIA-1300 AND KOSMOS-1809 SATELLITES DATA**

Gennady Belyaev¹, Boycho Boychev², Vladimir Kostin³, Gennady Komrakov⁴, Elena Trushkina¹, Olga Ovcharenko¹

¹Institute of Terrestrial Magnetism Ionosphere and Radio Wave Propagation RAS e-mail: belyaev@izmiran.ru ²Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: boytchev@bas.bg ³State University of Management, Moscow, Russia e-mail: kostin@maryno.net ⁴Research radio physical institute, Nizhniy Novgorod, Russia

Abstract: The detailed analysis of anomalous structures in the upper ionosphere above the cyclones, which reached hurricane force, and terminator and their modification with the powerful supplemental heat by the HF- emission of the stand Sura is continued. Specific changes of the ionosphere parameters in the zenith above the hurricane at the stage of its origin and stage of intensification are revealed. It is shown that the development of bubbles, which were regularly observed at the heights ~ of 900 short circuits by terminator with the high solar activity, is suppressed with the development of hurricane and with the work of the stand Sura. This effect is observed on the turns, which pass to the west of the magnetic meridian planes. It is discovered, that the HF heating by the emission of the stand Sura is manifested also in the polar ionosphere.

Введение

Научная аппаратура спутника Интеркосмос-Болгария-1300 была разработана в Болгарии и состояла 11 приборов, предназначенных для исследования физических процессов в ионосфере и магнитосфере. Спутник был запушен 7 августа 1981, в год 1300-летия Болгарии и работал по 1983 г. на орбите с апогеем ~ 900 км, перигеем ~ 800 км и наклонением - 81,3°. Это был первый спутник серии Интеркосмос с трехосной стабилизацией и аппаратурой, имеющей хорошее временное разрешение.

Специалисты ИЗМИРАН принимали участие в создании и обработке данных научного комплекса ИЭСП-ИМПМ [1,2], измерявшего 6 компонент э/м поля в диапазоне 0,1-8 Гц, и трехкомпонентного магнитометра ИМАП [3]. Результаты измерений спутника позволили:

• построить эмпирические модели электрического поля в авроральной ионосфере в зависимости от состояния солнечного ветра и соответствующие модели конвекции плазмы [4-6];

• обнаружить проникновение аврорального электрического поля в главный ионосферный провал [7-8];

исследовать структуру продольных токов в авроральном овале [3, 9-12];

• выяснить поляризационные и спектральные характеристики э/м скачков (ЭМС) над различными областями полярных сияний, их взаимосвязь с потоками энергичных частиц, предложить самосогласованную модель ЭМС [13-14].

Уникальность измерений со спутника Интеркосмос-Болгария-1300 заключается в том, что они получены в годы очень высокой солнечной активности, которая в текущем солнечном цикле не достигается. Через 10 лет другой исследовательский спутник Космос-1809 также работал в годы максимума солнечной активности на квазикруговой орбите в верхней ионосфере. Поэтому авторы этой работы воспользовались данными этих спутников для анализа аномальных структур не только в авроральной области, но и в экваториальной ионосфере [15-17].

В ходе углубленного анализа, который представлен ниже, было обнаружено, что активное воздействие на ионосферу мощного высокочастотного излучения стенда Сура во время вечернего терминатора может демпфировать тайфун и подавлять развитие bubbles, которые достигают верхней ионосферы при высокой солнечной активности. Активное воздействие на ионосферу излучением стенда Сура, в отдельных случаях, может нарушить развитие суббури, как было показано в работе [18]. В данной работе представлены также эффекты воздействия излучения стенда Сура на структуры полярной ионосферы обоих полушарий.

Экспериментальные результаты и их интерпретация

Одной из важных научных задач, решаемых в начале работы спутника Интеркосмос-Болгария-1300, было подтвердить существование на L = 1.1 – 1.8 пояса высокоэнергичных электронов (E > 20 МэВ) с помощью прибора «Электрон» [19]. Для этого включение научной аппаратуры было запланировано при пролетах вблизи Бразильской магнитной аномалии, где высота отражения захваченных электронов понижается.

В это время (август – сентябрь 1981 г.) в атлантическом океане наблюдалась целая серия тропических ураганов. Сильнейший из них ураган IV категории Harvey развился 11 – 19 сентября с максимальной скоростью ветра порядка 215 км/ч и падением давления 946 hPa. Обычно ураганы в этом регионе развиваются из тропических волн, зарождающихся над антициклоном в Западной Африке.



Рис. 1. А – зарождение урагана Harvey над Западной Сахарой L=1.25; В – флуктуации электронной компоненты на широте центра высотного антициклона над ураганом L=1.5

На рис. 1 и 2 представлены отдельные результаты, полученные со спутника Интеркосмос-Болгария-1300, с учетом динамики развития тропической волны (тропическая депрессия и тропический шторм) до стадии урагана и его разрушения. Приводятся данные измерений: плотности N_i, N_e в логарифмическом масштабе, температуры T_e, потенциала спутника и ОНЧ-колебаний, регистрируемых в каналах 140 Гц, 1200 Гц и 4900 Гц.

Панель А на рис. 1 за 29.08.81г. соответствует периоду зарождения тропической волны. Всплески плотности Ne и провалы N_i на L=1.25 наблюдаются над антициклоном в Западной Африке. Такие структуры наблюдались авторами над электромагнитными скачками вблизи аврорального овала над восходящими струями ионов [13,14]. Типичный провал плотности вблизи магнитного экватора соответствует перестройке ионосферы за терминатором в период высокой солнечной активности (F_{10.7} ~ 260). Поведение температуры электронов и спектра ОНЧ колебаний являются хорошими индикаторами различных физических процессов в плазме и поэтому приводятся на рисунке.

Панель В на рис.1 соответствует началу затухания урагана Harvey. Скорость ветра в циклоне понизилась до 110 км/ч, а давление повысилось до 995 hPa. В архивных данных [20] указывается, что в период с 11 по 15 сентября 1981 г. в стратосфере над ураганом Harvey сформировался мощный антициклон. К 17 сентября «глаз» урагана (36,8 N, 50,6 W) два дня удалялся на север от высотного антициклона (на ~ 30 N), на широте которого (L = 1.5) наблюдаются флуктуации N_e, которые можно объяснить проникновением восходящего потока нейтралов на высоты верхней ионосферы. В этой области наблюдается необычно значительное падение потенциала спутника. Дополнительный пик плотности L = 1.23 соответствует выносу плазмы с Е-слоя ионосферы на высоты верхней ионосферы. Данный эффект подробно разбирался в работе [15]. В работе авторов [16] было отмечено, что если два супертайфуна взаимодействуют (Page и Owen), то восходящего потока не отмечается. Следует отметить, что в сопряженном полушарии уменьшается влияние урагана, и развиваются bubbles (L = 1.23).



Рис. 2. Влияние на ионосферу тропического шторма Harvey (38 N, 44 W) и зарождающегося урагана Irene (14 N, 30 W)

18 сентября 1981 г. ураган Harvey ослабел, перешел в стадию тропического шторма, и его влияние на ионосферу уменьшилось, поэтому с обеих сторон от геомагнитного экватора наблюдаются сильные структуры bubbles (панель A рис. 2). Более слабые флуктуации плотности типа малых bubbles на L = 1.32 - 1.54 приходятся на магнитосопряженную область зарождающегося урагана Irene. Похожая аномальная депрессия плотности в ионосфере над зарождающимся тайфуном Aviona ранее отмечалась в [16]. На панели В рис. 2 представлен следующий виток 18.09.1981 г., который был ближе к центру тропического шторма (TS) Harvey и дальше от зарождающегося Irene. Видны флуктуации плотности электронов над центром тропического шторма (L = 1.33), подавление bubbles в окрестности геомагнитного экватора и аномальное поведение плотности и температуры в магнитосопряженном районе (L = 1.22 - 1.22 - 1.24

1.33). На следующем витке, который проходил западнее магнитного меридиана, проходящего через TS Harvey, развитие bubbles было полностью подавлено [17].

Ранее в работе [15] подробно рассматривались параметры ионосферы в окрестности тайфуна V категории Harry. Траектория спутника проходила ~ на 2° западнее «глаза» тайфуна. Плотность N_e и ее вариации представлены на рис.3. Отчетливо выделяются следующие эффекты:

- пик плотности над «глазом» тайфуна, который возникает из-за столкновения нейтралов с ионами плазмы. Струя над высотным антициклоном, по-видимому, достигает высоты ~ 1500 км, что следует из характерного поведения электрического поля [15]. Такая же зависимость наблюдалась и над тайфуном Sina [16];
- размытый максимум плотности (выделялся и на предыдущем витке) проецируется по магнитному полю на Е-область широты тайфуна Harry. Локальное повышение плотности плазмы в верхней ионосфере обнаруживается при интенсификации многих тропических циклонов, например, 24.09.1992 г. в половине из цепочки в 10 тайфунов I-III категорий [16].



Рис. 3. Формирование пика плотности плазмы в зените над «глазом» тайфуна Harry

Флуктуации плотности N_e на рис.3 аналогичны представленным на рис. 1 и 2. Чтобы разобраться с физикой происходящих процессов были привлечены данные активных экспериментов в космосе, полученные со спутника Космос-1809.

В работе [17] авторами было показано, что наблюдается корреляция между исчезновением bubbles и работой нагревного стенда Сура. В таблице 1 приведены даты, режимы работы стенда Сура и рабочие витки спутника Космос-1809.

Таблица 1. Режимы работы стенда Сура под витки спутника Космос-1809, звездочками отмечены	
витки, проходящие в южном полушарии.	

N⁰	Дата	Время, UT	f, кГц	P, MBt	Режим	Fкр	∑Кр	Виток
1	21.2.91	17:50-18:00	5828		непр			
		18:00-18:10		165	мод.850			21092*
		18:20-18:30			непр	7,0	17	
		18:30-18:40			850 Гц			21093
		20:04-20:14	4785		непр	5,1		21093*
		20:14-20:24		150	850 Гц			21094
2	20.05.93	15:27-15:46	5828	150	140 Гц, изл.5, пауз. 2 мин			32411*
		15:56-16:18			140 Гц, 4-2-4-2-4-2-4 мин			32412
		17:08-17:27			140 Гц, 5-2-5-2-5 мин			32412*
		17:37-17:59			140 Гц, 4-2-4-	140 Гц, 4-2-4-2-4-2-4 мин		32413
3	21.05.93	15:43-16:02	5828	150	140 Гц, изл.5, пауз.2 мин			32425*
		16:12-16:34			140 Гц, 4-2-4-2-4-2-4 мин			32426
		17:57-18:19			140 Гц, 4-2-4-2-4-2-4 мин			32427

На рис. 4 представлены измерения плотности электронов на пяти последовательных витках спутника Космос-1809 21.02.1991 г. в период высокой солнечной активности (F_{10.7} ~ 300). Звездочками отмечены положение стенда Сура и его магнитосопряженная точка в южном полушарии. Траектории витков проходили за вечерним терминатором. До включения стенда Сура (виток 21091) в экваториальной ионосфере наблюдалось интенсивное формирования bubbles. Работа стенда сура на витках 21092 и 21093 привела к подавлению bubbles на L = 1.1 – 1.27. После выключения стенда формирование bubbles на витках 21094, 21095 восстановилось. Следует отметить, что развитие тропического циклона II категории Debra привело к увеличению плотности плазмы в ионосфере прилегающего региона (виток 21092).



Рис. 4. Подавление развития bubbles на 1.1< L<1.27 при работе стенда Сура

Аналогичные результаты были получены 18.02.1991 г., но там рабочий виток 21051 пересекал плоскость магнитного меридиана Суры, и за ним bubbles были развиты [17,21].



Рис. 5. Влияние работы стенда Сура на полярную ионосферу. Внизу рисунка интервалы работы стенда отмечены жирными линиями

Совместные работы стенда Сура и ИСЗ Космос-1809 проводились в 1991-1993 гг. Первые результаты были представлены в работе [22]. Наиболее отчетливо эффекты воздействия высокочастотного излучения (ВЧ) стенда Сура на полярную ионосферу проявлялись в дневных условиях при слабой солнечной активности, когда ВЧ излучение дополнительно модулировалось частотами, которые регистрировались каналами ОНЧ комплекса спутника Космос-1809. Несколько таких регистраций показаны на рис. 5, активность Солнца была F_{10.7} ~ 100, а частота модуляции составляла 140 Гц.

В приведенных данных можно выделить несколько механизмов воздействия мощного модулированного ВЧ излучения на плазму ионосферы:

- генерация электромагнитной волны на частоте модуляции, что проявляется в канале 140 Гц (витки в южном полушарии 32412* и 32425). Данное излучение охватывает область западнее стенда Сура (L = 2,7) до полярного овала (L ~ 6) и исчезает при выключении стенда;
- возбуждение перемещающихся ионосферных возмущений небольшой интенсивности восточнее магнитного меридианы Суры на L = 1,8 - 2,7 и значительно большей интенсивности на L = 2,7 - 4 (виток 32412 и 32426). Данные результаты согласуются с отдельными выводами работ [18,23,24].

В более сложном случае, когда ВЧ излучение стенда Сура действует на неустойчивую плазму вблизи терминатора при высокой солнечной активности возможно подавление длинноволновых колебаний Релея-Тейлора, что приводит к прекращению роста bubbles. Этот механизм и анализ динамики плазмы ионосферы над тропическими циклонами требует дальнейших исследований.

Выводы

1. Влияние мощных тропических циклонов необходимо учитывать в модели IRI.

2. Возникновение урагана в Атлантике, вероятно, можно прогнозировать за ~10 дней по аномальным характеристикам верхней ионосферы над зарождающейся тропической волной.

3. Показано, что за 1-2 дня до формирования в Атлантике тропической депрессии в верхней ионосфере наблюдается депрессия плотности плазмы со структурами подобными солитонам.

4. Развитие неустойчивости Релея-Тейлора, приводящей к формированию bubbles в ионосфере за терминатором, локально подавляется как при интенсификации ураганов, так и при мощном ВЧ излучении нагревного стенда Сура.

Авторы благодарят профессоров П. Гецова, В. Д. Кузнецова и Ю. Я. Ружина за поддержку работы.

Литература:

- Stanev, G., M. Petrunova, D. Teodosiev, I. Kutiev, K. Serafimov, S. Chapkunov, V. Chmyrev, N. Isaev, P. Puschaev, I. Pimenov. An instrument for DC electric field and AG-electric and magnetic field measurements aboard "Intercosmos-Bulgaria-1300" satellite // Adv. Space Res. Vol.2. No 7, pp. 43-47. 1983.
- 2. А фанасьев, Ю. В., С. В. Биличенко, Ю. Н. Бобков, Г. А. Внучков, П. П. Пущаев, В. М. Чмырев. Измерение вариаций геомагнитного поля в диапазоне частот 0,1-8 Гц на спутнике «Интеркосмос-Болгария-1300» // Научная аппаратура. Т. 2. № 2. С. 15-27. 1987.
- 3. Аршинков, И. С., А. В. Бочиев, Н. С. Абаджиев, К. И. Аршинкова, В. Н. Велев, Е. Г. Захариева, Ю. Б. Мандил, Ш. Ш. Долгинов, Л. Н. Жузгов, В. П. Косачева, Л. В. Струнникова, Л. О. Тюрмина, В. А. Шарова, С. И. Школьникова. Первые результаты измерений магнитного поля на спутнике "Интеркосмос-Болгария-1300" // Космические исследования. Т. 21. Вып. 5. С. 710-717. 1983.
- 4. И с а е в, Н. В., Е. П. Т р у ш к и н а, Н. К. О с и п о в. Эмпирические модели электрического поля в высокоширотной ионосфере // Препринт № 51 (936). М.: ИЗМИРАН. С. 40. 1990.
- 5. И с а е в, Н. В., Н. К. О с и п о в, Г. С т а н е в, Е. П. Т р у ш к и н а. Электрическое поле в высокоширотной ионосфере при больших положительных величинах B_z компонент межпланетного магнитного поля (ММП) по данным измерений на ИСЗ «ИК-Болгария-1300» // Bulgaarian Geophysical Journal. Vol. 27. No. 1, pp. 29-36, 1991.
- С т а н е в, Г. А. Структура квазипостоянного электрического поля в высокоширотной ионосфере (результаты эксперимента на ИСЗ «Интеркосмос-Болгария-1300» и модель) // Кандидатская диссертация. ИЗМИРАН. 1991.
- 7. Is a e v, N. V., G. L. G d a l e v i c h, N. P. B e n k o v a, V. G u b s k y, E. P. T r u s h k i n a, E. F. K o z l o v, N. I. S a m o r o k i n, G. S t a n e v, D. T e o d o s i e v, T. S a m a r d j i e v. Auroral electric field penetration into the middle-latitude trough // Adv. Space Res. Vol. 7. No. 8, pp. 59-65, 1987.

- Гдалевич, Г., Н. И саев, В. Губский, Е. Трушкина, Г. Станев. Влияние электрического поля на структуру главного ионосферного провала // Космические исследования. Т. 28. Вып. 2. С. 235-242. 1990.
- 9. Бочев, А., Н. Дачев, Л. Н. Жузгов, В. И. Лазарев, М. В. Тельцов, С. И. Школьникова. Высокоширотные исследования потоков заряженных частици продольных токов на ионосферной станции "Интеркосмос-Болгария-1300" // Геомагнетизм и аэрономия. Т. 24. № 6. С. 948-955. 1984.
- 10. Is a e v, N. V., A. G. Y a c h n i n, S. V. B i l i c h e n k o, V. I. L a z a r e v, G. A. S t a n e v, D. K. T e o d o s s i e v, N. P e t k o v, E. E. T i m o f e e v, V. M. C h m y r e v. A comporision of satellite measurements of electric and magnetic fields and particle fluxes with ground-based data // Adv. Space Res. Vol. 3. No. 5, pp.101-107, 1985.
- 11. И саев, Н. В., А. Г. Яхнин, С. В. Биличенко, В. М. Чмырев, Г. Станев, Р. Пеллинен, Д. Теодосиев, Т. Н. Колосова, М. В. Тельцов, В. И. Лазарев, Е. Е. Тимофеев, Н. Петков, Е. П. Трушкина, С. И. Школьникова. Сопоставление спутниковых измерений электрических и магнитных полей и потоков частиц с наземными геофизическими данными в раннем утреннем секторе авроральной зоны // Космические исследования. Т. 25. № 1. С. 74-85. 1987.
- 12. Т и м о ф е е в, У. У., А. Г. Я х н и н, Н. В. И с а е в, Е. П. Т р у ш к и н а, Г. А. С т а н е в, Р. И. П е л л и н е н. Пространственные профили электрического поля и электронной концентрации в области регистрации аврорального рассеяния радиоволн // Геомагнетизм и аэрономия. Т. 28. № 5. С. 871-874. 1988.
- 13. Ч м ы р е в, В. М., С. В. Б и л и ч е н к о, Ю. Б. К а з а н с к а я, В. М. К о с т и н, В. И. Л а з а р е в, М. В. Т е л ь ц о в. Авроральные частицы, связанные с нелинейными альвеновскими волнами // Геомагнетизм и аэрономия. Т.26. № 2. С. 275-281. 1986.
- 14. Беляев, Г., В. Костин, Е. Трушкина, О. Овчаренко, Б. Бойчев, Н. Банков. Взаимодействие косых альвеновских волн с ионосферой по данным спутника Интеркосмос-Болгария-1300 // Proceedings SENS 2009. Sofia, Bulgaria, pp.13-19, 2010.
- 15. I s a e v, N. V., V. M. K o s t i n, G. G. B e I y a e v, O. Y a. O v c h a r e n k o, and E. P. T r u s h k i n a. Disturbances of the Topside Ionosphere Caused by Typhoons // Geomagn. Aeron. Vol. 50, No. 2, pp. 243-254, 2010.
- 16. Беляев, Г., В. Костин, Е. Трушкина О. Овчаренко, Б. Бойчев. Вариации параметров ионосферы при формировании и развитии тайфунов // Proceedings SES 2010, Sofia, Bulgaria, pp. 83-90. 2011.
- 17. Belyaev, G., N. Bankov, B. Boychev, V. Kostin, E. Trushkina, O. Ovcharenko. Observation of Plasma Oscillating Structures in Externaal Ionosphere over Cyclones // SunGeo. Vol. 7, No. 1, pp. 51-55, 2012.
- 18. Ружин, Ю. Я., В. Д. Кузнецов, В. И., Ковалев, И. Н. Бершадская, Г. Ф. Карабаджак, Ю. А. Пластинин, В. Л. Фролов, Г. П. Комраков, М. Паро. О возможности локализации суббури нагревным стендом «Сура» // Изв. вузов. Радиофизика. Т. 55, № 1. С. 94-105. 2012.
- 19. Гальпер, А. М., В. М. Грачев, В. В. Дмитриенко, В. Г. Кирилов-Угрюмов, С. Е. Урин. Новая компонента внутреннего радиационного пояса Земли – электроны высоких энергий // Письма ЖЭТФ. Т. 38, № 8. С. 409-411. 1983.
- 20. http://www.nhc.noaa.gov/climo/; www.usno.navy.mil.
- 21. К о с т и н, В. М., Г. Г. Б е л я е в, Е. П. Т р у ш к и н а, О. Я. О в ч а р е н к о. Аномальные квазипериодические структуры в верхней ионосфере, наблюдавшиеся с ИСЗ Космос-1809 при работе стенда Сура // Сб. докладов VII конференции ОФН РАН «Физика плазмы в солнечной системе». ИКИ РАН, 6-10 февраля 2012, С. 71. http://plasma2012.cosmos.ru/presentations?page=1 (Kostin2012_0.ppt).
- 22. Kostin, V. M., Yu. A. Romanovski, V. M. Chmyrev, V. M. Sinelnikov, V. V. Afonin, N. D. Borisov, N. V. Isaev, G. P. Komrakov, O. Ya. Ovcharenko, Ya. P. Sobolev, and E. P. Trushkina, Satellite Investigations of Disturbances of the Outer Ionosphere Due to Modification of the Ionosperic F-Region by High-Power HF Radio Waves, *Cosmic Research. Engl. Transl.*, Vol. 31, No. 1, pp.67-73, 1993.
- 23. Ч е р н о г о р, Л. Ф., В. Л. Ф р о л о в. Перемещающиеся ионосферные возмущения, генерируемые периодическим нагревом плазмы мощным высокочастотным радиоизлучением // Изв. вузов. Радиофизика. Т. 55, № 1. С. 14-35. 2012
- 24. S o r o k i n, V. M., O. A. P o k h o t e l o v. The Effect of Wind on the Gravity Wave Propagation in the Earth's Ionosphere // J. Atmos. Solar-Terr. Phys. Vol. 72, No. 2-3, pp. 213-218, 2010.

THE EXPERIMENT ON ELECTRIC FIELDS MEASUREMENT IN A BROAD BAND "AMEF-WB/IESP-3R" AND ELECTROMAGNETIC WAVE ANALIZER "ELMAVAN" FOR "RESONANCE" PROJECT

Boycho Boychev¹, Mikhail Mogilevsky², Gennady Belyaev³, Boris Hotinov¹, Tatyana Romantsova², Vladimir Boychev¹, Konstantin Metodiev¹, Pavlin Gramatikov¹, Georgi Sotirov¹, Ondřej Santolík^{4,5}, Ivana Kolmašová⁴, Radek Lán⁴, Ludek Uhlíř⁴, Jiři Baše⁴, Eva Macúšová^{4,5}, Zuzana Hrbáčková^{4,5}, Jaroslav Chum⁴, František Hruška⁴, Dmitriy Chugunin²

¹ Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
 ² Space Research Institute, RAS, Moscow, Russian Federation
 ³ Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation, RAS, Troitsk, Russia
 ⁴ Institute of Atmospheric Physics, Prague, Czech Republic
 ⁵ Charles University, Faculty of Mathematics and Physics, Prague, Czech Republic

Key words: electromagnetic emission, waves, electric field, sensors, measurements, analyzers

Abstract: This article describes two scientific instruments for measuring electric and magnetic fields from the board of 4 high apogee satellites in the RESONANCE project. They are the experiment of electric fields measurement in a broad band AMEF-WB/IESP-3R and the electromagnetic wave analyzer ELMAVAN. There are represented all basic parameters of the devices, their scientific tasks, the proposed solutions for the main hubs and blocks and a protocol of the tests and a joint calibration of both devices.

The structure of the "wave complex" in the RESONANCE project

To solve scientific problems in project RESONANCE for measurement of electric and magnetic fields on board of satellites is developed "wave complex" composed of:

- Device AMEF-WB/IESP-3R and electric field sensors operating in a wide frequency range 0 1 MHz
- Electromagnetic wave analyzer ELMAVAN for the 3D measurements of the electric and magnetic field fluctuations in the frequency range 10 Hz 20 kHz
- Device High Frequency Analizer HFA for measurements of fluctuations of electric and magnetic fields in the frequency range of 10 kHz 1 MHz;
- Magnetic field sensors in the relevant frequency bands;

This report discusses the first two units and their interconnections.

Scientific objectives of the "wave complex" in the RESONANCE project

Studies of the auroral zone of the magnetosphere at heights of 1-2 terrestrial radii and above have already been conducted by different probes including S3-3, DE-1, VIKING, FAST and INTERBALL-2. Determination of acceleration region location has become one of the most interesting results of these studies. On the basis of the required data, the authors decided the acceleration region was situated near the probe i.e., at heights of 1-3 terrestrial radii. Analysis of the distribution function of electrons and ions shows that at these heights the upward electric field accelerates descending electrons and ascending ions [1]. Article [2] informs about measurements of a quasistatic longitudinal electric field with significant amplitude. Its existence is interpreted by the authors in terms of largescale accelerating structures. Small-scale electrostatic structures, solitons and double layers are described in articles [3,4]. The majority of wave and small-scale structures measurements were interpreted as electrostatic, however, in some cases the authors come to a conclusion about existence of electromagnetic waves in the auroral zone that may appear as a result of interaction between waves and particles[5,6]. Studies performed by the probes S3-3 and VIKING in the region of low frequencies were insufficient due to absence of measurements or a limited sensitivity of magnetic sensors in the frequency range of 0.1÷10 Hz. For example, the inductive antenna used in the VIKING mission was designed principally for measurements in the range of tens of kHz.

As it is known from articles [7,8] electromagnetic waves with a limited longitudinal electric field, the so-called Kinetic Alfven Waves can be generated in the auroral zone [9] and contribute to both longitudinal and lateral acceleration of charged particles. Confirmation of theoretical models is connected with experimental difficulties, because lasting homogeneous measurements are necessary in the points shifted along a magnetic field force line. This possibility is going to be realized in the framework of the project RESONANCE.

Another important objective of auroral magnetosphere physics is to determine the role of small-scale electrodynamic structures in the global dynamics of auroral plasma. It was reported in a number of articles that electrostatic structures dynamics could influence heating and acceleration of charged particles which resulted in formation of regions with low concentration of plasma [10]. An interest in these regions is connected with development of a cyclotron maser instability and generation of auroral kilometric radiation - AKR [11, 12].

Both the generation and effects of whistler-mode chorus pose fundamental research problems. In particular, the generation mechanism of chorus emissions is now under active study. It is still unclear how particles with usually smooth distribution functions, characteristic of natural conditions, generate highly coherent discrete emissions with rapidly changing frequency. A model of chorus generation based on the backward wave oscillator (BWO) regime of magnetospheric cyclotron maser was suggested by Trakhtengerts et al. The aim of the ELMAVAN instrument is to study VLF chorus emissions and verification of the chorus generation mechanism. We will analyze the characteristics of chorus elements inside the generation region, i.e., the amplitudes, frequency spectrum, the frequency sweep rate, the time intervals between chorus elements. Using simultaneous measurements of warm and cold plasma we will estimate these chorus parameters from the BWO model, and compare quantitatively with observed characteristics of chorus emissions.

Equatorial noise consists of electromagnetic plasma waves propagating in the close vicinity of the geomagnetic equatorial plane at frequencies from a few hertz to several hundreds of hertz. These emissions occur in the outer plasmasphere within about 10 degrees from the equator, at frequencies between the local proton cyclotron frequency and the lower hybrid frequency. Wide-band time-frequency spectrograms showed that the noise consists of many spectral lines with different frequency spacings. These waves possibly also can interact with the energetic electrons trapped in the radiation belts and accelerate them to relativistic energies. The spatio-temporal variability and propagation of equatorial noise are still unknown as well as the exact nature of wave-particle interactions responsible for the generation of these emissions.



Fig. 1: High-resolution spectrograms of the power spectral density of whistler-mode chorus calculated from the electric field (psd-E) and magnetic field (psd-B) data recorded by the WBD instruments on board the Cluster 1 (SC1), Cluster 2 (SC2), and Cluster 4 (SC4) spacecraft on 20 January 2004. (From Santolik et al., J. Geophys. Res., doi:10.1029/2009JA014586, 2009)

Extremely low frequency (ELF) hiss is a broadband electromagnetic emission in the frequency range from a few hundred Hz up to several kHz. There are still a number of open questions because the properties of these waves are rather complex. Steady hiss can be found almost everywhere in the plasmasphere, but it also propagates on the dayside at high latitudes. The key questions about the origin of ELF hiss have not yet been clearly answered. Arguments have been given for the generation region off the equatorial plane, but successive amplification at multiple passes through the equatorial plane has also been proposed. Some researchers propose generation mechanisms acting on obliquely propagating whistler waves, as well as the theories based on accumulation of energy of nonducted whistlers. Refraction of these waves near the lower-hybrid resonance levels can result in their trapping and accumulation in the magnetosphere. Another hypothesis is based on propagation of chorus into the plasmasphere. Wave propagation studies can substantially contribute to the research on the hiss origin.

Auroral hiss is an intense plasma wave emission which frequently occurs at different altitudes in the high-latitude region of the Earth's magnetosphere. Observed by orbiting spacecraft it often appears with a characteristic funnel shaped envelope on time-frequency spectrograms (the lowerfrequency cutoff first decreases and then increases). This envelope was explained by a limitation of ray angles for whistler-mode waves propagating from a localized source. Waves at higher frequencies thus can propagate across the field lines to larger distances from the source than waves at lower frequencies, creating the observed funnel shaped envelope. Auroral hiss is observed both downgoing and upgoing and is often associated with low-energy electron beams between 100 eV and several keV. It's generation and possible effects will be analyzed.



Fig. 2: Dynamic energy spectrograms of differential energy flux of electrons measured perpendicular to the magnetic field line by the PEACE instruments onboard the Cluster 2 spacecraft on 24 July 2003, in the equatorial source region of whistler mode emissions. (From Santolik et al., J. Geophys Res. doi:10.1029/2009JA015218, 2010)

Waves in plasmas are of crucial importance for dynamics of charged particles. The waves themselves are generated due to nonequilibrium distributions of charged particles, and this self-consistent process determines the energy balance. Some part of the wave energy can be re-absorbed by particles in other regions of phase space. In such a way, high-energy tails in the distributions of charged particles are generated. For example, it is now believed that one of the most important mechanisms of energization of relativistic electrons in the Earth's radiation belts is related to re-absorption of whistler-mode wave energy in ELF/VLF range (0.1-15 kHz) by high-energy (~1 MeV) tail of electron distribution. These waves are generated in the magnetosphere by nonlinear interactions with electrons at energies of 1-100 keV. A large part of the wave energy exists in the form of discrete emissions of chorus type, representing on average by two orders more total energy than the total energy of relativistic electrons in the outer radiation belt.

Principal of operation of the device AMEF-WB/IESP-3R

AMEF-WB/IESP-3R is a complex receiver of electric fields in a broad band. The instrument consists of 4 electric detectors and an electronics module. The block scheme of the device is shown in Fig. 3. and photo in Fig. 4.

Three electric sensors representing a sphere with preamplifiers inside are placed at the ends of a boom 15 m in length located in the probe's plane of rotation. The fourth sensor is mounted at a boom 4 m in length situated in the anti-sun direction. Such location of the sensors allows conducting measurements of the full vector of the electric field.

Signals from the sensors are transmitted to the electronics module placed at the probe's body, and then received by a differential amplifier where they are split in frequency for the purpose of the following processing. Signals in the frequency range from 10 to 20 kHz are transmitted to the device ELMAVAN, the ones in the frequency range from 10 kHz to 1MHz are transferred to the HFA device,

and those in the frequency range from 0 to 10 Hz are processed in the electronics module in the following way:

- they are intensified by a factor of 1, 2, 4 or 8 depending on the amplitude of an input signal which is determined automatically. Information on intensification coefficients is stored in a telemetry frame.
- they are filtered by a second-order Butterworth anti-aliasing filter up to the frequency of 1 Hz.
- They are digitized by a 6-channel 16-bit synchronous A/D-converter of AD 7656 type. Digitizing frequency for each channel is 25 Hz.
- Processing results are saved into a frame measuring 224 bites containing information on measurements per second and service information. This frame is transmitted via a dual interface of *RS485* type to a control and information gathering unit (SUSPI). Normal operation mode provides for transmission of one telemetry frame per second simultaneously with a board time code signal. In accordance with the low-speed SUSPI interface bit rate, the bit rate is 9,600 bites per second.



Fig. 3. The block scheme of the device AMEF-WB/IESP-3R



Fig. 4. Layout of the AMEF-WB/IESP-3R device and electric sensors

In case of a temporary loss of connection with SUSPI (SIOK), there is a possibility of storage of information in a buffer memory (up to 4.5 h of measurements without data transmission to SUSPI). To provide subsequent transmission of information from the buffer memory several telemetry frames should be transmitted to SUSPI per second.

A two-channel amplifier is used for sensors polarization current control in the electronics module. Control is realized automatically on the basis of earlier conducted measurements. Information on polarization current is saved into a telemetry frame.

Electromagnetic wave analyzer (ELMAVAN) will process the following input signals

- analog signals from 3 orthogonal magnetic search coil antennas with a sensitivity better than 10 fT / \sqrt{Hz} at f > 1kHz, and the maximum amplitude 10 nT at f > 100 Hz
- analog signals from 4 electric monopoles (AMEF-WB instrument) with a sensitivity of 0.1 μ V/m / \sqrt{Hz} , and max. amplitude 1.2 V/m at f>100 Hz

Seven analog signals will be then derived from the inputs:

- three signals from magnetic antennas with a selectable gain
- three selectable differences of signals from four electric monopoles, with a selectable gain
- the sum of signals from electrical monopoles with a selectable gain

These signals will be first passed though a set of analog low-pass active Butterworth filters of 8th order, with a passband frequency of 50kHz, passband ripple 1dB, and attenuation of 96 dB at 180 kHz to avoid aliasing of the signals. The filters are designed to avoid artificial phase differences between the signals. The signals will be then sampled by a set of 16-bit A/D converters, all of them simultaneously sampling at a sampling frequency of 200 kHz. The resulting set of digital signals is then passed though a 19-bit FIR low-pass filter with the passband below 20 kHz and attenuation of more than 96 dB at frequencies above 30 kHz. The output sampling frequency of this 4 times decimating filter is 50 kHz. Alternatively, an 8 times decimating FIR filter with a passband below 10 kHz can be used, with a final sampling frequency of 25 kHz.

The resulting digital data are then processed onboard using an FPGA. The digital processing includes:

- data buffering of the 7-channel waveforms in an on-board SRAM buffer (8x64 Mbit),
- multidimensional spectral analysis in a set of up to 1024 preselected frequency bands using an onboard MRAM (6x16 Mbit, also used as a backup for waveform buffer),
- onboard calculation of frequency-dependent polarization and propagation parameters
- The final data products which are transferred to the spacecraft telemetry system:
- 7-channel digital 16-bit waveforms sampled at 25 or 50 kHz. The onboard buffer memory holds up to 2.5 or 5 minutes of continuous waveform data for 50 kHz or 25 kHz sampling rates, respectively
- averaged Hermitian spectral matrices of 7x7 components in a floating point format, for a set of up to 1024 preselected frequency bands
- propagation and polarization parameters in a floating point format, allowing us to obtain the power of the electric and magnetic field fluctuations, ellipticity, sense of polarization, polarization degree, wave-normal direction and Poynting vector direction for a set of up to 1024 preselected frequency bands

The instrument will be operated using a set of commands which will change the signal processing characteristics and settings of the onboard analysis algorithms. A flexible output telemetry rate is implemented, with maximum bitrates of 4 Mbit/s for multidimensional waveform data. The anticipated total telemetry volume is 1-3 GByte/day, with an average bit rate of 93-278 kbit/s.

Since non radhard components are used in the design of the analyzer, a wall thickness of 10 mm for the ELMAVAN aluminum box is chosen according to the total ionizing dose estimated for the Resonance orbit parameters and for a 4 years long mission.

Interaction between AMEF-WB/IESP-3R and ELMAVAN devices

Results of preliminary tests of devices to connect Instruments and AMEF-WB/IESP-3R ELMAVAN is a major part of "wave complex" which is designed to measure electric and magnetic fields on board satellites on project RESONANCE. At the moment, the two units are under development process instances. According to the program of testing the devices and their interaction were conducted partial testing of instruments and signaling interface between the two. Connection and tests took place at the Institute of Atmospheric Physics in Prague from 15 to 19 October 2012.

Connection and measurement technique

The device out AMEF-WB/IESP-3R was Connect the external precision signal generator was fed sinosuidalnie signals in the frequency range 10 Hz - 20 kHz measurement bandwidth device ELMAVAN. The signals were measured via a communications interface, accumulated and analyzed in the instrument ELMAVAN. These indulged on mobile computer visualization and recording of measurements. The dynamics of the last signal was 92 dB, the uneven sampling analogue - the frequency response of less than 1 dB, the suppression of common mode signals on the input differential amplifier device ELMAVAN above 60 dB. In Fig. 5 Minutes of the local test frequency 490 Hz, the signal amplitude 1 V, applied to the inputs E1 and E2 of unit with gain coefficient of 10. The left side of the figure shows the waveform of signals and on the right of the spectral analysis and assessment of the performance of the harmonics

Measurement results exceed the parameters laid down in the specification for the two units. They will take into account all the comments received in the course of their conduct in the further development of devices.

3. Identical input signal 490 Hz, 1Vp-p at E1 and E2; 0V at E3 and E4 Channel 3: 10xE1-10xE2, Channel 4: 10xE2-10xE3, Channel 5: 10xE1-10xE3, Channel 6: ½ (E1+E2+E3+E4)



Fig. 5. Test protocol on the local frequency 490 Hz

References:

- 1. L o u a r n, P., A. R o u x, H. d e F e r a u d y, D. L e Q u e a u, M. A n d r e and L. M a t s o n. Trapped electrons as a free energy source for the auroral kilometric radiation. // J. Geophys. Res. 1990. V. 95. A.5. P. 5983.
- 2. L i n d q v i s t, P. A., and G. T. M a r k l u n d. A statistical study of high-altitude electric fields measured on the Viking satellite.// *J. Geophys. Res.* 1990. V.95. P. 5867.
- 3. M o z e r, F. S., and M. T e m e r i n. Solitary waves and double layers as the source of parallel electric fields in the auroral acceleration region. // High-latitude space plasma physics. Ed. B. Hultqvist & T. Hagfors. Plenum Press. New-York. 1983. P. 453.
- 4. Bostrem, R., G. Gustafsson, B. Holback, G. Holnigren, H. Koskinen, and P. Kintner. Characteristics of solitary waves and weak double layers in the magnetospheric plasma. // Phys. Rev. Lett. 1988. V. 61. P. 82.
- 5. T e m e r i n, M., and R. L y s a k. Electromagnetic ion cyclotron mode (ELF) waves generated by auroral electron precipitation. // *J. Geophys. Res.* 1984. V. 89. A.5. P.2489.
- 6. G u s t a f s s o n, G., M. A n d r e, L. M a t s o n, and H. K o s k i n e n. On waves below the local proton gyrofrequency in auroral acceleration regions. // J. Geophys. Res. 1990. V. 95. A.5. P. 5889.
- 7. H a s e g a w a, A., and C. U b e r o i. The Alfven wave. DOE Critical Review Series.1982. DOE/TIC. P. 1197. 1982.
- 8. G o e r t z, C. K. Electron acceleration via kinetic Alfven waves. // Comparative Study of Magnetospheric Systems. Ed. Cepadeus. P. 357. 1986.
- 9. Volokitin, A. S., and E. M. Dubinin. The turbulence of Alfven waves in the polar magnetosphere of the Earth. // Planet. Space Sci. 1989. V. 37. P. 761.
- 10. C a I v e r t, W. The auroral plasma cavity, Geophys. Res.Lett., 1981, 8, 919–921.
- Strangeway, R. J., R. E. Ergun, C. W. Carlson, J. P. McFadden, G. T. Delory, P. L. Prit chett. Accelerated electrons as the source of Auroral Kilometric Radiation, Phys. Chem.Earth (C), 2001, V.26, 145–149.

ВЕРТИКАЛНА СТРУКТУРА И СРАВНЕНИЕ В РАЗВИТИЕТО НА АКРЕЦИОННИТЕ ДИСКОВЕ НА ЛЕБЕД X-1 И СТРЕЛЕЦ А*

Красимира Янкова

Институт за космически изследвания и технологии — Българска академия на науките e-mail: f7@space.bas.bg

Ключови думи: Акреционен диск, магнитното поле

Резюме: В тази статия се обсъжда взаимодействието на магнитното поле с плазмата. Изградено е адекватно допълнение към модела на радиална структура за магнетизиран адвективен акреционен диск. Разработката е приложена за два реални наблюдаеми източника. Лебед X-1 (Cyg X -1) – кандидат за ниско-масивна черна дупка в ТДС. Стрелец A* (SgrA*) - ядрото на нашата Галактика – представител на супер-масивни черни дупки. Разглеждаме разпределенията на водещите параметри. Анализираме развитието на дисковете в течение на един период. Сравняваме поведението им, като се отчитат характерните разлики и индивидуални особености на обектите.

VERTICAL STRUCTURE AND COMPARISON TO THE DEVELOPMENT OF THE ACCRETION DISKS IN Cyg X-1 AND Sgr A *

Krasimira Yankova

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: f7@space.bas.bg

Keywords: Accretion disk, magnetic field

Abstract: This article discusses the interaction of the magnetic field and the plasma. Built is adequately addition to the radial model of advective magnetized accretion disk. The work is applied to two real observable sources. Cygnus X-1 (Cyg X -1) - candidate for low-massive black hole at CBS. Sagittarius A * (SgrA *) - the core of our galaxy: a representative of the super-massive black holes. Consider the distribution of leading parameters. We analyzed the evolution of discs during a one period. Comparing their behavior, taking into account individual characteristic and features of the objects.

Въведение

В поредица от статии ние развиваме един модел свързан с взаимодействието на полето и плазмата в акреционен диск. По рано представихме глобален модел за радиалната структура на диска [1,3], модел за локалната структура [9], както и интерпретация на получените резултати [3,4,5,9]. Доизградихме двумерния модел със 3D-допълнение за първия комплект от уравненията на разцепената пълна система във [2].

Вертикалната структура допълва 2D-модела качествено, като разгръща описателните възможности на глобалния модел като цяло.

Наред с проследяването на еволюцията на водещите параметри дава възможност за онагледяване на специфичните условия [11] завършващи пълнотата на модела.

Също така ако се използва приблизително линейното разпределение на $f_4(x)$ от 2Dмодела за граница на диска с короната, от 3D-структурата на диска може да се получат началните разпределения $f_i(x, H)$ за флуида. На долната граница на короната такива условия получени от 2D-структурата: $f_i(x, 0) = f_i(x)$ са некоректни, поради осредняването по z.

В тази статия ние използваме резултатите от 3D-структурата [12], за описание на процесите в конкретни реални източници. Ще работим с два вече добре познати [10] обекти: Суд X-1 - невидима част от бинарна система (BS) в съзвездието Лебед и ядрото на нашата галактика SgrA *.

3D-допълнение

Функциите $f_1(x,Z)$, $f_2(x,Z)$, $f_9(x,Z)$, $f_3(x,Z)$, $f_5(x,Z)$, $f_6(x,Z)$, $f_7(x,Z)$, $f_8(x,Z)$ са съответните разпределенията на физическите величини ρ , v_r , v_z , v_s , B_r , B_{φ} и коефициентите ω и k_{φ} в диска в момента $t=1P \sim \Omega_0^{-1}$ ($\varphi_0 = 0$). За фиксирана координата Z=const или x=const може да получим и разпределението на ниво – профил за дадената координата.

Получените разпределения и профили на водещите параметри в диска описват 3Dструктурата на/ в дисковете на обектите:

3D-модел на диска в двойната рентгенова система Суд X-1

В момента на разстилане в ширината на плътностните контури ясно се наблюдават камбановидни максимуми при x < 0.2 към центъра. Те са гъсто разположени близо до екваториалната равнина на диска (ЕРД). Което е в съгласие и с поведението на скоростите: Радиалната v_r и вертикалната v_z скорости съществено се различават от константа само в околността на екваториалната равнина.

Радиалната скорост в момента t =1P расте с отдалечаване от екваториалната равнина, което значи че акрецията се ускорява с нарастването на височината. Вертикалната скорост претърпява обръщане на знака за различни участъци от диска. В най-външния регион е изцяло отрицателна – това е вследствие втичането от тора в момента t =1P ~Ω₀⁻¹. По диска вектора се завърта, което се проявява като нарастването и в екваторялната равнина и при вътрешния ръб вертикалната скорост е напълно положителна.



10¹⁰ за Суд X-1, t =1P.



(1а) Профил при f₁(x, Z)= 10⁴; 10⁶; 10⁸; (1b) Профил при f₁(x, Z)= 10⁴; 10⁶; 10⁸ за Cyg X-1, t ~ 0.



(1c) Профил при f₁(x, Z)= 10² 10⁴; 10⁶; 10^8 ; 10^{10} ; 10^{12} sa SgrA*, t ~ Ω_0^{-1}



(1d) Разпределение на $f_1(x, Z)$, за SgrA*, t ~ 0.

Фиг. 1

3D-модел на SgrA*

Профилът на този диск за момента t ≈ 0 е абсолютно празен (в рамката няма контури). Типично поведение при разстилане от тор. Първоначално се спуска само спиралата(те), а впоследствие се запълва и диска. В момента t ≈ 0 видът и на двете скорости съответства на разстилане на дъщерен диск от тор. На практика те не се отличават от нулата.

Разпределението на радиалната скорост **v**_r в момента $t = 1P \sim \Omega_0^{-1}$, отново показва засилване на акрецията във височина, но по плавно отколкото при двойната.

Вертикалната скорост намалява във височина и тук е насочена изцяло към екваториалната равнина на диска (ЕРД). Фунията на джетовете където знака се обръща е ясно отцепена от непрекъснатия диск.



(2а) Разпределението в равнината (x, Z) на функцията на радиалната скорост $f_2(x, Z)$ за точката на втичане ($\phi_0 = 0$) в момента t=1P~ Ω_0^{-1} , за Cyg X-1.



(2b) Разпределението в равнината (x, Z) на функцията на радиалната скорост f₂(x, Z) за точката на втичане (φ₀ = 0) в момента t≈0, за Суд X-1.



(2d) Разпределението в равнината (x, Z) на функцията на радиалната скорост f₂(x,Z) в момента t ≈ 0, за SgrA*.

Фиг. 2



(3b) Разпределението в равнината (x, Z) на функцията на вертикалната скорост f₉(x, Z) за точката на втичане (φ₀ = 0) в момента t≈0, за Суд X-1.



(2с) Разпределението в равнината (x, Z) на функцията на радиалната скорост $f_2(x,Z)$ в момента t =1P ~ Ω_0^{-1} , за SgrA*.



(3а) Разпределението в равнината (x, Z) на функцията на вертикалната скорост $f_9(x, Z)$ за точката на втичане ($\phi_0 = 0$) в момента t=1P~ Ω_0^{-1} , за Cyg X-1.



(3с) Разпределението в равнината (x, Z) на функцията на вертикалната скорост $f_9(x,Z)$ в момента t =1P ~ Ω_0^{-1} , за SgrA*.



(3d) Разпределението в равнината (x, Z) на функцията на вертикалната скорост f₉(x,Z) в момента t ≈ 0, за *SgrA**.

Фиг. 3

СПЕЦИФИЧНИТЕ УСЛОВИЯ

Векторите с компоненти [$f_2(x,Z)$, $f_9(x,Z)$] във всяка точка от равнината (x,Z) представляват векторното поле на скоростта v(v_r,v_z) за $\varphi_0=0$ в момента t=1P~ Ω_0^{-1} .

То не променят посоката си (еднопосочни са) и следователно и в двата диска няма конвекция. Последното потвърждава изпълнението на локалното условие v_aH < v_sr за устойчивост на смесващите моди [8] по диска.

Векторното поле на диска в ядрото е насочено към ЕРД, но това не означава че МРН потъват. Просто веществото по-ефективно и бързо с помощта на РТН освобождава МЛ от натоварването и ускорява развитието на ПН и короната. Радиалното поле в съответствие със радиалната скорост расте във височина, а ротацията генерира по- силно азимутално магнитно поле в дълбочина (към Z=0). Магнитно-ротационните неустойчивости се развиват по-силно с нарастване на височината и не дават индикации за склонност на концентриране към екваториалната плоскост. Всичко това дава основания да се заключи, че короналните магнитни примки отнасят МРН от диска.

Условието на стратификация |v_a| < |v_s| има пряка връзка със раждането на короната, неговото нарушаване в радиално направление по х е възможност да се оцени стойността за външният й радиус на този етап от развитие на системата диск-корона.

При Cyg X-1 това се случва на х ≈ 0.2. Локалното затопляне в диска показва че именно там той вече не може вече да се охлажда ефективно [11]. Както посочихме по горе в диска няма конвекция, а адвекцията при тези условия е недостатъчен механизъм да удържа целостта на магнитния диск. Затова пък насищането на полето е достатъчно голямо да активира изплаването на магнитните линии и така допълнително да стабилизира диска. Качествено това предполага, че там се намира външния радиус за короната. Двете оценки не само съвпадат помежду си , но и попадат в интервала (15-250)R_g от възможни стойности за сферична корона получени от други автори по независими начини (експериментални и числени оценки[6,7]).

За SgrA* условието за външният радиус на короната се изтегля навън с приближаване към екваториалната равнина, но навън и дебелината на този диск намалява. Това дава основание да се предположи че короната обхваща целия диск и се влива в тора (при ~ 60R_g).



Заключения

- Разпределенията на плътността на флуида и компонентите на скоростта на течението в двата диска, предполагат типичното поведение на всеки от обектите. В ТДС се разстила диска и впоследствие се формира спирала/лите, докато в АГЯ от тора се спускат първо спиралите, а после се запълва и Кеплеровия диск.
- 2. И в двата диска няма конвекция, защото:
 - Изпълнено е условието за устойчивост на вертикалната смесваща мода v_aH < v_sr по целия диск;
 - Векторните полета (v_r,v_z) и във двата обекта са еднопосочни.
 - Освен всичко това, свръхзвуковата скорост създава ударни вълни и бързата дисипация ефективно заглушава (потиска) конвекцията.
- 3. Получени са оценки за външния радиус на короната от нарушаването на условието v_a ≤ v_s. За Cyg X-1 те влизат в интервала от най вероятни оценки за сферична корона правени от други автори.

Литература:

- 1. I a n k o v a, K r. D., L. G. F i l i p o v, Aerospace Research in Bulgaria (ISSN 0861-1432), No. 20, 167 170, 2005. http://adsabs.harvard.edu/abs/2005ARBI...20..167I
- 2. I a n k o v a, K r. D., "Generate of corona on magnetized disk", in: International Scientific Conference: SES'2005, Book I: 31. http://www.space.bas.bg/astro/SES2005/a4.pdf
- I a n k o v a, K r. D., BG-URSI SCHOOL and WORKSHOP on Waves and Turbulence Phenomena in Space Plasmas, 1–9 July, 2006, Kiten, Bulgaria, BSSPP Proceedings (ISSN 1313 2199), Series No. 1, pp 143-146, 2007. http://sp.phys.uni-sofia.bg/Kiten06/Pres/lankova.pdf
- 4. I a n k o v a, K r. D., "Gravity, Astrophysics, and Strings at the Black Sea, Proceedings of the conference held 10-16 June. 2007 in Primorsko, Bulgaria. Published online at http://www.tcpa.uni-sofia.bg/conf/GAS, p.9"
- 5. I a n k o v a, K r. D., Publ. Astr. Soc. "Rudjer Вољкоvi " (ISSN 0506 4295), No. 9, 327-333, 2009. http://aquila.skyarchive.org/6_SBAC/pdfs/31.pdf
- 6. Novak, M. A., J. Wilms, B. Vanghan, J. Dove, M. Begelmeni, AJ 515:726-737, 1999.
- 7. Pottschidt, K., M. Konig, J. Wilms, R. Stanbert, A&A, 1998.
- 8. Spruit, H. C., R. Stehle, J. C. B. Papaloizou, MNRAS, 275, 1223-1231, 1995.
- 9. Y a n k o v a, K r. D., International Conference MSS-09 "MODE CONVERSION, COHERENT STRUCTURES AND TURBULENCE", Moscow, 23 25 November, 409-414, 2009,.
- 10. Y a n k o v a, K r. D., proceedings of SENS 2009, (ISSN 1313-3888), 355-359, 2010.
- 11. Y a n k o v a, K r. D., L. F i l i p o v, SENS 2010 proceedings (ISSN 1313-3888), 389-394, 2011. www.space.bas.bg/SENS/SES2010/5_A/2.pdf
- 12. Y a n k o v a, K r. D.: 2012, proceedings of JUBILEE INTERNATIONAL CONGRESS: "40 YEARS OF BULGARIA STATE SPACE", 12 14 September, Golden Sands, BULGARIA, in presses.

THE FLOW EVOLUTION MODELS OF ACCRETING ASTROPHYSICAL OBJECTS

Daniela Boneva, Krasimira Yankova, Deyan Gotchev, Lachezar Filipov

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: danvasan@space.bas.bg, lfilipov@space.bas.bg

Key words: Astrophysical hydrodynamics; Stars and galaxies; Accretion discs.

Abstract: We present in this paper our recently results on the dynamics and structure of accreting flow in astrophysical matter. The research concerns the astrophysical objects, such as: binary stars with accretion discs and Active Galactic Nuclei. We make an analysis of the methods we have employed on the structure's evolution study. We investigate an accretion flow structure as a result of transitional processes dynamics. We develop a model, based on numerical codes and methods, which to explain the physical properties of the hydrodynamical matter in accreting astrophysical objects. The box-framed scheme is applied. The development of our theoretical models that aims to ensure the future application to the observational data analysis is presented. The results show that during the evolution process, the accreting flow undergoes through structural transformations, which could be responsible to the known observational effects.

The results demonstrate of how the dense patterns and waves evolve in the studying astrophysical discs. An effect of their locally development in the inner disc's structure configuration is shown.

МОДЕЛИ ЗА ЕВОЛЮЦИЯ НА ТЕЧЕНИЕТО ПРИ АКРЕТИРАЩИ АСТРОФИЗИЧНИ ОБЕКТИ

Даниела Бонева, Красимира Янкова, Деян Гочев, Лъчезар Филипов

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките e-mail: danvasan@space.bas.bg, lfilipov@space.bas.bg

Ключови думи: Астрофизична хидродинамика; Звезди и галактики; Акреционни дискове.

Резюме: В статията са представени досегашните ни резултати от изследвания върху динамиката и структурата на акреционно течение в астрофизична среда. В изследванията са включени астрофизичните обекти като двойни звезди с акреционни дискове и активни галактични ядра.

Извършен е анализ на методите, които са използвани при изучаването на структурната еволюция. Ние изучаваме структурата на акреционното течение като следствие на динамиката от преходни процеси. Ние развиваме модел, на основата на числени кодове и методи, чрез който да дадем обяснение да физическите свойства на хидродинамичната среда в акретиращите астрофизични обекти, в следствие на тези процеси.

Приложена е схемата-модел "box-framed". Представянето на теоретичния модел е с тенденция да осигури използването и анализирането на наблюдателни данни при решението на проблема в бъдеще. Получените резултати демонстрират по какъв начин еволюират плътностните структури и вълни в изучаваните астрофизични дискове. Показан е ефекта от тяхното локално развитие във вътрешната зона на диска.

I. Introduction

Flow's evolution properties could be defined by the disc's morphology. The morphology is a composition of pattern formation in the disc's flow: appearance of turbulence, vortices, spiral-like structures, as a part of the complete whole disc's configuration and their dynamics.

In astrophysics, the problems of structures development have been investigated mainly numerically [11], [17]. Bracco et al. [6] by using two-dimensional, incompressible fluid dynamics, show that anticyclonic vortices "shift out" and that smaller vortices merge to form larger vortices. Godon and Livio [10, 11] confirm this result with two-dimensional, compressible, barotropic simulations. Shen et

al. [21] examine the formation of 2D vortices starting from 2D turbulence in fully compressible simulations. Barranco and Marcus [2] compute the evolution of 3D vortices and show that part of the vortical formations could be destroyed, but the other part survive for several hundreds of orbits.

A significant part of astrophysical disc is related to the binary stars configuration. A critical stage in the evolution of binary is the period just after mass transfer has been initiated [8]. We have defined the states that are responsible for the appearance of instability in the flow, as well as patterns formation, variability in the whole disc' structure configuration and transformations within the vortexand spiral-like structures, as transitional. A frequently considered reason that provokes the transitional states could be a shock's interaction due to the tidal waves.

The transient processes in the stars could be a short- such as a long-lived. Short-lived is usually associated with the bursts in CV binaries and they cause a significant variability in the system. In the context of long-lived we include the structures like: spirals, spiral's waves, density formations, vortices, which are well studied in the literature. J. A. Sellwood [20] gives a bit of complete analysis of the lifetimes of spiral patterns in disc galaxies. In his paper he has presented some theoretical and observational evidence for short- and long-lived behavior of spirals in the discs.

The theoretical study of Peralta et al., in the paper [19], has investigated the transitions between turbulent and laminar states of fluid's vorticity in a pulsar. By solving numerically the hydrodynamic equations for a rotating fluid in a differentially rotating spherical shell, they calculate the global structure of the flow with and without an inviscid component. They find the turbulent-laminar transition can occur through all examined flow or partially.

The aim of our theoretical research is to track the evolution and to interpret the mechanisms of the high energy behavior of sources, such as: CBS (Close binary stars) and AGN (Active Galactic Nuclei). We apply numerical codes and methods on hydrodynamics and magneto-hydrodynamics systems of equations. By applying numerical calculations on the gas-dynamical flow, we suggest modeling of patterns formation and explanation of supporting physical processes in interacting flows. We consider a gas-dynamical system that allows 2D and 3D modeling of physical processes in the binary components

II. The background of the problem solution

II.1. Basic equations

Therefore, to obtain solutions of the above stated problem a system of hydro- and magnetodynamics equations is needed. Herein, the basic equations are presented in a form that have been suggested and affirmed by many authors: [9], [12], [22].

We present the equations in their vector form. In the gas-dynamical system of equations we consider the influence of viscous processes, gravitational forces, Coriolis force and we add the corresponding terms for viscous non-ideal fluid in the equations. Then our system of equations consists of: equation of mass conservation (Eq.1); the Navier-Stokes equations (Eq.2); energy balance (Eq.3); the equation of state for compressible flow (Eq.4); vortical transport equation (Eq. 5).

(1)
$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla . (\rho v) = 0$$

(2)
$$\frac{\partial v}{\partial t} + v \nabla v = -\frac{1}{\rho} \nabla P - \Omega \times (\Omega \times r) - 2\Omega \times v - \nabla \Phi + v \nabla^2 v$$

(3)
$$\frac{\partial}{\partial t} \left[\rho \left(\frac{1}{2} v^2 + \varepsilon + \Phi \right) \right] + \nabla \left[\rho v \left(\frac{1}{2} v^2 + h + \Phi \right) - 2\eta \sigma v \right] = 0$$

$$(4) \qquad P = c_s^2 \rho$$

(5)
$$\frac{\partial \Psi}{\partial t} + \Psi (\nabla . v) + (v . \nabla) \Psi = -\frac{\nabla p \times \nabla \rho}{\rho^2} + D \nabla^2 \Psi$$

Where the basic notations are as follows: ρ is the mass density of the flow, v - is the velocity of the flow; P - is the pressure; v - is the kinematic viscousity; Ω - is the angular velocity; $\Omega \times (\Omega \times r)$ - is the centrifugal acceleration of the centrifugal force; and $2\Omega \times v$ - is the Coriolis acceleration in the mean of the Coriolis force. Φ is the gravitational potential and it depends on the density distribution inside of the each star's component [5]. c_s is the sound speed. Here Ψ - is the vorticity; D- is the diffusion coefficient (or matrix of the transport coefficient).

The expression in eq.3 $\frac{\partial}{\partial t} \left[\rho \left(\frac{1}{2} v^2 + \varepsilon + \Phi \right) \right]$ is the total energy density, where the first term on the left denotes the kinetic energy, the second is the internal energy and the third expresses again the full potential of the gravitational fields. Further, $\left[\rho v \left(\frac{1}{2} v^2 + h + \Phi \right) \right]$ is the total energy flux, where $h = \varepsilon + P / \rho$ is the enthalpy, η is the shear (or dynamical) viscosity of the flow, and σ is the rate of shear.

We also investigate the basic equations of magneto-hydrodynamics for non-stationary and non-axisymmetrical accretion flows. This could be seen in details in papers [14], [15]. The model contains mass continuity equation again (Eq.6), magnetic flux conservation (Eq.7), equation of motion (Eq.8), equation of magnetic induction (Eq.9), heat balance equation (Eq.10) and complete pressure equation (Eq.11).

(6)
$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho v) = 0$$

$$(7) \quad \nabla \boldsymbol{.} \boldsymbol{v} = 0 \qquad \nabla \boldsymbol{.} \boldsymbol{B} = 0$$

(8)
$$\frac{\partial \boldsymbol{v}}{\partial t} + \boldsymbol{v} \cdot \nabla \boldsymbol{v} = -\frac{1}{\rho} \nabla p - \nabla \boldsymbol{\Phi} + (\frac{\boldsymbol{B}}{4\pi \rho} \cdot \nabla) \boldsymbol{B} + \vartheta \nabla^2 \boldsymbol{v}$$

(9)
$$\frac{\partial \boldsymbol{B}}{\partial t} = \nabla \times (\boldsymbol{v} \times \boldsymbol{B}) + \eta \nabla^2 \boldsymbol{B}$$

(10)
$$\rho T \frac{\partial S}{\partial t} - \frac{M}{2\pi r} T \frac{\partial S}{\partial r} = Q^+ - Q^- + Q_{\text{mag}}$$

(11)
$$p = p_{\rm r} + p_{\rm g} + p_{\rm m}$$

Here, v is velocity of the flux; Ω - angular velocity; ρ - mass density; B - magnetic field; Φ gravitational potential; r_g - Schwarzschild radius; p -pressure; $\vartheta = \alpha v_s H$ - kinematical viscosity; $\eta = \alpha_m v_s H$ - magnetic viscosity; T - temperature; S - entropy; \dot{M} - accretion rate; H -half thickness
of the disc; Q_{adv} - advective term; Q^+ - viscosity dissipation; Q_{mag} - magnetic dissipation; Q^- radiative cooling; χ - opacity; τ -optical thickness.

II.2. Numerical codes and methods.

The complexity of the studied hydrodynamical problem requires employing with an environment that supports a wide variety of mathematical operations. We employ with numerical codes as the version of Maple and PLUTO.

The Maple code is comprehensive enough for exploring the hydrodynamical system of equations, because of an extensive mathematical problem-solving tool [13].

PLUTO code is a multi-physics, multi-algorithm high resolution code, developed by Mignone in 2005 [18]. This code is suitable for time-dependent, explicit computations of highly supersonic flows. Its hydrodynamics (HD) module, loaded with a Roe solver, has been applied in our calculations.

Both these codes work with methods implied in their structures. The base ones we are using in the calculations: the Runge-Kutta (implicit part) method and those ones related to the Finite-difference schemes. The Runge-Kutta algorithm is applied to solve numerically the system of equations, approximately. The method treats every step in a sequence of steps in identical manner [1], [7]. The basis for the finite-difference method of solution of differential equations is the replacing of derivatives by decrements or difference derivatives. It splits the finite-difference equations in two. The functions of continuous argument are to be replaced by grid functions determined on the difference grid.

II.3. Models and conditions

It is used the cylindrical coordinates (r, φ, z) frame for the equations and quadratic (x, y) set for the numerical scheme. Box-framed scheme has been suggested and applied. We could perform the calculations in limited regions of all disc's areas by configuring a different scheme for each of the problems.

Then, we make the calculations inside of the box, or frame, with measurements defined by the boundary conditions. In this reason we submitted boundary conditions of Dirichlet- and Cauchy type in

our calculations: $r_{v(1+n)} = K(x, y) - \frac{\partial K}{\partial r_v} \frac{\partial}{\partial t}; r_{v0}(0) = 0$ is the radius of vortex; K(x, y) - the boundary

area of equations activity. For more details, see the paper of Boneva and Filipov 2012 [3].

We suggest free boundary conditions at the outer disc edge with constant density $\rho_{out} = 10^{-6} \rho_{L_1}$, where ρ_{L_1} is the density of the inner Lagrangian point ~ L_1 , and non-constant density in the inner parts of the disc's flow.

We submitted baroclinicity conditions of Klahr and Bodenhiemer [16], concern to both misalignment of the pressure and density gradient, and to the construction of the vortical transport equation (eq.5).

III. Results

III.1. Distribution of the flow parameters.

Tidal interaction of the streams in the close binary star system leads to a transformation in the flow's structure. This may cause the appearance of long-lived vortical like formations and waves.

In the next calculations, we can see that the changes in the mass transfer rate are in a close relation both with disturbances in the density and in the velocity. We have studied this in detail in [3], where we applied the modified perturbation function on the Navier-Stokes equations and obtain the ``term of instability''. This term gives the relation of velocities, including perturbation value and angular velocity. We put values to the rate of accretion ranging: $\dot{M}_0 \approx 10^{-10} \dot{M}_{\circ} / year \div \dot{M}_{t_0+n} \approx 10^{-12} \dot{M}_{\circ} / year$

The calculations here give the behavior of perturbed velocity for new values of the time averaged velocity, related to the current topic of consideration. Flow velocity variations in time in the area of the vortex zone formation depict the non-stable zone in the result of disturbances in the flow. We obtain the vector field distribution of the velocity gradient. The result is shown at the Fig. 1 in a 3D calculation frame of the vortical formation zone.



Fig. 1. Vector field of the velocity gradient, calculated in a 3D box-framed scheme. A Mesh grid refinement is applied.

Next, we integrate the solutions of all disturbed values and apply this process to the model. This gives a complex view of the formed inner structures' spatial distribution in the sense of flow's parameters values variation in a pure parametrical view. The box-framed boundary is limited to $[-5 \div 8; -5 \div 8]$ in the grid measurement scale.



Fig. 2. A peculiar view of the patterns' distribution in the disc' flow. It is seen the density-velocity and radial gradient dependences. The concentration of value positions is in a relation with the flow's morphology and dynamics.

III.2. Patterns distribution on the accretion environment.

Further, we based on the results of [3] and [4], where we have shown our 2D results of vortex formation in the accretion zone flow, respectively the 3D view of vortical-like patterns distribution. The three stages development of this kind of vortices is depicted there: distortion of laminarity of the layers, weakly undulations, and the final stage of structures formation in the flow. Each frame visualizes a covered range of the box-framed boundary conditions.

According to the conditions of the general flow and by applying the simulations, we obtain the 3D view of vorticity time evolution in the accreting flow. The box boundary values in this case: K(x, y, z) $\in [8 \times 10^{-8} \div 7 \times 10^{-7} \text{ AU}]$. The 3D "vortex"-like formation is presented as a patch graphics in the calculating mesh grid (Fig. 3b). Unlike the 2D calculations, here we perform the runs with non-zero initial vorticity and non-zero initial turbulization. Here we present the final stage of the development, which is calculated in the box-frame scheme's limitation again.



Fig. 3. Box-frame model of vortical patterns formation. Figure 3a (left) shows the 2D view, figure 3b (right) depicts the 3D view. It is used a different grid scale in the calculations of two images. The boundary values of the box-framed calculation schemes are: $7.687 \times 10^{(-8)}$ AU to $6.68 \times 10^{(-7)}$ AU and $7.687 \times 10^{(-8)}$ AU to $6.68 \times 10^{(-7)}$ AU. The axis's denotations of (x_a , y_b) are referred to the boundary frame of the calculation performance. The light Blue and dark Blue colors (light and dark in a grey scale for the printed version) show the difference in density in the interacting flow layers. The density values are increasing from dark to the light zone.

The existence of violation in the stable configuration is seen at the figure (3b). In a relation to the 3D view, the image there shows an initial deformation in the vortex-like 3D configuration and the splitting of the vortex structure wholeness is detected there.

III.3. Main types of structures in the magnetized disc.

We introduced a modification function $F_i = F_{i0}\Re_i(x = r/r_0) \exp[k_{\varphi}(x)\varphi + \omega(x)t] = F_{i0}f_i(x)$ for leading parameters of the disc and we obtain global solutions for the 2D and 3D structures and local evolution of accretion disk. The results are presented in cylindrical coordinates. Dimensionless distributions of the main physical features $f_i(x, \varphi)$ describe the decisions for radial and the local structures of the disc in eqatorial plane (X, Y). Where $X = x \cos \varphi$ and $Y = x \sin \varphi$, $x \in [x_g, 1](x_g = r_g / r_{out})$ in radial structure and x is measured in r_g units for local structure.

Co-interpretation of radial and local distributions in the disc indicates the presence of a specific type of structures formed during evolution. The presence of helix' mega-structures can be registered by the result of mass density (Fig.4).



Fig. 4. The distribution of dimensionless density $f_1(X, Y)$ in non-axis-symmetric MHD model, presented in a 3D box-framed scheme [-1, 1], $x \in [x_o, 1]$. It is used a different grid scale in the calculations of two models.

Figure 4a shows two branches of the radial velocity function. Those two branches are individual throughout the disc (Fig.5a). The radial velocity increases along the lower branch while it decreases at the upper one. This means that the fluid freely and independently moves in the both directions. Such behavior clearly indicates the presence of micro-structures in the disc.



Fig. 5. Distribution of the dimensionless radial velocity $f_2(X, Y)$ (5a). It is seen the two individual branches of the function, which is in a direct relation with the flow's morphology and dynamics. Local development of the radial velocity (5b).

A behavior of the radial velocity's local development (Fig.5b) corresponds to its global distribution. We can see that the upper inflow branch is additionally undulated. In these places, the radial velocity rapidly decreases, and then the rotating component is only important.



Fig. 6. Local development of the radial component of the magnetic field. It is seen the top speed branch is folded additionally.

In the area with plicated radial velocity, a rotation (Fig. 6) in the radial magnetic field indicates a vortex existence. Non - uniqueness in its development shows an overlaying and twisting of the magnetic lines and this confirms that there is a vortex. So we localize the existence of microstructure there (Fig. 5, 6).

IV. Conclusions

We investigated the evolution of astrophysical disc's flow, related to the problem of structures formation in accretion disc zone.

It is considered the behavior of disc's structure through the transitional states in hydrodynamic flow. In the mean of transitional states: stability-instability; laminar-turbulence; 2D-3D; hot-cold, we presented our study of patterns development in accreting flow in binary stars. The results show that during the mass transfer and interacting processes in the binary, the flow doesn't remain laminar or homogeneous. Our calculations reveal the character and dynamics of interaction in the binary star's flow. Multi-physics, multi-algorithm, adaptive numerical codes are applied. The codes are both suitable for time-dependent, explicit computations and imply a hydrodynamical module in their architectures. We have propounded box-framed sharing scheme-model and we have employed to the numerical calculations. We presented the 2D and 3D view of vortical patterns development, locally in the area of accretion disc in a binary star configuration. This result is based on the numerical codes and box-framed scheme employment, which have been explained in Sect. 2.

We presented our studies of the plasmas flow with the magnetic field interaction, and of how this affected on the disc's self-organization. It is suggested a pattern distribution model through the whole disc's structure. A future study of the flow structure in astrophysics could be used for the interpretation of observational data.

References:

- 1. A u t a r, K. K., Egwu, E.K., Numerical methods with applications, 1st ed., 2008, self-publ., http://numericalmethods.eng.usf.edu/topics/textbook_index.html
- 2. B a r r a n c o, J. A., Marcus, P. S., ApJ, 2005, 623, 1157
- 3. B o n e v a, D., Filipov L.,, Density distribution configuration and development of vortical patterns in accreting close binary star system, 2012, http://xxx.lanl.gov/abs/1210.2767 (a)
- B o n e v a, D., Filipov L., Distribution of patterns and flow dynamics in accreting white dwarfs, to be appeared in Proceeding of 18th European White Dwarf Workshop, Krakow, 2012, ASPCS (Astronomical Society of the Pacific) (b)
- 5. B o y a r c h u k A. A., Bisikalo D. V., Kuznetsov O. A., Chechetkin V. M., Adv. in Astron. and Astroph., Vol. 6, 2002, London: Taylor & Francis
- 6. B r a c c o, A., Provenzale, A., Spiegel, E., & Yecko, P. in Theory of Black Hole Accretion Disks, ed. M. Abramowicz, G. Bjornsson, & J. Pringle (Cambridge: Cambridge University Press), 254, 1998.
- 7. C h a n g, M. J., Chow, L. C., Chang, W. S., Numerical Heat transfer, Part B, 1991,19(1), 69-84, ISSN 1040-7790
- 8. D a n, M., Rosswog S., Guillochon J., Ramirez-Ruiz E., MNRAS, 2011, arXive astroph:1201.2406v1
- 9. F r a n k, J, King A., Raine D., Accretion Power in Astrophysics, 3-rd edition, 2002, Cambridge University Press, New York
- 10. G o d o n, P., Livio, M., ApJ, 2000, 537, 396
- 11. G o d o n, P., Livio, M., ApJ, 1999, 523, 350
- 12. G r a h a m, J. R., Astronomy 202: Astrophysical Gas Dynamics, 2001, Astronomy Department, UC Berkeley

- 13. H e a I, K. M., Hanse M.L. Rickard K.M., Maple V: Learning Guide (for Release 5), 1998, Springer, New York.
- 14. I a n k o v a, Kr. D.: Proceeding of BG-URSI SCHOOL and WORKSHOP on Waves and Turbulence Phenomena in Space Plasmas, Kiten, Bulgaria, BSSPP(ISSN 1313 2199), 2007, Series No. 1, pp 143-146, http://sp.phys.uni-sofia.bg/Kiten06/Pres/lankova.pdf
- 15. I a n k o v a, Kr. D., Filipov L., proceedings of SENS 2009, 2010, , 370-375, ISSN 1313-3888
- 16. K I a h r, H., Bodenheimer P., ApJ, 2003, 582, 869-892
- 17. Lithwick, Y., Ap J, 2009, 693, 85,
- 18. Mignone, A. ApJ, 2005, 626, 373
- 19. Peralta, C., Melatos A., Giacobello M.and. Ooi A., ApJ, 2006, 651:1079-1091
- 20. Sellwood, J. A., MNRAS, v.410, 2011, 3, pp 1637—1646
- 21. S h e n, Y., Stone, J. M., Gardiner, T. A., ApJ, 2006, 653, 513
- 22. S h u, F. H., The Physics of Astrophysics, Vol II: Gas Dynamics, 1992, University Science Books.

"АНОМАЛНОСТ" - ГРАНИЧНА ИЛИ ПРЕХОДНА ОБЛАСТ?

Деян Гочев, Лъчезар Филипов, Даниела Бонева

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките e-mail: dejan@space.bas.bg

Ключови думи: аномалност, йерархия, изменчивост

Резюме: Представен е критичен интердисциплинарен анализ на причините за несъответствия в използването на основни концепции за Вселената. Коментирани са различни физически причини за синергетични сценарии.

THE "ANOMALITY"- A BOUNDARY OR TRANSITIONAL REGION?

Deyan Gotchev, Latchezar Filipov, Daniela Boneva

Space Research and Technology Institute --- Bulgarian Academy of Sciences e-mail: dejan@space.bas.bg

Key words: anomality,, hierarchy, variability

Abstract: A critical interdisciplinary analysis of the causes for discrepancies in the use of basic concepts about the Universe is made. Different physical causes for synergetical scenarios are commented.

Действителността е отвъд разбирането ни за нея. За изследване на Природата процедурата е наблюдаване на непонятна активност проявявана от неизвестна структура, която се проверява чрез 'вход-изход' проби. Действителността е отвъд разбирането ни за нея. Чрез математиката на изследваната структура се делегират логически свойства (физически закони), но е странно как последните са валидни за една безредна Природа. Подходът 'кога+къде' заедно с прекалено общи представи често води до неприемливи резултати. Неизвестни физични процеси внасят празноти в логиката на причини-ефекти, която се нуждае от "ренормализационни" фактори и съответната нова изследователска парадигма.

Енерго-структурните взаимодействия между микро & мега-мащаби пораждат нужда от ново познание & евристика. Понякога твърде негъвкавите опити за съчетаване на противоречащи си представи генерират нужда от нова парадигма. Идеята ни е за отворен, интердисциплинарен подход. В последното десетилетие се разчита на моделна интероперабилност, включваща информационен (мрежови & памет-ефекти) анализ, синергетика.

'аномалност' е от конфликта 'моно-мултимерност' &/или другия Дилемата 'абсолют+омнипотентност против неограничената откритост'. Понятието симетрия ако е принцип на равновесие, то не допуска съществуването на динамичен градиент, а ако не е, възникват противоречия относно запазването на енергия & стрелата на времето. Странният атрактор се характеризира с безкрайност, самоподобие, чувствителност. Ако се реализира дисипативен процес, то това е граничен бариерен мод. Е ли трансформацията Марков процес, или съществуват квази-стабилни режими с >1 стадия? Дали ГПО парадигма би създала мезомащабни фундаментални еволюционни сценарии, подобно на корпускулярно-вълновия дуализъм в квантовата механика? Изследване по темата би включвало откриване на нови явления, изучаване на тригерните им механизми, енергетиката & еволюцията (времеви мащаби & парадокси) им. Евристично да се изследват гранични/преходни области при информационен анализ и "избор- търсене на "скрити" решения и тяхното взаимодействие. Според (в "свободно приближение") изискванията на теоремата за ергодичност е полезно да се спазват при създаване на отворени и вътрешно съгласувани еволюционни сценарии & при проучванията на информационни източници за катастрофи е съществено: филтриране и категоризиране на

дублиращи, фантазни, съществено непълни сведения; изработване и прецизиране на критерии за достоверност; интерпретация на изменени цивилизационни останки; нееднозначност от разнообразието на дисипативни фактори.

Абсурдно е рутинното пренебрегване на мозъка като основен, а за теоретично изследване единствен инструмент. Съвременното развитие на проблема е с концепцията за квантова информация. Тя частично и временно разсейва смущенията от противоречащите на "здравия разум" експериментални факти чрез извеждане на абстракцията на по-свободно обобщено ниво. Крайно дръзка в приближенията си е екзотиката в представите за разпространение на квантовата информация чрез "свързаност" и превръщания с частични загуби при преходи през енергийни сингулярности ("черна дупка"). По някои оценки "тъмната материя" е 95%, т.е. това е поне един от дефицитите ни на знание. Друг опит за обяснене на парадокса "енергийна неопределеност" на границата на астрообекти е чрез обединяване (открит е въпроса за генерирането на изброените явления) на квантово критични фазови преходи, енергия на вакуума, тунелен преход и асимптотично забавяне на времето за процеси върху 'мъртва'(?) звезда. Има и модели на 'осцилираща' Вселена, в който функциите на тъмната материя са делегирани на "стъпаловидни" вариации на космологичната & други фундаментални константи.

Напоследък се откриват връзки между природни константи, които независимо от странната си "благоприятност" за човечеството, обясняват съществуването в различни мащаби на сложни структури (галактични струпвания, ветрове и течения, вируси). Формирането на "дърво на еволюцията" е заради нелинейното нарастване с времето на скоростта и комлексността им. Реалното паралелното съществуване на нейерархични схеми на развитие може би е поради квазисингулярно взаимодействие между управляващи параметри. Тези две алтернативи променят представата "плурализъм на процесите, но монизъм формите".

Споменатите мисловни упражнения показват, че *евристиката* интензивно се превръща в интердисциплинарно изследване. За обяснение на някои случайни непредсказуеми съвпадения ("кластърен ефект") преди около век В. Паули и К. Г. Юнг постулират *"синхроничността"* като проява на неустановен физически принцип, в който са свързани физическите закони.

Чрез синкретично осмисляне не представите за видове енергийни взаимодействия и трансформации, метрика и топология на фазовите пространства, граници на мащабите, характеристични константи е изяснено разбирането за катастрофизми и са обосновани границите и степените на прилагането на дефиниция. Реално системата е отворена, т.е. в граничните й области е непредсказуемо активирането на контакти, проявяващи се като катастрофа. Катастрофата (К) е естествен начин за освобождаване на натрупани енергийни несъответствия. Катастрофата е не само проява на пълно, необратимо прекъсване на собствени за системата цикли, но и на "интерференция" в перифериите на непознати като физическа същност резонанси. К-събития са: спонтанната смяна на вида траектории, и/или елементите им, както и на оси на въртене: с разширяване на фазовото пространство системата "прескача" в новопоявил се атрактор. "Странни" процеси- (не-гаусови процеси с корелации на произволно големи пространствено-времеви мащаби) са значими за енергийни превръщания и модулации на нестабилности. Прави се многопараметрична обработка на апроксимирани данни, в т.ч. анализ на бифуркации, изчисление на структурни функции и обобщени размерности. Поради многофакторната чувствителност на явленията, определянето на еднозначно значим индикатор за промяна на базата на разриви, или големи градиенти в брой параметри по-малък от факторите, е спорно. Изяснява се ролята на казуалности за прехода им катастрофи (необратими разрушения). Изработват се и актуализират критерии за риск, заплаха, опасност; търсене и проверка валидността на управляващи параметри. Модулират се чрез предварително конструирани сценарии на еволюцията на системата. Създават се логистични процедури за диспергиране, неутрализиране, дефлектиране на потенциални катастрофи- използване на невронни мрежи и размита логика. Създават се "невронни мрежи" с цел проверка на критерии за откриване на предвестници на мезомащабни (по енергия, време, пространство) кризисни явления в изследваната, както и за наблюдение на естествени и стимулирани предбифуркационни режими. Удобен изследователски подход са активните опити, при които се създават нови структури, енергийни и времеви прагове.

Въпреки налаганата от научните мениджъри "конформистка коректност" и емоционално пристрастна, концептуално ограничена, методологично "по инерция" интерпретация на данни, приетите за "нормални" 10% несигурност в една теория са достатъчни за извършване от "научни маргинали" на евристични пробиви, извеждащи науката от криза.

АНАЛИЗ НА ИНФОРМАЦИЯТА, ПУБЛИКУВАНА В WEB-CTPAHИЦАТА НА ЦЕНТЪРА ЗА ПРОГНОЗИ НА КОСМИЧЕСКОТО ВРЕМЕ И КОСМИЧЕСКИЯ КЛИМАТ ПРИ ИКИТ БАН И НЕГОВОТО БЪДЕЩО РАЗВИТИЕ

Мария Димитрова, Симеон Асеновски, Петър Велинов, Мариана Захаринова, Лъчезар Матеев, Румен Недков, Йордан Тасев, Петър Тонев, Пламен Тренчев, Пламен Христов

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките e-mail: maria@space.bas.bg

Ключови думи: космическо време, прогмозиране, надебдност на прогнозирането

Резюме: В настоящата работа е разгледано ежедневното представяне на 3-дневна прогноза за космическото време на специализиран web-caйm. Обоснован е изборът на дизайн, параметри и информация, които да се публикуват. Графично са сравнени публикуваните прогнозни параметри с измерените действителни такива за изтеклата една година. Анализирана е надеждността на направените прогнози. В заключение се дискутират възможностите за бъдещо развитие на сайта.

ANALYSIS OF THE INFORMATION, PUBLISHED ON THE WEB PAGE OF THE SPACE WEATHER AND SPACE CLIMATE FORECAST CENTER - SRTI-BAS AND ITS FUTURE DEVELOPMENT

Maria Dimitrova, Simeon Asenovski, Peter Velinov, Mariana Zaharinova, Lachezar Mateev, Roumen Nedkov, Yordan Tassev, Peter Tonev, Plamen Trenchev, Plamen Hristov

> Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: maria@space.bas.bg

Keywords: space weather, forecasting, reliability of forecasting

Abstract: In this paper we present 3-days space weather forecast, published on a web –site. We discus the design, parameters and information, published there. We show graphical comparison of forecasted and real measured parameters for the period of one year. We made an analysis of the reliability of the forecasts made by us. As a conclusion we discuss future development of the web-site

Въведение

Артериалното Земята, като част от Галактиката се намира под постоянното въздействие на междупланетната среда. Като част от Слънчевата система тя попада под силното влияние на Слънцето. Слънчевата радиация дава енергията,- топлина, светлина – необходима за живота и развитието на живите организми. В същото време, части от спектъра на слънцето, както и високо-енергетичните космични лъчи са смъртоносни за живите организми. Земното магнитно поле се явява щит, запазващ живота на Земята от вредното влияние на космическите лъчи, Слънчевата радиация и др. (фиг.1)

Слънцето е една активна звезда, чието излъчване не е постоянно във времето и пространството. Наблюдават се редица явления – слънчеви петна, коронални дупки, ерупции, коронално изхвърляне на маса (КИМ) и др., които променят излъчваната към Земята, потоците плазма от КИМ увличат магнитното поле на Слънцето, изкривяват формата и променят големината на земното.



Фиг. 1. Взаимодействие на Слънчевата активност със земното магнитно поле

Силни вариации във формата, посоката и силата на геомагнитното поле наричаме геомагнитна буря. Една силна геомагнитна буря има голямо влияние върху живота и дейността на хората:

- Силно влияе върху електрониката на космическите апарати
- Нарушава сателитните комуникации
- Влияе върху електрониката и хората в самолетите
- Смущава радиоразпръскването
- Създават се индуциран ток в далекопроводите
- Влияе върху здравето на хората

Отрицателните ефекти от една геомагнитна буря могат да бъдат намалени ако за нея се съобщи своевременно и се вземат съответните предпазни мерки:

- Високо-енергетични слънчеви частици и космични лъчи могат да навредят на човешкото здраве. Космическите апарати имат специални убежища срещу космическа радиация. При геомагнитна буря астронавтите следва да се възползват от тях
- Високо-енергетични електрони могат да предизвикат къси съединения в електрониката или да повредят слънчевите панели/паметта. Изключване на всички нежизненоважни системи.
- Слънчевите бури могат да предизвикат 'подпухване на атмосферата' и увеличаване на атмосферното триене. В някои случаи се налага коригиране на орбитата на сателити.
- Слънчевите бури могат да променят структурата на йоносферата, и да влошат радиокомуникациите и намалят точността на GPS приемниците. Преминава се по възможност към алтернативни способи за навигация и комуникация.
- Полети над полюсите могат да изложат пътниците на високи дози радиация по време на слънчеви и геомагнитни бури. Пренасочват се полетите по-далеч от полярните области.
- Индуциран от атмосферата ток в далекопроводите може да предизвика сериозни повреди в електроцентрали и трансформатори. Намалява се до по възможност консумираната мощност, включват се предпазители.
- Има риск за хората със сърдечни проблеми, високо кръвно налягане, душевни заболявания. Препоръчва се рисковите групи да остават в закрити помещения и да не се натоварват излишно.
- Забавя реакциите на хората. Да си избягват дейности, изискващи повишена концентрация.

С цел подпомагане разбирането на значението на космическата време и ограничаване на отрицателните влияния от промените му, от началото на ноември 2011 в ИКИТ се поддържа сайт за тридневна прогноза - http://www.space.bas.bg/SpaceWeather (фиг. 2).
Представяне на прогнозите за космическото време на специализиран web-сайт.

На страницата за прогнозиране ма космическото време, поддържана в ИКИТ-БАН се дава описание на основните параметри на космическото време, информация за моментното състояние на слънчевата активност и се представя прогноза за текущия и следващите два дни.

	огии
Център за Прогнози на Космическото Време и Космическия К ЦП	имат КВКК
начало прогнози геомагнитна слънчева връзки екип активност активност	
Тридневна слънчево-геофизическа прогноза	P
дата Ар индекс състояние на Кр инд кс състояние на Кр инд (вероят	ален јекс ност)
13.11.2012 Ар = 17 спокойно до силно смутено 5 (10	%)
14.11.2012 Ар = 7 спокойно до слабо смутено 3 (20	%)
15.11.2012 Ар = 11 спокойно до смутено 4 (20	%)
Архив 2011	

Фиг. 2. Начална страница на web-сайта

За мярка на геомагнитната активност в представените прогнози са избрани планетарните Кр и Ар индекси.

- Кр индекс е мярка за смутеността на земното магнитно поле. Той се измерва на всеки 3 часа и се дава в относителни единици, които варират от 0 до 9 в зависимост от смутеността на полето.
- Ар-индексът се изразява в единиците на магнитното поле (nT) и представлява средното значение на вариациите на магнитното поле, съответстващо на дадения Кр-индекс

Възприето е състоянието на геомагнитното поле да се приема за:

Kp < 2	спокойно	Ap < 19	спокойно
Kp = 2 - 3	Слабо смутено		
Kp = 4	смутено	Ap = 19 - 39	смутено
Kp = 5	Слаба геомагнитна буря		
Kp = 6 - 7	Геомагнитна буря	Ap > 39	Геомагнитна буря
Kp = 8 - 9	Силна геомагнитна буря		

На сайта се поддържа архив на измерените стойности на тези индекси за изтеклите месеци в табличен вид и графики на измерените Ар индекси (фиг. 3)



Архив февруари 2012								
2012	геомагнитно поле	Максимална стойност на Кр индекс	Ар индекс	Планетарен З-часов Кр индекс	Локален З-часов К индекс обсерватория Панагюрище			
29.02.2012	спокойно	Kp = 3	Ap = 4	3220 0011	0012 3000			
28.02.2012	спокойно до слабо смутено	Kp = 5	Ap = 11	1152 1223	0042 1003			
27.02.2012	спокойно до смутено	Kp = 5	Ap = 19	4312 4352	0032 3440			
26.02.2012	спокойно	Kp = 2	Ap = 6	2222 1012	0010 200X			
25.02.2012	спокойно	Kp = 3	Ap = 6	0012 3021	0000 1010			
24.02.2012	спокойно	Kp = 2	Ap = 4	1211 1210	0000 2100			
23.02.2012	спокойно	Kp = 2	Ap = 3	1011 0102	0011 1013			

Фиг. 3. Представяне на архива в графичен и табличен вид

Оценка за надеждността на прогнозите

За изтеклия период от една година след стартирането на сайта за прогнози на космическото време, графично сме представили сравнение на измерените Ар индекси и предсказаните такива съответно за текущия, втория и третия ден от прогнозирания период. На долните фигури са представени месеците с наблюдавани геомагнитни бури.



Фиг. 4. Сравнение на предсказаните стойности за Ар индекса с реално измерените през месец март 2012 година



Фиг. 5. Сравнение на предсказаните стойности за Ар индекса с реално измерените през месец април 2012 година



Фиг. 6. Сравнение на предсказаните стойности за Ар индекса с реално измерените през месец юли 2012 година



Фиг. 7. Сравнение на предсказаните стойности за Ар индекса с реално измерените през месец октомври 2012 година

Както се вижда от горните графики, прогнозите могат да бъдат наречени надеждни що се отнася до предвиждането на геомагнитни бури. В повечето случаи точно се определя момента на настъпване на явлението, но не и неговата сила и продължителност.

Коефициентът на корелация между прогнозираните и реално измерени стойности на Ар индекса за последните два месеца е съответно:

	Коефициент на корелация за на Ар за I ден	Коефициент на корелация на Ар за II ден	Коефициент на корелация на Ар за IIII ден	
10.2012	0.886079	0.61661	0.521797	
11.2012	0.811182	0.363539	0.308784	

Забелязва се известно завишаване на прогнозираните стойности за Ар индекса при спокойна геомагнитна обстановка.

Прогнозата за текущия ден в над 80% от случаите е надеждна. Наблюдават се известни колебания в прогнозните стойности за втория и третия ден от разглеждания период, както и направените за един и същ ден прогнози, което вероятно се дължи на несигурност и малък опит в членовете на научния екип.

Бъдещо развитие на web-сайта

С цел популяризиране на науката за космическото време и по-добра информираност на потребителите следва да се направят някои промени и подобрения в представянето на космическото време и прогнозите за него.

Екипът си е поставил за цел да направи този сайт място, от което може да бъде получавана информация с учебна и познавателна цел за космическото време, космическия климат и влиянието им върху живота и дейността на човека. Материалите за това, както и тяхното представяне се подготвят и ще бъдат достъпни в близко бъдеще.

Самите прогнози биха могли да се предоставят в два варианта – един научен за професионалисти, съдържащ повече параметри и строго научни данни и един по-разбираем за по-широка публика, където в достъпен вид да се дава информация за широкия потребител.

През периода, в който се поддържа страницата, в медиите често се даваше невярна информация за геомагнитната обстановка, което би могло да бъде избегнато ако се намерят правилните начини за популяризиране на даваната от екипа информация.

Заключение

В заключение може да се каже, че публикуваните тридневни прогнози могат да се използват като надеждна информация за настъпващи аномални явления. Те следва да се взимат предвид за предотвратяване на негативните последици от геомагнитните бури.

СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ НА ПРОГНОЗИТЕ НАПРАВЕНИ ПРЕЗ 2011-2012 ОТ ЦЕНТЪРА ЗА ПРОГНОЗИ НА КОСМИЧЕСКО ВРЕМЕ И КОСМИЧЕСКИЯ КЛИМАТ КЪМ ИКИТ-БАН

Йордан Тасев², Артем Абунин¹, Мария Абунина¹, Сергей Гайдаш¹, Симеон Асеновски², Петър Велинов², Мария Димитрова², Марияна Захаринова², Лъчезар Матеев², Петър Тонев²

¹Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн, Московская область, г.Троицк, РАН ²Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките e-mail: spsbyte@space.bas.bg; lusy_t@yahoo.com

Ключови думи: космическо време, геомагнитна буря, КИМ(Коронарно Изхвърляне на Маса)

Резюме: Направен е анализ на отклоненията между прогнозните и реално измерените стойности на параметрите на космическото време за период от една година. Класифицирани са е три категории прогнозираните параметри и състоянието на космическото време. Различните ситуации, които дава възможност за прогнозиране на космическото време са регистрирани и анализирани от гледна точка на ефективността и последователността на процесите. Основните категории са: 1.) Високо съвпадение между прогнозираните и реализираните параметри; 2.) Ниско съвпадение между прогнозираните и реализираните параметри 3.) Умерено съвпадение между прогнозираните и реализираните параметри. Направена е физическа интерпретация за всичките три категории от класификацията на прогнозите. Оценяването е постигнато по отношение на степента на съвпадение между прогнозираните и измерените параметри на космическото време. Изложени са някои изводи за нивото на ефективност при прогнозирането прилагано в прогнозите. Обсъдени са и системата от параметри използвани при оценка и анализ, които се взимат в предвид при прогноза. Обсъждат се и източниците на данни и модели, които се използват във виртуалното пространство по прогнозиране на космическото време.

COMPARATIVE ANALYSIS OF PROJECTIONS IN THE PERIOD 2011 - 2012 BY THE CENTER FOR SPACE WEATHER AND SPACE CLIMATE FORECASTS AT SRIT-BAS

Yordan Tassev², Artiom Abunin¹, Maria Abunina, Sergey Gaidash¹, Peter Velinov², Maria Dimitrova, Mariana Zaxarieva², Lachezar Mateev², Peter Tonev²

¹Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation, Moscow region, Troitsk, Russian Academy of Sciences ²Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences

e-mail: yktassev@bas.bg

Keywords: space weather, geomagnetic storm, CME

Abstract: A comparison of the deviations among predicted and measured values of space weather forecasts parameters is made for the period of one year. Three categories of the forecasted parameters and states of space weather are classified. Different situations which are used for possible space weather forecasting are analyzed based on effectiveness and continually. The main three categories are the following: 1) high degree of coincidence between predicted and realized parameters; 2) low degree of coincidence between predicted and realized parameters; 3) moderate degree of coincidence between predicted and realized parameters; and the measured space weather parameters is made. Some conclusions for the level of forecasting effectiveness concerning the real methodology of predictions are stated. The complex system of parameters which are taken into account in the outer space is formulated and analyzed. The sources of data and models which are used in the virtual space by prediction of space weather are also discussed.

Въведение

За да се анализират прогнозите на космическото време е необходимо да се проследят трите основни фактора които оказват влияние върху него. Първо, това са процесите на Слънцето, проявяващи се под различни форми на активности. Вторият фактор е междупланетната среда, чрез която достигат въздействията на Слънцето до Земята. И третият фактор е магнитосферата с всички свой области. На този етап от развитието на центъра за прогноза на космическо време и космически климат се прогнозира един параметър. Това е средно планетарният геомагнитен индекс Ар определян от 13 геомагнитни станции в двете полукълба. На фигура 1 е показана картата с разположението на геомагнитните обсерватории. Съответно в таблица 2 са дадени названията и геомагнитните координати на тези геомагнитни обсерватории. Прогнозата която се дава е краткосрочна и е за три дни. За всеки един ден се определя процентно стойностите на планетарните тричасови Кр индекси и от тях се определя планетарния Ар индекс. За сега тези прогнози са чисто изследователски, но са в такъв вид, че могат да се използват и за широки обществени цели.



Фиг. 1. Карта на геомагнитните обсерваториите за определяне на Кр индекса

Кр- индекса притежава полулогаритмична връзка с амплитудата на резултантния вектор на геомагнитното поле. За да се приведе Кр в линеен мащаб Bartels въвежда таблица за преминаване в нов три часов индекс ар. Връзката на този тричасов индекс ар с Кр- индекса се дава в известната

таблица 1. Kp = 00 0+ 1- 10 1+ 2- 20 2+ 3- 30 3+ 4- 40 4+ ap = 0 2 3 4 5 6 7 9 12 15 18 22 27 32 Kp = 5- 50 5+ 6- 60 6+ 7- 70 7+ 8- 80 8+ 9- 90 ap = 39 48 56 67 80 94 111 132 154 179 207 236 300 400

Northern Hemisphere				Southern Hemisphere				
	Observatory	Corr. Lat.	Geom.		Observatory	Corr. Lat.	Geom.	
MEA	Meanook	62.5°		EYR	Eyrewell	50.2°		
SIT	Sitka	60.0		CAN	Canberra	45.2°		
LER	Lerwick	58.9°						
OTT	Ottawa	58.9°						
LOV	Lovö	56.5°						
ESK	Eskdalemuir	54.3°						
BJE	Brorfelde	52.7°						
FRD	Fredericksburg	51.8°						
WNG	Wingst	50.9°						
HAD	Hartland	50.0°						
NGK	Niemegk(4)	48.8°						

Таблица 2. Названия и координати на Обсерваториите определящи Кр

При този вид анализи за проверка на успешността на извършените прогнози има различни подходи в зависимост от целите които си поставя прогнозата. В зависимост от това дали тези прогнози се правят за чисто изследователски, за медицински или пък за бизнес потребители, тяхната успешност (или точност на прогнозиране) може да бъде различна. Така например ако е за бизнес потребители за прогнозата е достатъчно да се декларира има ли ефект от събитието или няма. Докато в други случай градацията може да бъде значително подетайлна. В същност трябва да се отбележи, че за проверка успешността на дадена прогноза, няма определени критерии и методики. В последните години има остойностяване на резултатите разработено от Wilks, D. (2001), където е частично решено този вид разминаване между моделирането за потребителите и съответните показатели. По принцип сравняването на максималната полезност на получените резултати не отговаря на количественото остойностяване за различни реалистични случай. Или с други думи, капацитетът на количественото остойностяване неотговаря непременно на постигане на максимална полезност на отделните събития, където разходите и ползите са зависими от амплитудата на прогнозираното събитие. Предлагат се и алтернативни методи за сравнеие и представяне, които се счита, че могат да решат този проблем. Така например Weigel, R. S.(2006), в пълната спецификация на модела, изпълнява изчисления изискващи определяне на вероятността за взимане на правилно решение, вероятността за фалшива тревога, и пропуснати прогнози за процеси с различни амплитуди, при това обхващащи няколко нива на предопредително време. В нашият случай, ние сме приели подобен на последният описан подход, с известни модификации. Разглеждаме опростеният случай, взели сме правилно решение, несме взели правилно решение (в него се включва и фалшива тревога), и трети междинен вариант. Тази класация по- детайлно разгледана означава следната класификация: Високо съвпадение между прогнозираните и реализираните параметри; Ниско съвпадение между прогнозираните и реализираните параметри; Умерено съвпадение между прогнозираните и реализираните параметри. Така извършеното класифициране ние разписваме за трите случая и обясняваме във всеки един от тях смисълът им в т.н. критерии за подбор на прогнозираните и реализирани параметри.

I. Ниско съвпадение между прогнозираните и реализираните параметри

1. Има противоположност на прогнозните и реалните данни.

2. Има геомагнитно смущение но не е отбелязано в прогнозите.

3. Има прогнозиране за повишение на Ар но индекса остава спокоен по реални данни.

II.Умерено съвпадение между прогнозираните и реализираните параметри

- 1. Занижени или завишени, стойности на прогнозата спрямо реалните данни.
- 2. Вторият и/или третия ден от прогнозата са противоположни на реалните данни.

III. Високо съвпадение между прогнозираните и реализираните параметри

- 1. Да има почти пълно съвпадение между прогнозните и измерените параметри и в трите дни.
- 2. Да има почти пълно съвпадение между прогнозните и измерените параметри в двата дни.

3. Да има почти пълно съвпадение между прогнозните и измерените параметри поне в първият ден.

След така изложените критерии ще бъдат разгледани всичките събития и подредени по тях така, че да може да се извърши анализ на причините за вземане на определени решения. Разбира се всичките по- долу описани събития няма да могат да бъдат разгледани, но характерните и значими такива, ще бъдат анализирани.

Анализи

В предсавените по- долу анализи ще бъдат разгледани отделни случа, които според нас представляват както изследователски така и прогностичен интерес. Ще бъдат разгледани първо случайте когато не са се реализирали прогнозираните параметри. След това са разгледани и останалите случаи на, умерено съвпадение между прогнозираните и реализираните параметри и високо съвпадение между прогнозираните и реализираните параметри.За всяка една от описаните ситуации са изброени всичките случаи, но след това са анализирани само избрани ситуации.

I. Ниско съвпадение между прогнозираните и реализираните параметри.

- 1. От 11 до 14 ноември 2011 г., прогнозира се повишение на Ар но той остава спокоен по реални данни и за трите прогнози.
- 2. От 5 до 9 януари 2012, прогнозира се повишение на Ар но той остава спокоен по реални данни и за трите прогнози.
- 3. От 6 до 9 февруари 2012 има геомагнитно смущение но не е отбелязано в прогнозите.
- 4. От 7 до 9 март 2012 има противоположност на прогнозните и реалните данни.
- 5. От 14 до 16 март 2012 има противоположност на прогнозните и реалните данни за първи ден на прогнозата.
- 6. От 17 до 18 април 2012 има противоположност на прогнозните и реалните данни.
- 7. От 13 до 16 май 2012 има противоположност на прогнозните и реалните данни.
- 8. От 10 до 12 юни 2012 има разминаване по прогноза за първи ден.
- 9. От 16 до 18 юни 2012 има разминаване по прогноза за първи ден.
- 10. От 7 до 9 август 2012 прогнозира се повишение на Ар но той остава спокоен по реални данни.
- 11. От 18 до 19 септември 2012 има противоположност на прогнозните и реалните данни за първи и втори ден.
- 12. От 12 до 14 октомври 2012 има геомагнитно смущение но не е отбелязано в прогнозите. Да разгледаме случая 1.От 11 до 14 ноември 2011 г., прогнозира се повишение на Ар но

той остава спокоен по реални данни и за трите прогнози. Фиг. 2.



Фиг. 2

На 9 ноември е наблюдавано в 13:05 UT (15:05 ч. официално време) мощно КИМ (коронално изхвърляне на маса) от областта 11343, който се предполага че ще достигне Земята на 12 октомври след 06 UT.Фиг. 3.



Фиг. З

Съпоставяйки скоростите на Сл. Вятър с радиалната - компонентата на потока ясно се вижда че точно след 06 UT на 12 ноември, рязко нарастват скоростите на сл. вятър, а Вz компонентата на Междопланетното Магнитно Поле (ММП) за около час леко спада и след това продължава да нараства в следващите 6 часа. Практически Вz е положителна и това обяснява и невъзможността на ММП да се присъедини към Геомагнитното поле на магнитосферата. Именно затова и очакваната геомагнитна буря не се осъществява.Фиг. 4.



От 6 до 9 февруари 2012 има геомагнитно смущение но не е отбелязано в прогнозите. Фиг. 5. На 07 февруари 2012 се наблюдават 2 области със слънчеви петна.



Фиг. 5

Наблюдава се и короналната дупка СН499 в южната област на видимата част на слънчевия диск. Тя е в геоефективна позиция. Оформя се нова коронална дупка СН500, разположена меридионално, както в северното, така и в южното полукълбо.Фиг. 6.



Фиг. 6. Короналните дупки на Слънцето на 6 и 8 февруари 2012

Освен двете коронални дупки няма никакъв насочен към Земята КИМ. От фигура 7 на ММП и Вz – компонентата в последните 6 часа на 07-02-2012 остава отрицателна като максималните стойности са от порядъка на -4 nT. В същия период скоростта на слънчевия вятър достига своя максимум и е от порядъка на 490 км/с. Тези две характеристики на междупланетното пространство показват, че вероятно именно нарастването на скоростта и задържането с южна компонента на ММП води до появата на това смущение.

Сравнението с предишния случай показва, че вероятно по- продължителното време на южна насоченост на ММП дори и с по- малки стойности от порядъка на -4 nT може да бъде геоефективно за присъединяване към геомагнитното поле и появата на геомагнитна буря.



От 7 до 9 март 2012 има противоположност на прогнозните и реалните данни. Фиг. 8. От 5 март 2012 се наблюдават 5 области със слънчеви петна. Регистрирани са 10 ерупции (избухвания) от клас С (слаби) и три от клас М(среден) и 1 от клас Х(силно). Короналната дупка CH505 се намира в геоефективна позиция спрямо Земята. Продължава въздействието на коронална дупка с номер CH506. Тя също заема геоефективна позиция.



Фиг. 8

Наблюдаваното на 04-03-2012 КИМ най- вероятно ще засегне Земята на 6 март след 12:00 часа UT или 14:00 официално време. Видът на прогнозираните стойности на междупланетната среда за тази дата по моментната картина от модела на Goddard Space Flight Laboratory е на фиг. 9: За същото събитие от 04-03-2012 след преоценка на модела и резултатите от него, видът на разпространение на ударната вълна се променя Фиг. 10. и става двойна вълна значително различаваща се от първоначалният вид.









Ясно се разграничават две ударни вълни в коригирания вариант за разлика от първия случай. В случая подвеждаща роля е изиграл модела на Goddard Space Flight Laboratory. Въпреки, че и вторият вариант не отразява напърно действителната ситуация около събитието. Скоростта на слънчевия вятър на 5 март 2012 се изменяше между 319 и 368 km/s. На 6 март скоростта на сл. вятър се изменяше между 336 и 386 km/s. На 7 март скоростта на сл. вятър се изменяше между 344 и 578 km/s. На 8 март скоростта на сл. вятър, се изменяше между 456 и 828 km/s. На 9 март Скоростта на слънчевия вятър се изменяше явятър се изменяше между 525 и 986 km/s. На 10

март скоростта на слънчевия вятър се изменяше между 450 и 620 km/s. Анализът на скоростта на сл. вятър и Bz – компонентата на ММП Фиг. 11. показва, че има две вълни една на 7 и другата на 9 март и те са причина за геомагнитните бури.



Фиг. 11

Разглеждаме следващата група събития с умерено съвпадение между прогнозираните и реализираните параметри. Ще бъдат разгледани два случая от всичките девет по долу изброени:

На 24 януари 2012 вторият и третия ден от прогнозата са противоположни на реалните данни. От 12 до 14 април 2012 вторият и третия ден от прогнозата са противоположни на реалните данни.

От 23 до 26 април 2012 занижени стойности на прогнозата спрямо реалните данни за първия ден.

От 08 до 10 май 2012 занижени стойности на прогнозата спрямо реалните данни за първия ден. От 21 до 24 май 2012 занижени стойности на прогнозата спрямо реалните данни за първия ден. От 16 до 18 юни 2012 занижени стойности на прогнозата спрямо реалните данни.

От 8 до 10 юли 2012 занижени стойности на прогнозата спрямо реалните данни.

От 14 до 17 юли 2012 занижени стойности на прогнозата спрямо реалните данни.

От 03 до 04 септември 2012 занижени стойности на прогнозата спрямо реалните данни за първия и втория ден.

На 24 януари 2012 вторият и третия ден от прогнозата са противоположни на реалните данни Фиг. 12. На 19 януари 2012 се наблюдаваха 7 области със слънчеви петна, най-мощна от които е двойката 11401-11402. Регистрирани бяха 1 ерупция (избухване) от клас М и 3 ерупции от клас С. Възникна КИМ с пълно хало от областта 11402.



Фиг. 12



Очакваше се КИМ от 19 януари да достигне земната магнитосфера на 21 януари късно през нощта (23-24 часа UT или 00-01 часа официално време на 22 януари). Фиг. 13.

Фиг. 13

В периода (23 - 25 януари 2012) геомагнитната обстановка се очаква да варира от спокойна до смутена, като в края на периода (25 януари) е възможна малка или умерена геомагнитна буря поради КИМ, възникнал рано сутринта 06UT на 23 януари Фиг. 14.





Появата на 23 януари на КИМ, в ранните часове, води до промяна на обстановката. При прогнозите на 21 и 22 януари няма наличие на причина да се предвижда в по дългосрочната

прогноза на въздействия върху геомагнитното поле Фиг. 15. Ето защо в по- дългосрочната прогноза, засягаща втория и третия ден не се предвижда друга геомагнитна буря освен тази от 22 януари.



Именно затова прогнозите за втори и трети ден са толкова противоположни с прогнозата за един ден, когато на 23 настъпва КИМ-а. Може да се счита че тук няма грешка от страна на прогнозиращите. Просто такива са физическите условия.

От 23 до 26 април 2012 занижени стойности на прогнозата спрямо реалните данни за първия ден Фиг. 16. В период 22 - 24 април 2012 геомагнитната обстановка варира от смутена до спокойна. Очаква се в началото на периода геомагнитното поле да е смутено под въздействие на КИМ от 18 април. В периода 23 - 25 април 2012 геомагнитната обстановка варира от смутена до спокойна. Очаква се в началото на периода геомагнитното поле да е смутено под въздействие на КИМ от 18 април. В периода 23 - 25 април 2012 геомагнитната обстановка варира от смутена до спокойна. Очаква се в началото на периода геомагнитното поле да е смутено под въздействие на КИМ от 19 април, както и от възможни ефекти от короналната дупка CH514.





КИМ-а от 18 април достига до Земята на 21 април според модела на Goddard Space Flight Laboratory Фиг. 17.



Фиг. 17

КИМ-а от 19 април достига до Земята на 22 април според модела на Goddard Space Flight Laboratory фиг. 18.





Втората ударна вълна от същият КИМ идва до Земята на 23 април, според модела на Goddard Space Flight Laboratory Фиг. 19.



Фиг. 19

Поведение на Вz- компонентата на ММП и изменението на Радиалната скорост на слънчевият вятър за периода 21 -26 април 2012. На 21 април е първото значимо понижение на Вz на ММП. На 22.04 почти няма понижение и на 23.04 то достига почти до – 15 nT. Същевременно скоростта на сл. вятър остава почти постоянна между 350 и 400 km/s Фиг. 20.



Както се вижда от стойностите на Dst – индекса Фиг. 21. геомагнитната буря настъпва на 24 април, когато имаме и значително понижение на на южната компонента на ММП. Стойностите на Bz достигат -15 nT. Същевременно скоростта на сл. вятър е относимелно ниска между 350 и 400 км/с. Едва на 24 след обяд скоростите на сл. вятър достигат до 500 км/с и се покачват до 700 км/с на 25 април. Както се вижда от модела има три последователни ударни вълни на 21,22 и 23 април. Няма основание при тези ниски скорости но сл. вятър и кратковременно отрицателно Bz, което след това преминава в положително, да акумулира енергията от трите ударни вълни на 24 април. Но фактът е налице на 24 има голяма геомагнитна буря със стойности на Dst – индекса до -100 nT. и Ap =51. Характера на явлението е прогнозиран но мащабът му не е точно определен.



Остава разглеждането и на последната група от случаи, т.н. Високо съвпадение между прогнозираните и реализираните параметри. При нея както се разбира и от определението това са случаи когато има добро прогнозиране и добро съвпадение с измерените резултати. Изброени са седем случая:

От 21 до 23 януари 2012 се наблюдава много добро съвпадение между прогнозираните и наблюдаваните данни.

От 14 до 16 февруари 2012 се наблюдава добро съвпадение между прогнозираните и наблюдаваните данни, с леко занижени е на прогнозните стойности.

От 18 до 20 февруари 2012 се наблюдава добро съвпадение между прогнозираните и наблюдаваните данни, с леко завишение на прогнозните стойности.

От 12 до 14 април 2012 първият ден от прогнозата се наблюдава много добро съвпадение между прогнозираните и наблюдаваните данни.

От 03 до 06 юни 2012 се наблюдава добро съвпадение между прогнозираните и наблюдаваните данни.

От 18 до 20 август 2012 първият и вторият ден от прогнозата се наблюдава много добро съвпадение между прогнозираните и наблюдаваните данни.

От 08 до 10 октомври 2012 първият ден от прогнозата се наблюдава много добро съвпадение между прогнозираните и наблюдаваните данни.

Ще бъде разгледан само един случай от 03 до 06 юни 2012 г., когато се наблюдава добро съвпадение между прогнозираните и наблюдаваните данни фиг. 22. През изминалото денонощие (на 2 юни 2012) се наблюдават шест области със слънчеви петна. Бяха регистрирани две ерупции от клас С (нисък). Короналната дупка СН520 е разположена в центъра на слънчевия диск. На 3 юни СН520 вече е в геоефективна позиция.





Освен това е интересно развитието на короналната дупка от 2 и 3 юни 2012. Ясно се вижда на фиг. 23. значителната площ на слънчевия диск която има СН 520. Поради особената си форма тази коронарна дупка получи названието "chicken hole". Централното и фронтално разположение спрямо Земята, създават условие ускореният слънчев вятър да въздейства на магнитосферата. Поведение на Вz- компонентата на ММП и изменението на Радиалната скорост на слънчевият вятър за периода 1 - 6 юни 2012, потвърждават това. Фиг. 24.



Фиг. 23



Фиг. 24

Наблюдаваното добро съвпадение се дължи на относително ясната физическа ситуация. Основната причина е развитието на мащабно слънчево петно, обхващащо почти 1/10 от слънчевия диск. Същевременно на 3 юни Вz компонентата на ММП достига стойности от -12 nT. Още в началото на деня тя е -5 – 7 nT, и след това спада още. Това създава благоприятни условия за присъединяване на ММП към геомагнитното. Като прибавим и високите стойности на скоростта на сл. вятър, ясно е че реакцията на геомагнитното поле ще бъде силна.

Изводи:

Равносметка на неуспешно прогнозираните или с значимо отклонение Ар индекси е показано на фиг. 25. На нея са дадени коефициенти на корелация между реалните данни и прогнозираните за всичките месеци от 11. 2011 до 11.2012 год за I, II и III ден на прогнози. От 365 дни в годината неуспешно прогнозираните или с значимо отклонение са 66 дни което съответства на 18% от всички прогнози.





След разгледаните различни случаи при основните три състояния може да се извърши съпоставка между резултатите от прогнозирането в Центъра за прогноза на космическо време и космически климат в ИКИТ – БАН с други два прогностични Центъра. Този в ИЗМИРАН Русия, и този в САЩ в NOAA. Коефициенти на корелация между реалните данни и прогнозираните за ИКИТ-БАН, ИЗМИРАН и NOAA за I-ра прогноза Фиг. 26.





Коефициенти на корелация между реалните данни и прогнозираните за ИКИТ-БАН, ИЗМИРАН и NOAA за II-ра прогноза фиг. 27.



Фиг. 27

Коефициенти на корелация между реалните данни и прогнозираните за ИКИТ-БАН, ИЗМИРАН и NOAA за III-та прогноза фиг. 28.



Фиг. 28

Обобщавайки направените по- горе анализи може да се направят следните изводи:

Коефициентите на корелация показват, че прогнозите за първият ден на ИКИТ – БАН са близки или съвпадат с тези на ИЗМИРАН. Това като резултати от прогноза за първа година, може да се счита за доста добро постижение. В останалите дни на прогноза за два и три, има месеци в които точността на прогноза е най- голяма при ИКИТ – БАН. Факта, че само 18% са неточните прогнози също е показателно за целият период на прогнози. Разбира се, че сложността на процесите и относително малкият опит си дават отражение в резултатите.

Предстоят още работа по методическата организация и количественият анализ.

Литература:

- 1. W e i g e I, R. S., T. D e t m a n, E. J. R i g I e r, and D. N. B a k e r (2006), Decision theory and the analysis of rare event space weather forecasts, Space Weather, 4, S05002, doi:10.1029/2005SW000157.
- 2. W i l k s, D. (2001), A skill score based on economic value for probability forecasts, Meterol. Appl., 8, 209-- 219. 3. A r n o l d H a n s l m e i e r, The Sun and Space Weather, Kluwer Academic Publisher, 2004.
- 4. http://www.sidc.oma.be/cactus/out/latestCMEs.html
- 5. http://www.side.oma.be/cacids/odu/atestemEs.html
- 6. http://www.swpc.noaa.gov/ace/MAG_SWEPAM_24h.html
- 7. http://www.swpc.noaa.gov/today.html
- 8. http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_realtime/201110/index.html
- 9. http://www.geophys.bas.bg/panag/index_en.html

DYNAMICS OF THE AURORAL PRECIPITATION ZONES DURING RECURRENT STREAM OF SOLAR WIND

Oksana Yagodkina, Irina Despirak

Polar Geophysical Institute – Russian Academy of Sciences, Apatity, Murmansk region, Russia e-mail: despirak@gmail.com

Keywords: solar wind, auroral oval, storms

Abstract: Dynamics of the electron precipitation boundaries during magnetic storms on 19-22 February, 2006 were investigated. The magnetic storm with a minimum in Dst of -40 nT was driven by solar wind high-speed recurrent stream. The locations of auroral precipitation boundaries from DMSP spacecraft observations were compared to those obtained by an empirical model (http://apm.pgia.ru/). In this model the locations of different auroral precipitation regions depend on geomagnetic activity level expressed by the AL- and Dst indices. It is shown a good agreement between the observed with DMSP spacecraft and calculated data for different MLT sectors. This allows us to use the model to examine the dynamics of auroral precipitation during the different intensity magnetic storms. The significant latitudinal displacements of the diffuse auroral zone (DAZ) and the auroral oval precipitation (AOP) along with an increase in magnetic activity were observed. The broadening of zones was more significant in the night sector (21-24 MLT). It has been shown a noon-midnight symmetry, which is controlled by an AL index. On the contrary, any differences in dawn-dusk widening (i.e., asymmetry) of the DAZ and AOP zones were not observed which were demonstrated during magnetic storms associated with solar wind magnetic clouds.

Introduction

Solar wind is not a uniform flow, various large-scale structures and streams exist within it (e.g. [1]). A part of these non-homogeneities originate in the solar atmosphere, while another part is a result of dynamic processes in the interplanetary medium [2]. The streams and structures in the solar wind could be two types: quasi-stationary and disturbed. Quasy-stationary is the heliospheric current sheet, fast streams from coronal holes, and slow streams from the coronal streamers. To the disturbed type the interplanetary manifestations of coronal mass ejections belong which can include magnetic clouds (MC) and EJECTA (or interplanetary coronal mass ejection). Disturbed structures are also structures generated in the interplanetary medium along solar wind propagation - compression regions in the front of incoming fast recurrent streams (CIR) and magnetic clouds (Sheath) (see for example [3], [4], [5], [6], [7]).

Changes in the interplanetary medium associated with the large-scale structure of the solar wind, and a direct impact on geophysical phenomena are registered on Earth and satellites. However, in the chain: the solar wind - magnetosphere of the Earth - the manifestation of this interaction in the ionosphere, still many gaps exist. For example, the impact of the different streams and structure of the solar wind on the spatial dynamics of precipitation particle zones, in particular, the position of the auroral oval. The influence of individual parameters of the solar wind on the boundaries and distribution of auroral precipitation particle zones is studied since the 70's of the last century (e.g., [8], [9], [10]). But the solar wind parameters were considered separately, without connection with the solar wind streams and structures, which they belong.

Recently the dynamics of auroral precipitation during magnetic storms caused by solar wind magnetic clouds have been studied [11]. It was shown that the planetary pattern of auroral precipitation indicated an asymmetry - different dawn-dusk widening of the diffuse auroral zone (DAZ) and auroral oval precipitation (AOP).

In our work, we will continue to study the effect of different streams of solar wind on the spatial distribution of precipitation zones, namely, the impact of solar wind recurrent streams on the dynamics of particle precipitation. More precisely, the purpose of this study is the investigation of the electron precipitation boundary locations and the creation of planetary pattern of auroral precipitation during the magnetic storms driven by the solar wind recurrent streams.

Data used

To investigate the planetary distribution of auroral precipitation during the magnetic storms with a minimum in Dst - 40 nT on 19-22 February, 2006 the DMSP F13,15,16 observation data (OMNIWeb, http://nssdc.gsfc.noaa.gov), the AL- and Dst- indices (http://swdcdb.kugi.kyoto-u.ac.jp), and the empirical model (http://apm.pgia.ru/) ([10], [12]) were used. The solar wind and interplanetary magnetic field parameters were taken from the WIND satellite (http://cdaweb.gsfc.nasa.gov/cdaweb/istp_public/).

The model (http://apm.pgia.ru/) used here allows us to construct the planetary distribution (geomagnetic latitude - local geomagnetic time) of different types of auroral precipitation depending on the level of the geomagnetic activity determined by AL and Dst indices. The following classification of the regions of electron penetrations suggested by Starkov et al. [13]) was used in our paper:

DAZ (diffuse auroral zone) is the region of diffuse precipitation, located equatorward of auroral oval and spatially coincided with a zone of diffuse aurora. This is the zone of hard electron precipitation formed by the electrons injected into the near-Earth region on the night side and then drifted around the Earth. The typical energy of electrons here exceeds 1 keV.

AOP (auroral oval precipitation) is the region of structured precipitation, whose equatorward boundary spatially coincides with the equatorial border of the oval.

SDP (soft diffuse precipitation) is the region of soft diffuse precipitation poleward of the AOP region.

Recurrent streams are determined as high-speed streams, which reappear in each solar rotation, thus giving 27-days periodicity in the occurrence of these streams. The recurrent streams are characterized by an increased solar wind velocity (> 500 km/s), and lower (than the average) density; the duration of these streams is \sim 3-4 days. In front of the recurrent stream there is a region of the interaction with slower streams (CIR). CIR is determined as a region with a magnetic field and plasma compression.

In this work we present an event connected with the magnetic storm caused by the solar wind recurrent stream – the event on 19-22 February, 2006.

Results

1) Comparison of the model and observed with DMSP satellites precipitation boundaries

We investigated the locations of auroral precipitation boundaries from DMSP F13, 15, 16 spacecraft and compared them with those obtained by an empirical model. Results are presented in Figure 1.





Figure 1 illustrates the precipitation characteristics in the morning-evening-night sectors (03-06 MLT on the left panels, 18-21 MLT on the middle panels and 21-24 MLT on the right panels). From top to bottom the variations in the position of b1e - the equatorward boundaries of the zone of diffuse auroral precipitation (DAZ); of b2e - the equatorward boundary of auroral oval precipitation (AOP eq); of b5e - the poleward boundary of auroral oval precipitation (AOP eq); of b5e - the poleward boundary of auroral oval precipitation (AOP pol) are shown. The solid lines show the dynamics of the calculated boundary, the marks show the satellite DMSP F13, F15 and F16 observations of the boundaries investigated. As seen from Figure 1 the boundary positions observed by the satellite experience considerable latitudinal variations at adjacent experimental points. Although the discrepancies between the experimental and calculated precipitation characteristics are sometimes considerable, the model calculations are generally in a good agreement with the experiment.



2) Global distribution of auroral precipitation on February 19-22, 2006

Fig. 2. On the left panel - the solar wind conditions and the indices of geomagnetic activity (AL and Dst indices) during the storm on 19-22 February, 2006; on the right panel - the dynamics of the global precipitation for four intervals marked by the dashed black lines ((a), (b), (c), and (d)).

In Figure 2 (left panel) the solar wind conditions and the indices of geomagnetic activity during the storm on 19-22 February, 2006 are shown. From top to bottom Bz-component IMF, solar wind velocity, temperature and dynamic pressure from OMNI database are presented. Two bottom panels show the values of indices of magnetic activity (AL and Dst indices). The recurrent stream is characterized by a higher solar wind velocity (V > 500 km/s) and lower pressure (density) (than the average); the duration of these streams is ~ 3-4 days (Pudovkin, 1996). In front of the recurrent stream there is a region of the interaction with slower streams (CIR). CIR is determined as a region with the magnetic field and plasma compression (Balogh et al., 1999). The CIR was registered from 11 UT on 19 February to 12 UT on 20 February; the blue region shows the time of CIR. After CIR, a solar wind recurrent stream was monitored; recurrent stream was observed from 12 UT on 20 February to 12 UT

on 23 February. This recurrent stream caused a magnetic storm; the magnetic storm was initiated at ~ 20 UT on 19 February when the CIR region reached the magnetosphere. During this storm the AL-and SYMNH indices (1 min data) were -1400 nT and -40 nT, accordingly.

Figure 2 (right panel) illustrates the global pattern of auroral precipitation in the CGL – MLAT coordinates during the storm. The dashed black lines mark the four intervals - (a), (b), (c), and (d) during different magnetic storm phases, for which the planetary distributions are shown. In the model calculations, the 1-hour indices of magnetic activity (AL and Dst) were used.

From Figure 2 we can see a significant displacement to lower latitudes of the auroral precipitation and a change in the size (the broadening) of the precipitation zones with an increase magnetic activity. The broadening is more significant in the night sector (21-24 MLT). Max displacement and widening of AOP and DAZ are visible in 15:40 UT on 20 February (great values of Dst and AL, (b) picture).

3) The size of widening of AOP (a) and DAZ (b) in the morning (03-06 MLT), the evening (18-21 MLT) and the night (21-24 MLT) sectors



Fig. 3. Latitudinal sizes of AOP (a) and DAZ (b) in the three MLT sectors; two bottom panels show the variations of AL and Dst indices.

In Figure 3 the changes in the size of precipitation zones AOP (a) and DAZ (b) in the morning (03-06 MLT), evening (18-21 MLT) and night (21-24 MLT) sectors are presented in detail. On two bottom panels of the Figures the AL and Dst indices of the magnetic activity are shown. All the curves were smoothed using a running average for clarity.

As we can see the maximum widening of the AOP is about 6° CGL for the night sector, about 1.6° CGL for the evening sector and about 2.5° CGL for the morning sector. Figure shows the width of AOP in the night and evening sectors is controlled by the AL index; the width of AOP in the morning sector is controlled by the Dst index. The width of DAZ in all sectors does not change significantly. The

width of DAZ in the morning and evening sectors appears to be controlled by the Dst index; the width of DAZ in the night sector is controlled by the AL index.

4) Comparison of dynamics of AOP and DAZ for storms caused by the solar wind magnetic clouds and the recurrent stream

Recently the auroral precipitation boundary dynamics during magnetic storms caused by solar wind magnetic clouds have been studied and the global pattern of auroral precipitation during three magnetic storms of different intensity have been created on the basis of the empirical model (APM). Three magnetic storms (weak, moderate and strong) were examined. It is shown that there is a significant displacement to lower latitudes of the diffuse auroral zone (DAZ) and the auroral oval precipitation (AOP) in the morning and evening sectors during the main phase of the storm. The authors found that the planetary pattern of auroral precipitation showed the morning - evening asymmetry. To illustrate these results and indicate the different behavior of the precipitation boundaries during the magnetic storms driven by the different sources we present Figure 4 (Figure taken from [11]). Figure 4 demonstrates the global pattern of the auroral precipitation in CGL - MLAT coordinates and the indices of the geomagnetic activity for the weak magnetic storm on 10-11 January, 1997. The dashed lines point four intervals - the calm (a), the growth (b), and the expansive (c) and the recovery (d) magnetic storm phases for which the planetary distributions are shown. Max displacement and asymmetry are visible in 01 UT (great values of Dst and AL). From the left panel of Figure 4 it is seen the significant displacement to the lower latitudes of auroral precipitation zones and the change of their sizes along with an increase in the magnetic activity. From the right panel one can see that the planetary pattern of auroral precipitation indicates different dawn-dusk widening of DAZ and AOP (asymmetry). For all the events considered by Yagodkina et. al. [11] the following conclusions were made: (1) the width of the DAZ does not change in the evening sector and it extended up to 9[°] in the morning sector during the strong storm; (2) the AOP region expands differently in two sectors for the storms of different intensity. For the moderate and strong storms, the AOP region expansion was observed in both sectors, and for the weak storm a significant expansion occurred only in the evening sector.



Thus, we see that there are differences in the dynamics of AOP and DAZ for the storms caused by the recurrent stream and for the storms caused by the magnetic cloud.

From Figure 2 and Figure 3 it is seen that with an increase in the magnetic activity and in the intensity of the storm there observed a widening of the AOP and DAZ regions. The strongest widening

of AOP was observed in the night sector; the value of the expansion of AOP in the evening and night sectors was controlled by the AL index. It is shown that during the recurrent stream the symmetry in the precipitation particle was observed along the noon – midnight meridian, and there was no dawndusk asymmetry, which is the characteristic of the storm caused by a magnetic cloud.

Conclusions

The present study presents the model pattern of the global auroral precipitation during the magnetic storm driven by the recurrent stream (namely CIR- storm). The auroral boundary positions in the morning (03-06 MLT), in the evening (18-21 MLT) and in the night (21-24 MLT) sectors were considered in detail for two different auroral regions: the diffuse auroral zone (DAZ) and the structured auroral oval precipitation (AOP).

The following conclusions were made:

1) Model calculations describe well the dynamics of precipitation boundaries observed by DMSP satellites. This makes it possible to describe the situation of recurrent streams using the model calculations.

2) It was found that, with an increase in magnetic activity, both zones move to lower latitudes in a regular fashion and we observe their broadening. The broadening is more significant for the night sector (21-24 MLT).

3) It is shown that during the magnetic storm driven by the recurrent stream there is noonmidnight symmetry of auroral precipitation, On the contrary, during the storms associated with the magnetic clouds there is a dawn-dusk asymmetry.

Acknowledgements. The paper was supported by the RFBR Grants 12-05-01030, 12-05 -00273 and Program No 22 of the Presidium of the Russian Academy of Sciences (RAS) "Fundamental problems of the Solar system exploration".

The study is part of a joint Russian - Bulgarian Project "The influence of solar activity and solar wind streams on the magnetospheric disturbances, particle precipitations and auroral emissions" of PGI RAS and IKIT-BAS under the Fundamental Space Research Program between RAS and BAS.

References:

1. Pudovkin, M.I., Solar wind. Soros Educational Journal, 12, pp. 87-94, 1996.

- Yermolaev Yu.I., N.S. Nikolaeva, I.G. Lodkina, M.Yu. Yermolaev, Catalog of Large-Scale Solar Wind Phenomena during 1976-2000, Kosmicheskie Issledovaniya, 47, pp. 99-113, 2009.
- 3. Klein, L.W. and L.F. Burlaga, Interpalnatary magnetic clouds at 1 AU, J. Geophys. Res., 87, pp. 613-624, 1982.
- 4. Balogh, A., J.T. Gosling, J.R. Jokipii, R. Kallenbach, H. Kunow, Corotating interaction region, Space Science Reviews, 89, pp. 141-411, 1999.
- 5. Sheeley, N.R. and J.W. Harvey, Coronal holes, solar wind streams and recurrent geomagnetic disturbances during 1978 and 1979, Solar Physics, 70, pp. 237-249, 1981.
- 6. Cane, H.V., I.G. Richardson, Interplanetary coronal mass ejections in the near-Earth solar wind during 1996 2002, J. Geophys. Res., 108, doi 10.1029/2002JA009817, 2003.
- 7. G o p a l s w a m y, N., Properties of interplanetary coronal mass ejections, Space Science Reviews, 124, 145, doi: 10.1007/s11214-006-9102-1, 2006.
- 8. Zverev, V.L., G.V. Starkov, Ya.I. Feldstein, Influences of the interplanetary magnetic field on the auroral dynamics, Planet. Space Sci., 27, pp. 665-667, 1979.
- 9. Vorobjev, V.G., B.V. Rezhenov, O.I. Yagodkina, Solar wind plasma density control of night-time auroral particle precipitations. Ann. Geophys., 22, pp. 1047-1052, 2004
- 10. Vorobjev, V.G. and O.I. Yagodkina, Effect of magnetic activity on the global distribution of auroral precipitation zone, Geomagnetism and Aeronomy, 45(4), 438-444, 2005.
- 11. Yagodkina, O.I., I.V. Despirak, V.G. Vorobyev, Spatial distribution of auroral precipitation caused by magnetic clouds, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, doi:10.1016/j.jastp.2011.06.009. 2011.
- 12. Vorobjev, V.G. and O.I. Yagodkina, Auroral precipitation dynamics during strong magnetic storms, Geomagnetism and Aeronomy, 47(2), pp. 185-192, 2007.
- 13. Starkov, G.V., B.V. Rezhenov, V.G. Vorobjev, Ya.I. Feldstein, Planetary distribution of auroral precipitation and its relation to the zones of auroral luminosity, Geomagnetism and Aeronomy, 43 (5), pp. 609-619, 2003.

ТЕОРЕМА ЗА УСТОЙЧИВОСТ НА ДВИЖЕНИЕТО НА ЕКВАТОРИАЛЕН СПЪТНИК

Костадин Шейретски¹, Румен Шкевов², Николай Ерохин³

¹Университет за национално и световно стопанство ²Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките ³Институт за космически изследвания – Руска академия на науките e-mail: ksheiretsky@mail.space.bas.bg

Ключови думи: небесна механика, теория на устойчивостта, хамилтонова механика

Резюме: Доказана е теорема за устойчивостта на движението на екваториален спътник на кръгова орбита под действието на гравитационен потенциал. Доказателството е направено на базата на теорема на Раус, посредством методите на Хамилтоновата механика. Определени са орбиталните параметри на спътника, при които движението е устойчиво.

THEOREM FOR STABILITY OF EQUATORIAL SATELLITE MOTION

Kostadin Sheiretsky¹, Rumen Shkevov², Nikolay Erokhin³

¹University of National and World Economy ²Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences ³Space Research Institute – Russian Academy of Sciences e-mail: ksheiretsky@mail.space.bas.bg

Keywords: celestial mechanics, stability theory, Hamiltonian mechanics

Abstract: A theorem for stability of equatorial satellite motion on circular orbit under the influence of gravitational potential is being proved. The proof is on the bases of the Rouse Theorem, using Hamiltonian mechanics methods. Stable motion satellite orbital parameters are determined.

Въведение

В настоящата работа е използван Хамилтоновия подход при изучаване на движенията на небесните тела [1]. Теорията на Хамилтоновите системи служи за основа на аналитичните и числените изследвания на движенията в небесната механика [2]. Поставена и успешно е решена математическата задача за устойчивост на движението на екваториален спътник по кръгова орбита, в гравитационно поле на сплесната при полюсите планета, като се използва теоремата на Раус.

Голям клас от механични системи не съдържат някои координати в израза за кинетичната си енергия, това са така наречените циклични координати. Останалите координати на системата се наричат позиционни. Следваме [3].

Нека $q_1...q_s$ са позиционните, а $\varphi_1...\varphi_m$ са цикличните координати. Уравненията на Лагранж за цикличните координати са

(1)
$$\frac{d}{dt}\frac{\partial E_k}{\partial \dot{\varphi}_i} - \frac{\partial E_k}{\partial \varphi_i} = F_{\varphi_j}, j = 1..m,$$

където F_{φ_j} са обобщената сила, съответстващи на цикличната координата φ_j , E_k е кинетичната енергия на системата. Тъй като

(2)
$$\frac{\partial E_k}{\partial \varphi_i} = 0$$
 и $F_{\varphi_i} = 0$

следва, че

(3)
$$\frac{d}{dt}\frac{\partial E_k}{\partial \dot{\phi}_i} = 0.$$

От уравненията на Лагранж следва, че обобщените импулси, съответстващи на цикличните координати остават постоянни през цялото време на движението

(4)
$$\frac{\partial E_k}{\partial \dot{\varphi}_j} = p_{\varphi_j} = const.$$

Интегралите на движение (4) могат да се използват при съставянето на функцията на Раус по формулата:

(5)
$$\widetilde{R} = \widetilde{E}_k - \sum_{l=1}^m p_{\varphi_l} \dot{\varphi}_l.$$

Теорема на Раус: Ако в стационарното движение потенциалната енергия на приведената система $W = U - \widetilde{R}_0$ има минимум, тогава движението е устойчиво относително позиционните координати q_j и скорости \dot{q}_j , за смущения ненарушаващи стойностите на цикличните интеграли.

Изследване устойчивостта на стационарното движение на екваториален спътник на планета, посредством използването на функцията на Раус.

Решаването на поставената задача се осъществява по схемата предложена в монографията на Меркин [3].

Теорема. Ако спътник на планета се движи по кръгова орбита в поле с потенциал $U = -\frac{k}{R} - \frac{\alpha}{R^3}$, тогава стационарното движение е устойчиво по отношение на $R, \dot{R}, \theta, \dot{\theta}, \dot{\phi}$ при

условие за радиуса на орбитата $R_0 > \sqrt{\frac{3\alpha}{k}}.$

Доказателство:

Разглеждаме движението на спътника в сферична координатна система (R, θ, ϕ) с център O съвпадащ с центъра на планетата. Кинетичната енергия се представя с израза:

(6)
$$E_k = \frac{m}{2} (\dot{R}^2 + R^2 \dot{\theta}^2 + R^2 \sin^2 \theta \dot{\phi}^2),$$

потенциала на полето има вида [4]:

(7)
$$U = -\frac{k}{R} - \frac{\alpha}{R^3}$$

R-разстоянието от масовия център на спътника до O. $k = \gamma m (M + m)$, където γ е универсалната гравитационна константа, M- маса на планетата, m- маса на спътника,

 $\alpha = \varepsilon \frac{M{R_e}^2 \mu}{3}$, където R_e е екваториалния радиус на планетата, $\varepsilon = \frac{R_e - R_p}{R_e} - \frac{\omega^2 R_e}{g_e}$, R_p -

полярния радиус на планетата, ω -ъглова скорост на въртене на планетата, g_e - планетно ускорение на екватора.

Цикличната координата ϕ съответства на интеграла

(8)
$$p_{\varphi} = \frac{\partial E_k}{\partial \dot{\varphi}} = mR^2 \sin^2 \theta \dot{\varphi} = const.$$

От уравнение (8) изразяваме $\dot{\phi}$ и заместваме израза в уравнението за кинетичната енергия

(9) $\dot{\phi} = \frac{p_{\varphi}}{mR^2 \sin^2 \theta}$,

(10)
$$E_k = \frac{m}{2} \left(\dot{R}^2 + R^2 \dot{\theta}^2 \right) + \frac{p_{\phi}^2}{2mR^2 \sin^2 \theta}$$

Образуваме функцията на Раус

(11)
$$\widetilde{R} = E_k - p_{\varphi}\dot{\varphi} = \frac{m}{2}\left(\dot{R}^2 + R^2\dot{\theta}^2\right) + \frac{p_{\varphi}^2}{2mR^2\sin^2\theta} - \frac{p_{\varphi}^2}{mR^2\sin^2\theta}$$

Като извършим съответните преобразувания се получава

(12)
$$\tilde{R} = \frac{m}{2} (\dot{R}^2 + R^2 \dot{\theta}^2) - \frac{p_{\phi}^2}{2mR^2 \sin^2 \theta}$$

Функцията на Раус може да се представи като сбор от три функции

(13)
$$\widetilde{R}_1 = \frac{m}{2} \left(\dot{R}^2 + R^2 \dot{\theta}^2 \right), \ \widetilde{R}_1 = 0, \ \widetilde{R}_0 = -\frac{p_{\varphi}^2}{2mR^2 \sin^2 \theta}$$

Определяме потенциалната енергия на приведената системата

(14)
$$W = U - \tilde{R}_0 = -\frac{k}{R} - \frac{\alpha}{R^3} + \frac{p_{\phi}}{2mR^2 \sin^2 \theta}$$

Изразяваме условията за съществуване на стационарно движение:

$$\frac{\partial W}{\partial R} = \frac{k}{R^2} + \frac{3\alpha}{R^4} - \frac{p_{\varphi}^2}{mR^3 \sin^2 \theta} = 0,$$
$$\frac{\partial W}{\partial \theta} = -\frac{p_{\varphi}^2 \cos \theta}{mR^2 \sin^3 \theta} = 0.$$

Лесно се съобразява, че системата (15) се удовлетворява от следните стойности на променливите

$$\theta_0 = \frac{\pi}{2},$$

$$R_0 = \frac{p_{\varphi}^2}{km} - \frac{3m}{p_{\varphi}^2}\alpha + O(\alpha^2).$$

(16)

(15)

В сила е и следното отношение за скоростта на въртенето на ридиус-вектора

(17)
$$\dot{\phi}_0 = \hat{\omega}, \ \hat{\omega}^2 R_0^3 = \frac{k}{m} - \frac{3\alpha}{R_0^2 m}$$

Разглеждаме малки в сравнения с единицата отклонения от стационарното състояние на системата

(18)
$$R = R_0 + \zeta, \ \theta = \frac{\pi}{2} + \eta$$

Разлагаме $W - W_0$ в ред на Тейлър, по степените на отклоненията от стационарните стойности на променливите

(19)
$$W - W_0 = \left(\frac{\partial W}{\partial R}\right)_0 \xi + \left(\frac{\partial W}{\partial \theta}\right)_0 \eta + \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\partial^2 W}{\partial R^2}\right)_0 \xi^2 + \left(\frac{\partial^2 W}{\partial \theta^2}\right)_0 \eta^2 + 2 \left(\frac{\partial^2 W}{\partial R \partial \theta}\right)_0 \xi \eta \right] + \dots$$

Отчитат се уравнения (9) като израз (13) приема вида

(20)
$$W - W_0 = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\partial^2 W}{\partial R^2} \right)_0 \xi^2 + \left(\frac{\partial^2 W}{\partial \theta^2} \right)_0 \eta^2 + 2 \left(\frac{\partial^2 W}{\partial R \partial \theta} \right)_0 \xi \eta \right] + \dots$$

Частните производни в уравнение (20) имат вида

$$\left(\frac{\partial^2 W}{\partial R^2}\right)_0 = -\frac{2k}{R_0^3} - \frac{12\alpha}{R_0^5} + \frac{3p_{\varphi}^2}{mR_0^4},$$

(21)
$$\left(\frac{\partial^2 W}{\partial \theta^2}\right)_0 = \frac{p_{\phi}^2}{mR_0^2},$$
$$\left(\frac{\partial^2 W}{\partial R \partial \theta}\right)_0 = 0.$$

Заместваме така намерените частни производни и се достига до израза

(22)
$$W - W_0 = \frac{1}{2} \frac{k}{R_0} \left[\left(\frac{1}{R_0^2} - \frac{3\alpha}{kR_0^4} \right) \xi^2 + \left(1 + \frac{3\alpha}{kR_0^2} \right) \eta^2 \right] + \dots$$

От уравнение (22) се вижда, че функцията W има минимум за $R_0 > \sqrt{\frac{3\alpha}{k}}$, понеже $W - W_0$ е

положително определена функция и е непрекъсната по отношение на стойността на интеграла на цикличната променлива. В съответствие с теоремата на Раус твърдим, че стационарното движение с така зададените параметри на спътника е устойчиво по отношение на $R, \dot{R}, \theta, \dot{\theta}, \dot{\phi}$.

Заключение

Посредством теоремата се доказва се, че при обичайните за Слънчевата система двойки планета – спътник (звезда – планета), кръговото движение в екваториалната равнина спътник е устойчиво. Конкретните параметри на условието за устойчивост на движението са от практическо значение за движениеята на изкуствените спътници. Резултатът може да се приложи и за търсенето на планети извън Слънчевата система, където например могат да бъдат наблюдавани планети с радиус близък до юпитеровия, но орбити доста по-близки до централното тяло [5].

Литература:

1. Д. Тер Хаар, Основы гамильтоновой механики. Наука. Москва, 1974.

2. П у а н к а р е, А. Лекции по небесной механике. Наука. Москва, 1965.

3. Меркин, Д. Р. Введение в теорию устойчивости движения. Москва. Наука. 1987.

4. Белецкий, В.В., Регулярные и хаотические движения твердых тел. Институт компьютерных исследований. Москва, 2007.

5. Шейретски, К., Н. Ерохин. Взаимосвязь между поступательным и вращательным движениями спутника по круговой орбите в центральном гравитационном поле MSS-09, Москва, 2009, с. 276-282.

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ГЕОМАГНИТНЫХ БУРЬ 8 И 9 ОКТЯБРЯ 2012 ГОДА И ИХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Петър Тонев¹, Артем Абунин², Мария Абунина², Симеон Асеновски¹, Анатолий Белов², Петър Велинов¹, Сергей Гайдаш², Мария Димитрова¹, Евгения Ерошенко², Лъчезар Матеев¹, Йордан Тасев¹

¹Институт космических исследований и технологий Болгарской академии наук ²Институт земного магнетизма и распространения радиоволн Российской академии наук e-mail: ptonev@bas.bg

Ключови думи: космическая погода, прогнозирование, выброс корональной массы, эрупция волокна, корональная дыра, планетарные индексы геомагнитной активности

Абстракт: Рассмотрены трехсуточные прогнозы геомагнитных бурь 8 - 9 октября 2012 года Центра прогноза космической погоды и космического климата (ЦПКПКК) при ИКИТ БАН и сделано их сравнение с реальной физической обстановкой в рассматриваемый период. Тогда как буря 8 октября была предсказана ЦПКПКК, то вторая буря оказалась неожиданностью для ЦПКПКК и других прогностических центров в мире. Сделан анализ вероятных причин возникновения существенной разницы между прогнозными и реальными параметрами космической погоды, что полезно для усовершенствования прогнозирования ЦПКПКК после одного года его работы в плане уточнения оценки влияния совокупности разнообразных явлений на Солнце в период максимума его активности.

ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT OF GEOMAGNETIC STORMS ON 8 AND 9 OCTOBER 2012 AND OF THEIR FORECASTING

Peter Tonev¹, Artem Abunin², Maria Abunina², Simeon Asenovski¹, Anatoliy Belov², Peter Velinov¹, Sergey Gaidash², Maria Dimitrova¹, Evgeniya Eroshenko¹, Lachezar Mateev¹, Yordan Tassev¹

¹Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences ²Institute of Geomagnetism and Propagation of Radiowaves – Russian Academy of Sciences e-mail: ptonev@bas.bg

Keywords: space weather, forsecasting, coronal mass ejection, filament eruption, coronal hole, planetary geomagnetic activity indices

Abstract: Three-day forecasts of the magnetic storms on October 8 and 9 2012 are considered prepared by the Center of Forecasting of the Space Weather and Space Climate (CFSWSC) in Space Research & Technology Institute of Bulgarian Academy of Sciences. These forecasts are compared with the actual physical state in the considered period of time. While the magnetic storm on 08.10.2012 was perdicted by CFSWSC, the second storm was unexpected for CFSWSC, as well as for the world prognostic centers. An analysis is made of the possible causes for the significant differences between prognostic and actual cosmic weather parameters, which is useful for development of the forecating methods after the first year of work, particularly, for more precise estimation of the influence of different solar phenomena in combination during the solar maximum.

Введение

За первый год непрерывной работы по подготовлению трехдневных прогнозов Центр прогноза космической погоды и космического климата (ЦПКПКК) при ИКИТ БАН давал в итоге как довольно точные прогнозы, так и прогнозы с умеренным или даже существенным несовпадением с реальной геофизической ситуацией. Прогнозирование базировалось на: 1) Исследование и оценка геоэффективности солнечных событий, самые важные из которых - вспышки, выбросы корональной массы (ВКМ-СМЕ) и эрупции волокон [1,2], а также корональные дыры; 2) Оценка характерстик солнечного ветра у орбиты Земли по измерениям

на станциях вблизи Земли (ACE, SOHO, WIND и др.) и удаленных (STEREO); 3) Динамика индексов геомагнитной активности. Период первого года прогнозирования совпадает с подходом к максимуму солнечной активности 24-го цикла: он слабее предыдущих, [2], но характеризуется рядом особенностей.

Для дальнейшего уточнения прогнозов ЦПКПКК полезно исследовать случаи расхождения прогнозов со сложившейся ситуацией и в этих случаях вскрывать причины неточности. Для этого подходящим является анализ периода 06-09.10.2012 в связи с плохим предсказанием геомагнитной ситуации в конце периода.

Прогноз на период 06-09 октября 2012 года

В рассматриваемый период произошли две малые геомагнитные бури, 8-го и 9-го октября. Буря 08.10.2012 ожидалась в результате СМЕ с частичным галло, происшедшего на Солнце 5-го октября в 03:24 UT. Модель ENLIL (Goddard Space Weather Laboratory) предсказывает, что ударная волна достигнет Землю 8-го октября утром (рис.1а) и будет иметь лишь короткое воздействие на ее магнитосферу (рис.1б), поэтому ожидалось прекращение его влияния к утру 09.10. Корональная дыра CH538 занимает геоэффективную позицию в центральной южной части солнечного диска, но после вечера 9-го октября. 6-го октября не наблюдались выбросы, 7-го же наблюдался один класса С при низких уровне солнечной активности и фона рентгеновского потока (B2-B3).



Рис.1. Влияние CME 05.10.2012 согласно универсальной модели ENLIL Goddard Space Weather Laboratory

Скорость солнечного ветра (СВ) V, измеренная станцией SOHO в точке Лагранжа L1 низкая. Интервалы ее изменения по дням следующие:

День	05.10	06.10	07.10	08.10
V _{min} - V _{max} , km/s	284 - 331	288 - 343	282 - 345	294 - 398

На основании этой информации в прогнозах 06.10 и 07.10.2012 предполагается развитие слабой геомагнитной бури 08.10.2012 с переходом к спокойному состоянию 9-го октября. Приведены прогнозированные 7-го и 8-го октября распределения по вероятностям 3-часовых Кр индексов и Ар индексов на период 08-09 октября 2012 года:

	Прогноз от	07.10.2012	Прогноз от 08.10.2012		
День	08.10	09.10	08.10	09.10	
Вероятность Кр = 1	30%	20%		20%	
Вероятность Кр = 2	20%	20%		20%	
Вероятность Кр = 3	20%	30%	40%	20%	
Вероятность Кр = 4	10%	20%	20%	30%	
Вероятность Кр = 5			20%		
Вероятность Кр = 6	10%		10%		
An	18	13	32	15	

Показания соответствуют наличию малой бури 08.10.2012, а с начала 09.10 ожидалось снижение геомагнитной активности. Ниже показаны прогнозы планетарного индекса Ар трех из ведущих центров космической погоды: SWPC/ NOAA, SIDC и ИЗМИРАН:

Прогнозы с 07.10, 08.10 и 09.10.2012 индекса Ар на 8-го и 9-го октября SWPC/NOAA (шрифт Regular), SIDC (Italic) и ИЗМИРАН (Bold)

Прогноз с 07.10 .2012		Прогноз с 08.10			Прогноз с 09.1				
08.10.2012	18	8	14	18	33	30		-	
09.10.2012	20	21	16	20	7	12	20	24	52

Эти прогнозы на 7-ое и 8-ое также не предсказывают магнитную бурю 9-го октября.

Реальная геофизическая ситуация

Как видно из данных для трех-часового Кр-индекса WDC Potsdam, обобщающего показания 13-ти выбранных обсерваторий мира (рис.2а), в полдень 8-го октября наступает малая буря на короткий период, после чего начинается снижение геомагнитной активности (что предсказано правильно). Но уже в начале 9-го начинается новая (умеренная) буря. Также представлены и показания обсерватории Панагюриште для локального К индекса в Болгарии (рис.2б). Ситуация согласуется с вариациями индекса Dst: согласно данных планетарного центра геомагнетизма в Киото, Dst достиг значения ниже -100 nT как 8-го, так и 9-го октября и эти пики являются максимальными за весь месяц.



Рис.2. Вариации в периоде 08-09.10.2012 (а) планетарного Кр индекса (Potsdam WDC), б) локального К индекса для Болгарии по данным станции Панагюриште (геогр. координаты $42^{\circ}31$ 'N, $24^{\circ}11$ 'E; геомагнитные координаты $40^{\circ}39'$ N, $104^{\circ}57'$ E).

Ниже представлено сравнение между реальными значениями планетарного индекса Ap согласно Potsdam и прогнозированными показаниями Ap, согасно прогнозу ЦПКПКК в тот же день утром, один и два дня раньше, соответственно.

Сутки 2012	05.10	06.10	07.10	08.10	09.10	10.10	11.10	12.10
Измеренное Ар	5	9	7	43	52	14	7	14
Прогноз на тот же день	6	7	8	34	43	14	9	17
Прогноз 1 день до того	6	7	8	18	15	10	13	9
Прогноз 2 дня до того	5	7	8	18	13	10	13	10

При прогнозе на 8.10 и 9.10 один и два дня назад имеется существенная неточность. Прогноз на текущий день в этом случае точнее, благодаря видимости поведения параметров межпланетного магнитного поля (ММП) и солнечного ветра вблизи Землей (в точке Лагранжа L1), полученные на станции АСЕ (рис.3). Тем не менее, ошибка прогноза значительна.

Восстановление реальной картины

Возмущение начиналось почти в точном соответствии с модельными предсказаниями, но в результате Земля попала в более продолжительное и более протяженное возмущение солнечного ветра, чем ожидалось. По-видимому, в 05:15 UT к Земле пришла межпланетная ударная волна, сразу после этого скорость CB возросла до 390 km/s (на 90 km/s), а напряженность до 15 nT (по среднечасовым данным). Напряженность ММП во всем возмущении оказалось не намного выше, чем в первый час и не превысило 17 nT. Скорость CB



Рис. 3. Данные измерений компонент ММП (Вz отдельно на второй графике) и параметры CB (плотность и радиальная скорость плазмы, угол φ) на станции ACE с 07.10.2012 21:00 UT по 10.10.2012 21:00 UT.

после прихода ударной волны долго оставалась в диапазоне нормальных значений (380-430 km/s) и только во второй половине 9 октября поднялась до 550 km/s. Вz-составляющая ММП была отрицательной еще до прихода ударной волны (возможно из-за возмущения от 2 октября), в начале 8 октября она понизилась до -12 nT и оставалась отрицательной до 11 UT (по данным станции АСЕ). После сравнительно недолгого периода положительных величин, вечером 8 октября Вz-составляющая вновь стала отрицательной и с 18 UT 08.10 до 08 UT 09.10 держалась в диапазоне от -10 до -15 nT (рис.3). Отметим, что за рассматриваемый период произошло двухкратное пересечение секторной границей ММП: с изменениями направления с отрицательного на положительное 05.10.2012, и наоборот 08.10.2012.

Длительный период больших отрицательных значений Вz способствовал развитию геомагнитного возмущения. Нужно заметить, что если бы отрицательные значения Вг совпали с высокой скоростью СВ, магнитная буря оказалась бы сильнее. Но основной рост скорости начался уже после того, как знак Bz-компоненты стал преимущественно положительным.

Можно предполагать, что большая продолжительность межпланетного и геомагнитного возмущений объясняется сочетанием нескольких солнечных источников возмущений: кроме выброса в начале 5 октября (рис.4Б), который учитывался моделью ENLIL (рис.1), наблюдалась крупномасштабная центральная эрупция, продолжавшаяся значительную часть 4 октября и хорошо видимая в ультрафиолетовом диапазоне (рис.4А). Возможно, что в ночь на 8 октября к Земле пришло возмущение СМЕ от этой более ранней эрупции, а выброс от начала 5 октября пришел 8 октября около 18 UT. Большая длительность этих межпланетных возмущений связана с большой длительностью обеих эрупций и сравнительно низкой скоростью выброса. Кроме того, вход Земли в высокоскоростной поток солнечного ветра от низкоширотной корональной дыры СН538 вечером 9 октября еще более продлил наблюдавшееся возмущение.





A 04.10.2012 12:30 UT

14:30 UT

Б 05.10.2012 01:30 UT 14:00 UT

Рис. 4. А. Эрупция волокна 04.10.2012 со снимок в 12.30 и 14:30 UT; Б. Эрупция волокна 05.10.2012. со снимок в 01.30 и 14:00 UT. Снимки произведены на длине волны 193 nm SDO / AIA.

Заключение

При оценке событий на Солнце, которые могут привести к повышению геомагнитной активности, в частности, к магнитной буре следует, наряду с явлениями типа СМЕ и корональной дыры, более точно анализировать выбросов, связанных с эрупцией волокна [3].

Литература:

- 1. Gosling, J. T., McComas, D. J., Phillips, J. L., and Bame, S. J. J., Geomagnetic activity associated with earth passage of interplanetary shock disturbances and coronal mass ejections, J. Geophys. Res., 96, 1991, 7831-7839
- 2. R i c h a r d s o n, I. G. and H. V. C a n e, Solar wind drivers of geomagnetic storms during more than four solar cycles, J. Space Weather Space Clim. 2, 2012, A01.
- 3. Jing Ju, V. Yurchyshyn, G. Yang, Y. Xu, and H. Wang, On the Relation between Filament Eruptions, Flares, and Coronal Mass Ejections, The Astrophysical Journal, 614:1054-1062, 2004.

АНАЛИЗ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ГЕОМАГНИТНОЙ БУРИ 24-25 ОКТЯБРЯ 2011

Сергей Гайдаш¹, Анатолий Белов¹, Евгения Ерошенко¹, Артем Абунин¹, Мария Абунина¹, Петър Велинов², Петър Тонев², Йордан Тасев²

¹Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн, Московская область, г.Троицк, РАН

²Институт за космически изследвания и технологии — Българска академия на науките e-mail: spsbyte@space.bas.bg; lusy_t@yahoo.com

Ключови думи: космической погоды, геомагнитное возмущение, СМЕ

Резюме: Геомагнитные бури в октябре 2011 года. происходит в относительно спокойное состояние геомагнитного поля. Для значений между 0 и 1 на Кр до 18 часов UT вдруг вскакивает Кр = 5 и следующие три часа достигла Кр = 7.Возникновение беспорядков в геомагнитного поля, вызванные геомагнитной бури не был предоставлен ни одной из больших прогностических центров. Поэтому он сделал сравнительный анализ Солнце, межпланетной среды и геомагнитного поля. Ищите причину этого внезапного события, его развитие и разрешение. Там были некоторые выводы, которые могли бы помочь в прогнозировании будущих подобных мероприятий.

ANALYSIS OF THE CAUSES OF OCCURRENCE AND DEVELOPMENT OF GEOMAGNETIC STORM ON 24-25 OCTOBER 2011

Sergey Gaidash¹, Anatoliy Belov¹, Evgenia Erushenko¹, Artiom Abunin¹, Maria Abunina, Peter Velinov², Peter Tonev², Yordan Tassev²

¹Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation, Moscow region, Troitsk, Russian Academy of Sciences ²Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: yktassev@bas.bg

Keywords: space weather, geomagnetic storm, CME

Abstract: Geomagnetic storm in October 2011. occurs in a relatively calm state of the geomagnetic field. For values between 0 and 1 Kp 18 hours before the UT suddenly jumps Kp = 5 and the next three hours reached Kp = 7. The occurrence of the disorder in the geomagnetic field caused by geomagnetic storm was not provided by any of the great prognostic centers. It therefore made a comparative analysis of the Sun, interplanetary medium and geomagnetic field. Look for the cause of this sudden event occurred, its development and resolution. There have been some findings that could help in forecasting future similar events.

Введение

Прогнозирование космической погоды (КП) — это прежде всего прогнозирование спорадических явлений. Поэтому для прогнозирования необходимо знать не только о характерных периодичностях в поведении основных элементов космической погоды, но и изучать большой объем информации о текущем состоянии на Солнце, в межпланетном и околоземном пространстве, причем очень важно иметь полную и точную информацию [1]. Одним из примеров прогнозирования КП в ситуации, когда отсутствовала точная информация по СВ, является событие 24-25 октября 2011 год.

Анализ

Изучаемое геомагнитное возмущение большинством прогнозистов ожидалось. Уже утром 22 октября стало известно, что в ночь с 21 на 22 октября на северо-западе солнечного диска произошла эрупция большого волокна (рис. 1-2). Наблюдавшееся СМЕ относилось к типу
гало (рис. 3), и соответствующее межпланетное возмущение должно было задеть Землю своим восточным краем. Поэтому при создании прогноза на ближайшие 6 дней, было учтено, что 25 октября возможно усиление геомагнитной активности, связанное с приходом этого CME [2].



Рис. 1. Последовательность выброса солнечного вещества (8:00 21.10 — 2:00 22.10 UT)

Размер волокна и его эрупции хорошо виден на рис. 2.



Рис. 2. Волокно перед исчезновение и двухленточная структура, образовавшаяся в результате эрупции волокна



Рис. 3. Гало от СМЕ

Первоначальный анализ этого события, который был выполнен с помощью комплекса программного обеспечения CACTUS (Computer Aided CME Tracking of the Solar Influences Data Analysis Center of the Royal Observatory of Belgium - http://www.sidc.oma.be/cactus/out/latestCMEs.html), показал, что оцененная скорость выброса около 500 км/с. Согласно такой оценке скорости, выброс солнечного вещества должен был достигнуть Земли днем 25 октября.

Аналогичный анализ был выполнен при помощи модели развития выбросов солнечного вещества WSA-ENLIL-CONE Model CME Evolution [3] (http://iswa.ccmc.gsfc.nasa.gov:8080/IswaSystemWebApp/) (рис.4-5)



Рис. 4. Результат расчета модели развития СМЕ по скорости на момент, когда выброс может достичь Земли (видно, что выброс заденет Землю 25 октября примерно в 12:00 UT и только самым краем)



2011-10-25T12:00



2011-10-21T00 +4.50 days

Рис. 5. Результат расчета модели развития СМЕ по плотности на момент, когда выброс может достичь Земли (видно, что выброс заденет Землю 25 октября примерно в 12:00 UT и только самым краем)[4]

Согласно результатам работы этой модели также получается, что выброс солнечного вещества может задеть Землю 25 октября только самым краем примерно в 12:00 UT.

Эти соображения были приняты при составлении прогноза состояния геомагнитной активности на 24-26 октября.

Ожидавшаяся умеренная скорость возмущения (а скорость является ключевым параметром, определяющим геомагнитную активность) не позволяла по имевшимся данным прогнозировать большую магнитную бурю. Большинство центров предсказывали небольшое и достаточно позднее, в основном на 25 октября, усиление геомагнитной активности (табл.1).

	24.10	25.10	26.10	25.10	26.10	27.10
США (SWPC)	5	10	10	12	8	7
Австралия (IPS)	8	15	15	18	10	7
Бельгия (SIDC)	16	37	13	41	10	11
Россия (ИЗМИРАН)	7	12	14	24	7	6
Китай (SEPC)	15	20	5	20	10	5
Китай (NCSW)	5	8	8	20	10	8
Казахстан (ИИ)	5	12	10	17	12	8
Болгария (ЦПКВКК)	5	5	6	39	8	7
Официально	26	38	4	38	4	4

Табл. 1. Прогнозы геомагнитной активности (Ар) 24 октября на 24-26 октября и 25 октября на 25-27 октября

В реальности возмущение солнечного ветра началось у Земли 24 октября, межпланетная ударная волна зарегистрирована на АСЕ в 17:48 и на SOHO в 17:50 UT (рис.6).



Рис. 6. Поведение параметров солнечного ветра и межпланетного магнитного поля 24-25 октября по данным спутника ACE.[5]

Вслед за этим началась магнитная буря, которая на многих станциях быстро достигла уровня большой. Максимальный планетарный Кр-индекс 7+ зарегистрирован в последний трехчасовой интервал 24 октября (рис 7-9).







Рис. 8. Поведение Ар-индекса 23-28 октября

Минимальный Dst-индекс во второй час 25 октября составлял -135 nT, что также соответствует большой геомагнитной буре.



Рис. 9. Поведение предварительного Dst-индекса в октябре 2011 года[7] (http://wdc.kugi.kyotou.ac.jp/dst_realtime/201110/index.html)

Эта магнитная буря оказалась одной из самых больших бурь текущего цикла. Только две бури (5 апреля 2010 года и 5 августа 2011 года) были больше (Кртах=8-). Эта магнитная буря оказывается среди трех самых больших магнитных бурь за последние 5 лет.

Интересно отметить, что эта буря оказалась первой бурей в период регулярной работы нового болгарского центра прогнозов космической погоды (ЦПКВКК). То, что первая же буря оказалась большой, является важным предзнаменованием.



Буря оказалась короткой, большой, но уложившись в 5 трехчасовых интервалов. Кратковременность бури связана С западным расположением ее источника и тем, что Земля попала в самый край межпланетного возмушения. Кратковременность бури привела к ее значительной долготной зависимости. Самые большие возмущения были зарегистрированы на американском континенте, а в Европе и Азии они оказались значительно меньше. В Москве максимальный К-индекс = 6 и был сдвинут на начало 25 октября (рис. 10).

Приблизительно до той же величины возрастал К-индекс в Болгарии (рис.11).

Рис. 10. Вариации геомагнитного поля и локальные К-индексы (обсерватория Москва)



Рис. 11. Локальные К-индексы (обсерватория Болгарии Панагюрище)[8]

Как правило магнитным бурям соответствует Форбуш-понижения в космических лучах. Так было и на этот раз. По данным нейтронного монитора станции Москва (рис.12) Форбушпонижение составило около 4.5%, что является большой величиной, особенно с учетом дальнего западного расположения солнечного источника.



Рис. 12. Форбуш-понижение 24-26 октября 2011 года по данным нейтронного монитора станции Москва

Выводы:

1. Рассматриваемое событие оказалось интересным и поучительным. Его анализ напоминает нам о некоторых правилах, важных в прогнозировании геомагнитной активности:

- важно с самого начала анализа собрать полные и точные данные, относящиеся к солнечному источнику будущего возмущения
- одним из важнейших параметров, определяющим силу геомагнитной бури является скорость межпланетного возмущения, и неправильная оценка скорости

приводит к значительным ошибкам не только в прогнозировании времени, но и в прогнозировании мощности геомагнитного возмущения

• созданные в последнее время модели реально помогают прогнозистам, но им не следует забывать, что модель — это модель, и она может существенно не совпасть с реальностью

2. Следует учесть, что бывают события принципиально трудные для прогнозирования, в которых важны нюансы. Незначительные изменения во входных параметрах могут приводить к принципиальным, качественным изменениям прогноза. К таким событиям как раз относится рассматриваемый случай. Межпланетное возмущение вполне могло пройти мимо Земли, в этом случае не было бы вообще геомагнитное возмущения. Небольшое снижение скорости возмущения вполне могло привести к сдвигу начала геомагнитного возмущения на следующий день и уменьшению уровня бури с большого до малого. К сожалению, такие события были и будут, и в этих случаях прогнозисты иногда будут ошибаться.

3. Сейчас мы находимся на фазе подъема солнечной активности, и впереди много лет высокой геомагнитной активности. Нас ждет большое количество геомагнитных бурь, и следует счесть большой удачей, что в начале своего пути болгарский центр прогнозов получил неоценимый опыт. Разумеется, этот опыт важен для всех прогнозистов и для всех работающих центров.

Литература:

- 1. A r n o I d H a n s I m e i e r, The Sun and Space Weather, Kluwer Academic Publisher, 2004.
- 2. http://www.sidc.oma.be/cactus/out/latestCMEs.html
- 3. http://iswa.ccmc.gsfc.nasa.gov:8080/IswaSystemWebApp/
- 4. http://iswa.ccmc.gsfc.nasa.gov:8080/IswaSystemWebApp/
- 5. http://www.swpc.noaa.gov/ace/MAG_SWEPAM_24h.html
- 6. http://www.swpc.noaa.gov/today.html
- 7. http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_realtime/201110/index.html
- 8. http://www.geophys.bas.bg/panag/index_en.html

ИЗМЕРВАНИЯ НА СПЕКТЪРА НА ВИСОКАТА АТМОСФЕРА НА ЗЕМЯТА В ОБЛАСТТА НА ВАКУУМНИЯ УЛТРАВИОЛЕТ СЪС СПЕКТРОМЕТЪРА "ФОТОН-1" НА БОРДА НА "ИК-БЪЛГАРИЯ-1300"

Богдана Мендева¹, Митко Гогошев, Стоян Съргойчев, Иван Мендев

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

Ключови думи: УВ атмосферни емисии, сканиращ спектрометър.

Резюме: Докладът представя някои резултати, получени със сканиращия спектрометър "Фотон-1" на борда на спътника "Интеркосмос- "България-1300". Уредът, част от оптичния комплекс на този спътник, измерва спектъра на високата земна атмосфера в интервала 116-260 пт. Представени са типични нощни и дневни спектри. Идентифицирани са линии, чиято интензивност е поне двукратно по-висока от тази на апаратурния фон. Извън всякакво съмнение е присъствието на линиите L_A (121.6 nm), OI (130.4 nm), OI (135.6 nm), LBH (149.0 nm), HK (0,2), VK(0,4) на молекулата N₂. Отношението на интензивностите 130.4 nm / 135.6 nm на голям брой от измерените нощни спектри не надвишава 6 и то силно зависи от зенитния ъгъл на Слънцето. Характерът на поведението и високите стойности на интензивността в дневния спектър показват, че освен собствени емисии значителна част от лъчението представлява слънчева радиация, отразена от високата атмосфера чрез релеевско разсейване.

MEASUREMENTS OF EARTH'S UPPER ATMOSPHERE SPECTRUM IN THE VACUUM UV REGION WITH PHOTON-1 SPECTROMETER ONBOARD IC-BULGARIA-1300

Bogdana Mendeva¹, Mitko Gogoshev, Stoyan Sargoychev, Ivan Mendev

¹Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: bmendeva@abv.bg

Keywords: UV atmosphere emissions, scanning spectrometer.

Abstract: This paper presents some results obtained from the scanning spectrometer Photon-1 onboard Intercosmos-Bulgaria-1300 satellite. The apparatus, a part of the optical complex of this satellite, measures the spectrum of the Earth's upper atmosphere in the range 116-260 nm. Typical night and dayglow spectra are presented. Lines whose intensity is at least twice higher than that of the apparatus background are identified. The presence of the lines L_A (121.6 nm), OI (130.4 nm), OI (135.6 nm), LBH (149.0 nm), HK (0,2), VK(0,4) of the molecule N₂ is beyond any doubt. The intensity ratio of 130.4 nm / 135.6 nm of the measured scores of night spectra do not exceed 6 and it strongly depends on the solar zenith angle. The character of the behaviour and the high values of the intensity in the day spectrum indicate that, besides their own emissions, solar radiation reflected by the upper atmosphere through Rayleigh scattering, accounts for much of the glow.

Увод

Оптичният, видим спектър на силно разредената висока атмосфера на Земята (над 30 km) представлява суперпозиция от непрекъснат спектър със средна яркост около 15 R/nm (R – rayleigh, 1 R=10⁶ photons/sm².sec.ster) и наложени върху него емисионни ивици и линии, главно на O₂, N₂, NO, O, N, H. До началото на космическите полети практически нищо не се е знаело за късовълновата част на спектъра на атмосферата (под 380 nm). След това ракетни и спътникови измервания постепенно са свеждали долната граница на изследвания спектър към

по-късовълнови лъчения.Точната идентификация на спектралните лъчения, обаче, е била ограничена от трудности главно от експериментален характер. Така например, първите измервания са били на базата на йонизационни камери, в които спектралната селекция се е извършвала с твърде широкоивични филтри, например такива от LiF, MgF₂ или CaF₂ с полуширина от няколко десетки до стотици нанометра.

Изключително трудни са, обаче, измерванията в областта на вакуумния ултравиолет (110-180 nm), поради необходимостта от наблюдения извън плътните атмосферни слоеве и от използването на по-специална техника в условията на космическия полет. На борда на спътниците от серията OGO [1], както и на ESRO-TD-1 [2], наред с фотометричната апаратура за измерване на ултравиолетовото лъчение на базата на йонизационни камери, се използват и спектрометри, покриващи различни части от този спектрален диапазон. Изключително важно е, също така, създаването на спектрометрична апаратура, позволяваща едновременно регистрацията както на нощните спектри, така и на тези, емитирани от дневната атмосфера.

Апаратура

В рамките на космическия проект "Интеркосмос - "България-1300" за решаване на различни задачи в областта на изследване влиянието на магнитосферата върху йоносферата, в Централната лаборатория за космически изследвания на БАН беше създадена сканиращата спектрометрична апаратура "Фотон-1". Разработката е защитена с авторски свидетелства [3,4], а подробното описание на апаратурата е дадено в [5].

Спектралният диапазон на уреда е 115 - 260 nm. Електромеханичното сканиране (чрез въртене на решетката) се извършва със стъпка 1 nm и по този начин се сканират последователно 144 отделни интервала. Номиналното разрешение на уреда, при процеп 0.5 mm, обаче, е приблизително 2 nm. След достигане на крайната позиция (λ_{max} = 260 nm) сканерът реверсира и измерването се извършва в обратен ред. В края на всяко едно измерване чрез сигнал, подаван от електронния блок, се включва еталонен, калиброван на Земята, светлинен източник (светодиод), работещ при стабилизирано напрежение. Светлинният сигнал от него се измерва от спектрометъра и служи за проверка на целия усилителен тракт. Освен нормалния непрекъснат режим на работа, по команда от блока за управление "Фотон-1" преминава в селективен мод на работа, при който се измерва интензивността в следните предварително избрани спектрални линии: $\lambda \lambda$ 130.4, 135.6, 227.0 nm, както и на спектралния фон около тях. Това е направено с цел съкращаване времето на заснемане на целия спектър от 288 до 54 sec. Чувствителността на апаратурата в линията L $_{\lambda}$ е 12.5 R/count/sec. Динамичният диапазон на уреда е 10⁶. Цялата информация излиза в дигитален вид и се предава на Земята чрез спътниковата телеметрична система.

Резултати и дискусия

Типичен спектър на нощната неосветена атмосфера на Земята, получен с ултравиолетовия спектрометър "Фотон-1" в непрекъснат режим на сканиране на орбита 213 от 22 август 1981 г., е показан на фиг.1.

В табл.1, направена на базата на редица нощни спектри, са показани основните наблюдавани емисии, както и тяхната първична идентификация. Идентифицирани са линии, чиято интензивност е най-малко 2 пъти по-висока от тази на апаратурния фон. Извън всякакво съмнение е присъствието на лииите L_{λ} (121.6 nm), OI (130.4 nm), OI (135.6 nm), LBH (149.0 nm), HK(0,2), VK(0,4) на молекулата N₂.

Както се вижда, линията L _λ се наблюдава навсякъде с интензивности, значително надвишаващи тези на фона. На средни ширини е трудно детектирането на двете кислородни линии, докато в областта на тропичните дъги и в полярните райони възбуждането на кислородните атоми до ниво съответно ³S и ⁵S е със значително по-голяма вероятност.

Измереното по няколко десетки нощни спектри, получени от "Фотон-1", отношение на интензивността на линията 130.4 nm към тази на 135.6 nm не надхвърля 6, което е в добро съгласие с теорията на излъчване на тези линии, както е показано в [6]. Също там е показано, че това отношение има силна зависимост от зенитния ъгъл на Слънцето.

На фиг.2 са показани няколко дневни спектъра, получени по време на орбита 90 от 13 август 1981 г. при различни слънчеви зенитни ъгли. Сравнението на дневните (фиг.2) и нощните спектри (фиг.1) показва съществена разлика между тях.

Например, ако разгледаме дневен спектър № 1, получен при зенитен ъгъл на Слънцето 35°, ще установим, че в областта на вакуумния ултравиолет интензивността на



Фиг. 1. Нощен УВ спектър

Position No Wavelength	Emission	Transition	Spectrum No 1		Spectrum No 2(polar)		
			Intensi- ty imp/sec	Intensi- ty [R]	Intensity imp/sec	Intensity [R]	
5	121.6	La HI	2p 2P-1s 2S	132	1650	137	1712
14	130.4	OI	2s ³ S°-2p ⁴ ³ P	-		13	186
19	135.6		3s ⁵ S°-2p ⁴ ³ P	-		12	137
23	139.0	LBH* $N_2(?)$	$a \Pi_g - X \Sigma_g$	5	64		
20	143.0	$LBH(2.1) N_2$	$a \Pi_g - \chi \Sigma_g$	4	49	10	121
30	140.0	$LD\Pi(1.1) N_2$	$a \prod_{g \to X} x_{2g}$	-		12	126
32	149.0	or NI	a '11g-A '2g or 3s 22D_2n 32D°	-		9	80
43	159.0	LBH ($\Delta V = 3$) N ₂	$a^{1}\Pi_{g} - X^{1}\Sigma_{g}$	-		10	66
63	179.0	NI	or a Π_{g} - X ¹ Σ_{g}	-		12	86
78	194.0	OI LDII (AV = 0) IV-	0 6			12	70
84	200.0	wall total a		1.00	100	8	51
89	205.0	LBH $\begin{pmatrix} 4.12 \\ 4.13 \end{pmatrix}$ N ₂	a ${}^{1}\Pi_{g}$ —X ${}^{1}\Sigma_{g}$	L_	1.16	8	50
96	212.0	LBH (5.14) N ₂	$a {}^{1}\Pi_{g} - X {}^{1}\Sigma_{g}$	1	14	8	49
106	222.0	01 1007 (1.0)	01 A -2 - A-11	-	2	6	35
108	224.0	HK*(0.1) N ₂	$E^{3}\Sigma_{g}^{+}$ — $^{3}\Sigma_{u}^{+}$	-	lear.	9	52
113—116	229.0-232.0	HK (0.2) N ₂	$E^{3}\Sigma_{g}^{+}$ $-A^{3}\Sigma_{u}^{+}$	-		19	107
116—118	232.0-234.0	VK ^{***} (0.3) N ₂	$A^{3}\Sigma_{u}$ —X $^{1}\Sigma_{g}$	12	64	26	145
125-126	241.0-242.0	second order of L_{α}			-	27	144
130	246.0	VK (0.4) N ₂	$A^{3}\Sigma_{u} - X^{1}_{\sigma}$	-	-	24	127

Табл. 1. Основни наблюдавани УВ емисии в нощната атмосфера



Фиг. 2. Дневни УВ спектри

дневния спектър е приблизително на 4 порядъка по-висока от тази на нощния. При спектър № 5 (зенитен ъгъл на Слънцето 66°) тази разлика е 3 порядъка. В тази част на спектъра отчетливо изпъкват водородната линия L_λ (121.6 nm), както и двете кислородни линии OI (130.4 nm) и OI (135.6 nm), които се идентифицират и при нощните спектри. Заедно с това, обаче, в дневните спектри се наблюдават и редица емисии, които отсъстват в нощните. Така например, в спектри № 3 и № 4 се вижда интензивно лъчение на дължина 169.0 nm, а в спектър № 5 – лъчение на 156.0 nm и 176.0 nm.

Характерът на поведението и високите стойности на интензивността в дневния спектър показват, че освен собствени емисии значителна част от лъчението представлява слънчева радиация, отразена от високата атмосфера чрез релеевско разсейване. От 210 nm започва забележима абсорбция, чийто максимум се достига на дължина на вълната около 250 nm. След това абсорбцията намалява към по-големите дължини на вълната. Това поглъщане е причинено от молекулата на атмосферния озон в ивицата на Hartley между 200 и 300 nm с максимум около 250 nm. Сечението на поглъщане в максимума е приблизително 1.10⁻¹⁷ cm². В част от спектъра има и поглъщане от O_2 в континуума на Herzberg, но със значително по-малка ефективност, тъй като сеченията на поглъщане са по-малки от 1.10⁻²³ cm².

По поглъщането в определени линии от ивицата на Hartley беше определено вертикалното разпределение на озона в неговата надмаксимумна част [7], което съответства на други експериментални измервания.

Литература:

- 1. B a r t h, C. A., E. F. M a c k e y. IEEE Trans.Geost.Elec., 7, p.114, 1969.
- 2. G e r a r d, J. C. Planet. Space Sci., 23, p.1681, 1975.
- 3. Съргойчев, Ст., М. Гогошев. Авт. свид. ИНРА, София, N 53286/13.08.81.

- 4. Съргойчев, Ст., Т. Ставраков, Ж. Динев. Авт. свид. ИНРА, София, N 30431/7.08.81 5. Sargoychev, St., M. Gogoshev. Compt. rend. Acad. bulg. Sci., 35, p.459, 1982. 6. Gogoshev, M., K. Seraflmov, I. Mendev, I. Kutlev, St. Sargoychev. Ibid, 35, 8, p.1969, 1982.
- 7. Gogoshev, M., St. Sargoychev, B. Komltov, I. Mendev, B. Taneva, V. Balebanov, L. Smlrnova, V. Kurt, T. Perevodchlkova. Paper presented at XXIV COSPAR Meeting, Canada, 1982.

Session 2

Aerospace Technologies and Biotechnologies

Chairmen: Prof. Petar Getsov, Assoc. Prof. Tania Ivanova Secretary: Chief Assistant Iliana Ilieva

FROM CEREBRAL PATHOLOGY TO SPACE-WEATHER AWARENESS: THE CROSS POINT

Malina Jordanova¹, Todor Uzunov²

¹Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: mjordan@bas.bg ²nethelpforums.net, Bulgaria, e-mail: teou@mail.bg

Keywords: cerebral pathology, space-weather awareness, telehealth

Abstract: The paper presents some results of the project "Heliobiology" (2011-2015) and indicates the first steps in the cooperation with the EC project TeleSCoPE.

The "Heliobiology" reflects the intense interest towards the influence of solar activity on human brain and is especially interested on cerebral pathology and its potential correlation with solar activity and meteorological factors.

Space-Weather Awareness is usually focused at raising awareness of the potential impact of space weather on critical infrastructures in view of the growing risk of technological catastrophic events. At the same time, the impact of Space-Weather on human health is either totally neglected or underestimated.

The paper outlines an optional aspect of space weather awareness, i.e. the one focused on human health, what is necessary to be taken into consideration based on the achievements of the TeleSCoPE project (EAHC Contract Number: 2009 11 11) and how eHealth can contribute to space weather awareness for the benefits of citizens.

ОТ МОЗЪЧНА ПАТОЛОГИЯ ДО ПРОГНОЗА ЗА КОСМИЧЕСКО ВРЕМЕ

Малина Йорданова¹, Тодор Узунов²

¹Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките e-mail: mjordan@bas.bg ²nethelpforums.net, България, e-mail: teou@mail.bg

Ключови думи: мозъчна патология, космическо време, електронно здравеопазване

Резюме: Тази статия представя някои от резултатите на проекта "Хелиобиология" (2011-2015) и първите стъпки в сътрудничество му с проекта TeleSCoPE.

Проект "Хелиобиология" отразява интереса към влиянието на слънчевата активност върху човешкия мозък и по-специално върху церебрална патология.

Прогнозата на космическото време обикновено е насочена към повишаване на информираността за потенциалното въздействие върху критично важни инфраструктури обекти и с оглед предотвратяване на риска от технологични аварии. Въздействието на космическото време върху здравето на човека обикновенно се пренебрегва или подценява.

Статията предлага поглед върху взаимодействието на прогназите за развитието на космическото време и възможностите предоставяни от електронното здравеопазване.

1. Introduction: Space-Weather Awareness

Space weather events are natural phenomena caused by solar activity that may have a variety of effects on technology. Space-Weather Awareness is usually focused at raising awareness of the potential impact of space weather on critical infrastructures in view of the growing risk of technological catastrophic events.

2. The Impact of Space-Weather on Human Health on Earth

The impact of Space-Weather on human health is underestimated. Studies revealed that it causes changes in the normal functioning of the central and vegetative nervous systems, cardiovascular system and cognitive performance to cite some:

- The number patients hospitalized for myocardial infarction, angina pectoris and cardiac arrhythmia during geomagnetic storms increases up to 2.5 times in comparison with the days without geomagnetic storms [1];
- A positive correlation between days of geomagnetic intensity and the number of persons admitted to a psychiatric hospital as well as 36.2% increase in the number of men admitted to hospital for depression in the second week after geomagnetic storms is revealed [2-3];



Fig. 1. Daily Ap index for January 2009 and numbers of patients' hospilized for ischemic cerebral infarction. More data available at:

 $swh 2012. cosmos. ru/sites/new. swh 2012. cosmos. ru/files/presentations/SWH_2.21_Jorganova. pps$

- A gender dependent correlation between peaks in suicide numbers and geomagnetic activity (Ap index) is found [4-5];
- Space weather events may be considered as possible triggers of suicide terroristic acts [6];
- The periodicities of cerebral infarction, cerebral hemorrhage and subarachnoid hemorrhage episodes, based on a large scale studies, resemble the periodicities found in the solar and geomagnetic activity [7-9] and (Figure 1).
 Many other examples may also be provided but in sum: It is already accepted that:
- A subset of the human population (10-15%) is a bona fide hypersensitive and predisposed to adverse health problems due to geomagnetic variations;
- Extremely high as well as extremely low values of geomagnetic activity seem to have adverse health effects;
- Geomagnetic effects are more pronounced at higher magnetic latitudes.

Or, knowing how and how much the space weather can influence the daily health status is of extreme practical importance.

3. Solution: To Incorporate Space Weather Awareness into Telehealth Services

Telehealth is "the means by which technologies and related services at a distance are accessed by or provided for people and/or their careers at home or in the wider community, in order to facilitate their empowerment, assessment or the provision of care and/or support in relation to needs associated with their health (including clinical health) and well-being. Telehealth always involves and includes the service user or client" [10]. Telehealth is a new concept for increasing the quality of life and support of personal well-being.

Application of Telehealth into Space Weather Awareness practice must follow the European criteria, i.e. the European Telehealth Service Code of Practice. The latter is developed within the TeleSCoPE project (EAHC Contract Number: 2009 11 11), offers a quality benchmark and provides much needed guidance for telehealth and telecare service providers, clinicians, careers, purchasers and other interested parties. Its responds to the increasing number of calls for such a quality benchmark that arise from increasing healthcare needs due to demographic changes and the imperative to adapt service frameworks to respond to those needs. Draft of the Code is available at http://www.telehealthcode.eu/component/content/article/70. The critical areas that the Code is focusing are presented at Fig. 2.



Fig. 2. Areas Addressed

The Code provides a framework by which service providers in all 27 member states of the European Union can aspire to or ensure the maintenance of minimum standards for telehealth services. It also gives the bases for regulation of telehealth services through appropriate monitoring and auditing. Thus the Code helps to nurture trust in a context of high quality telehealth service provision. On completion, therefore, the Code will provide a welcome framework to guide telehealth service providers in all 27 member states of the European Union as well as a potential basis by which telehealth services will be able to be certified and/or regulated.

The beta version will be released in April 2013 at the Med-e-Tel 2013 conference in Luxembourg. The final version will be published in the summer of 2013 at the project website www.telehealthcode.eu.

4. Why Telehealth Space Weather Awareness?

False Predictions of Space Weather Phenomena hitting the Earth at a specific day, widely published in some countries, including Bulgaria, may cause stress and force some people to



Fig. 3. False Predictions of Geomagnetic Storms as Stressors

reorganize their daily schedule. Preliminary results from our, still ongoing, survey demonstrate the harm of false predictions and the necessity of structured, standardized Telehealth Space Weather Awareness (Fig. 3).

5. Acknowledgements

The project "Heliobiology" is co-funded by Bulgarian Academy of Sciences and Russian Academy of Sciences.

The project "Telehealth Services Code of Practice for Europe" is funded under the European Commission (EC) Programme of Community Action in the Field of Health (EAHC Contract No: 2009 11 11).

References:

- 1. Gurfinkel, Iu., V. Kuleshova, N. V. Oraevskii. Assessment of the Effect of a Geomagnetic Storm on the Frequency of Appearance of Acute Cardiovascular Pathology, Biofizika, 1998, v. 43(4), pp. 654-658.
- 2. Friedman H., R. O. Becker, C. Bachman. Geomagnetic Parameters and Psychiatric Hospital Admissions, Nature, 200, November 16, 1963, pp. 620-628.
- 3. R o y a u m e U n i , F . Geomagnetic storms: association with incidence of depression as measured by hospital admission, British Journal of Psychiatry, 164, 1994, pp. 403-409.
- 4. B e r k , M . , S . D o d d , M . H e n r y . Do ambient electromagnetic fields affect behaviour? A demonstration of the relationship between geomagnetic storm activity and suicide, Bioelectromagnetics, 27, 2, 2006, pp. 151-155.
- 5. G o r d o n , C . , M . B e r k . The effect of geomagnetic storms on Suicide, South African Psychiatry Review, 6, 2003, pp. 24-27.
- 6. Grigoryev, P., V. Rozanov, A. Vaiserman, B. Vladimirskiy. Heliogeophysical factors as possible triggers of suicide terroristic acts; Health, Vol. 1, 4, 2009, pp. 294-297.
- 7. Stoupel, E., J. N. Martfel, Z. Rotenberg. Paroxysmal atrial fibrillation and stroke (cerebrovascular accidents) in males and females above and below age 65 on days of different geomagnetic activity level. J Basic Clin Physiol Pharmacol, 5, 1994; pp. 315–319;
- 8. M i k u l e c k y , M . , J . S t ř e š t н k . Cerebral Infarction vs. Solar and Geomagnetic Activity, IMAJ, 9, 2007, pp. 835–838.
- 9. Jordanova, M. et al. The influence of solar activity and meteorological factors on human cerebral pathology, Presentation at Space Weather Effects on Humans in Space and on Earth, June 4-8, 2012, Moscow, Russia, http://swh2012.cosmos.ru/sites/new.swh2012.cosmos.ru/files/presentations/SWH_2.21_Jorganova.pps
- 10. T e I e S C o P E F o u n d a t i o n p a p e r 1: Glossary of terms for telehealth services, 2011, Retrieved September 9, 2011 from http://telehealthcode.eu/images/stories/telehea/pdf/fp1 glossary of terms v3 final.pdf

LAUNCHING AN EU TELEHEALTH CODE OF PRACTICE

Malina Jordanova¹, Todor Uzunov²

¹Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: mjordan@bas.bg ²nethelpforums.net, Bulgaria e-mail: teou@mail.bg

Keywords: Telehealth, Telehealth Service Code of Practice

Abstract: The "Telehealth Services Code of Practice for Europe (TeleSCoPE)" project is funded under the European Commission (EC) Programme of Community Action in the Field of Health (EAHC Contract Number: 2009 11 11). The project reflects the desirability of the EU and the European Commission of defining the standards and a "Code of Practice" at European level for telehealth services.

The first draft of the Code was released in April 2012. The paper outlines the progress of the project since then, i.e. the validation of the Code in 5 European countries.

СТАРТИРАНЕ НА ЕВРОПЕЙСКИЯ КОДЕКС НА ДОБРИТЕ ПРАКТИКИ В ЕЛЕКТРОННОТО ЗДРАВЕОПАЗВАНЕ

Малина Йорданова¹, Тодор Узунов²

¹Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките e-mail: mjordan@bas.bg ²nethelpforums.net, България e-mail: teou@mail.bg

Ключови думи: електронното здравеопазване, кодекс на добрите практики

Резюме: Докладът очертава напредъка на проекта TeleSCoPE (Telehealth Services Code of Practice for Europe) за периода 2011-2012 г.

Финансиран от Европейската комисия, проектът е отразява необходимостта от определяне на стандарти и "Кодекс на добрите практики" в сферата на електронното здравеопазване.

Първият вариант на Кодексът бе публикуван през април 2012 и до началото на 2013 г. бяха извършени консултациите относно приложението му в 5 европейски страни.

1. Introduction

"Telehealth Services Code of Practice for Europe" or TeleSCoPE is the title of an ongoing project, funded under the European Commission (EC) Programme of Community Action in the Field of Health (EAHC Contract No: 2009 11 11).

The strategic goal of the project is the development of a comprehensive Code of Practice for Telehealth Services. The Code has to provide a benchmark standard for services that will assist both service providers and users and, in so doing, will support EU initiatives that endeavour to build trust in and overcome the barriers to effective development of telehealth services in all EU member states

TeleSCOPE directly responds to the EC Action Point (in COM2008:689) to "improve confidence in and acceptance of telemedicine" as well as to EC and national agendas (i2020). It also contributes to the Action Points to collect "good practice on deployment of telemedicine services" and the addressing of issues (requiring for member states) around accreditation, privacy and data protection.

The project also fits with European Union initiatives promoting healthy lifestyles, healthy workforce and healthy life-years, social inclusion and engagement, economic and social development, information and communication technology application and the co-ordination of policies and

programmes within member states. The context includes i2020, the Ageing Well platform, the eHealth Action Plan, the Green Paper COM2008:725 on a European Workforce for Health, to list some.

In addition, the project supports EU strategy of "moving EU towards a "European eHealth Area" by coordinating actions and promoting synergies between related policies and stakeholders, so as to develop better solutions, prevent market fragmentation and disseminate best practices" and more specifically the EU strategy in:

- Setting up health information networks between points of care to coordinate reactions to health threats;
- Ensuring online health services such as information on healthy living and illness prevention and
- Developing teleconsultation, eReferral and eReimbursement capabilities.

2. Purpose of the European Code of Practice for Telehealth Services

The draft of the European Code of Practice for Telehealth Services was released in April 2012 at Med-e-Tel 2012 (The International eHealth, Telemedicine and Health ICT Forum for Education, Networking and Business, www.medetel.eu). It is also available for free at the project website http://telehealthcode.eu/project/documents.html.

The approach taken within the draft Code can be clearly seen to reflect a view that telehealth services can and should help to meet the needs of people of all ages – both with regard to aspects of their clinical health and broader well-being.

The Code addresses the way that telehealth services are organized, related procedures and practices and some of the skills and knowledge requirements for staff. This includes the way in which communication takes place with service users (and carers) or with potential service users. Importantly, in a context where telehealth technologies can gather and store increasing quantities of personal information, the Code sets out requirements that seek to minimize the potential for people's privacy or



autonomy being undermined. Certification in accordance with the requirements of the Code helps telehealth service providers to compete with uncertified organizations that may offer similar services and, crucially, gives re-assurance to service users (and carers).

The critical areas set out in the draft Code include:



Fig. 2. Answer of the question: "Is this type of Code needed for telehealth services?" Axis X - %;

A. General Considerations

Yes, entirely

Yes, partly

Public

This part echoes the strategic and policy direction taken by the European Commission such as the Europe 2020 Strategy and the Horizon 2020 Framework Programme for Research and Innovation. The main principle under which the telehealth services have to operate are also outlined here such as the Charter of Fundamental Rights of the European Union; jurisdictive requirements and associated regulatory frameworks as set out in legislation in the member states within which services are operative; moral and ethical issues, etc. Governance and financial issues as well as the challenges of personal data management are also considered.

B. Service Location and Technological Considerations

This part is focused on service location and the basic requirements for a safe and comfortable

Broadly speaking, is this Draft Code likely to be acceptable to





b) Telehealth service providers



Private

Not at all

Don't know

Third sector

No answer



working environment for the telehealth staff as well as on the prerequisites for reliability of the applied communications networks and telehealth soft-and hardware.

C. Service Operational Requirements

This chapter is focused on both clinical and non-clinical issues as staffing and staff management; the regulations of the relationship between staff, service users and carers, etc. Special attention is dedicated to the interpretation of users' responses.

3. Validation of the Code

Till February 2013 the Draft Code was tested in 5 EU countries – Belgium, Bulgaria, Hungary, Italy and the United Kingdom. Telehealth service providers, Users/carers organizations, Government/regulatory bodies, Research organizations and academia took part in the validation process (Fig. 1). Figures 2 to 3 reveal some of the results from the validation on the draft Code.

4. Conclusions

The draft Code was welcomed and seen as likely to be acceptable to varied stakeholders.

On completion, therefore, the Code will provide a welcome framework to guide telehealth service providers in all 27 member states of the European Union. It will provide not just a quality service benchmark but also a potential basis by which telehealth services will be able to be certified and/or regulated.

The beta version will be released in April 2013 at the Med-e-Tel 2013 conference in Luxembourg. The final version will be published in the summer of 2013 at the project website www.telehealthcode.eu.

5. Acknowledgements

The project "Telehealth Services Code of Practice for Europe" is funded under the European Commission (EC) Programme of Community Action in the Field of Health (EAHC Contract No: 2009 11 11).

Sincere thanks to all project partners and in particular to Frederic Lievens (Lievens-Lanckman byba Belgium), Malcolm Fisk (Coventry University, UK) Nicolo Paraciani (ICT-CNR, Rome, Italy), Sara Tabozzi (Istituto Auxologico, Italy), Eva Ceasar (MEOSZ, Budapest, Hungary), Trevor Single (Telecare Service Association, UK), Drago Rudel (MKS Electronic Systems Ltd., Slovenia), Tene Jenko (National Council of Disabled People's Organization of Slovenia) and Laszlo Békési (Apertech Ltd., Hungary) for the active participation in data collection and for the comments in the process of paper preparation.

AN ADAPTIVE PARALLEL INTEGRATOR OF ORDINARY DIFFERENTIAL EQUATIONS SYSTEM FOR SPACE EXPERIMENT SIMULATION

Atanas Atanassov

Space Research and Technology Institute --- Bulgarian Academy of Sciences e-mail: At_M_Atanassov@yahoo.com

Keywords and phrases: ordinary differential equation system integration, parallel algorithms

Abstract: A version of parallel ordinary equations system integrator for multi-satellites missions' simulation is presented. The integrator is based on different order Runge-Kutta-Fehlberg schemes. An optimal scheme is selected for every integration step for achieving necessary local error which improves calculation effectiveness. An integration of differential equation systems is executed simultaneous in the time with constant step. An integration with variable step in the frame of one system time step is applied if the maximum order calculation scheme is not enough for achieving the necessary local accuracy. A possibility for determination of the motion of every object (satellite, space debris, charged particles) based on individual propagation model of forces is realized. That approach allows simultaneously solving of different classes mechanical and electro-dynamical problems by proposed integrator.

Introduction

Satellites with different orbits are used in some scientific experiments. In these cases propagation models are different on different parts of the orbits. Atmosphere drag and high harmonics of gravity field is significant on low parts of the orbits and decreas on large distance. The basic components of Earth gravity field remain significant on larger distance and influence from the Moon and the Sun could be added. The application of the same perturbation model for all objects on different part of orbits is inefficient when motion equations are integrated simultaneously. This is especially significant by using some calculation time consuming atmosphere models.

Satellite experiments simulation can demand solving of motion equation for different kind of objects. Such objects beside satellite are charged particles (electrons, protons, ions), charged dust particles, space debris. The right hand of SODE which describe its motions can contain different functions describing forces with different nature.

Different aspects of parallel integration of SODE about satellite motion are explained in [1-8].

В настоящата работа се представя вариант на интегратор на СОДУ основно за нуждите на имитационното моделиране.

Multi body ODES integrator

Specialized SODE integrator for Earth satellite propagation was proposed [9]. Computer code was developed for requirements of simulations. A motion of N objects is integrated with constant step Δt in the time and a choice of optimal calculation scheme. The next step of development of the integrator was a parallel version based on calculation threads [10]. The integration of the motion equations for different satellites was based on equal perturbation forces model.

New improved version of the integrator is presented in this work. The integrator has possibilities for simultaneous solving of different classes of problems with different dimension and perturbation forces.

Figure 1 shows the possibilities integrator to be applied for solving different classes of problem in the frame of one simulation model.

Integrator initialization

The initialization of the integrator is made by subroutine InitIntegrator (fig. 2). Initialization of the integrator consist in creation of a number of threads (according the value of formal parameter **num_threads** which is determined in parent routine), events for beginning and ending of calculations



(ha_beg and ha_end) for every thread in interval Δt and one additional event with handler ha_1, which serve for synchronization between threads. The threads remain in suspended state after it's creation to the moment when information necessary for SODE integration is prepared.

SUBROUTIN	NE InitIntegr	rator(IntegratorName,	, num_threads, thread_par, ha_1)			
external		IntegratorName				
integer			num_threads, ha_1			
integer			thread_par(4,num_threads)			
integer	security/0/,s	tack/0/,thread_id,securit	ty1/0/, kkod/0/			
	$ha_1 = Cre$	eateEvent(security1,.fal	lse.,.true.,0)			
DO	i=1,num_thread	ls				
thre	ad_par(2,i)	= i				
thre	ad_par(1,i)	= CreateThread(secu	arity,stack, IntegratorName ,LOC(thread_par(2,i)),&			
			CREATE_SUSPENDED,thread_id)			
thre	ad_par(3,i)	= CreateEvent (secur	rity1,.false.,.true.,0)			
thre	ad_par(4,i)	= CreateEvent (secur	rity1,.true.,.false.,0)			
END	DO					
RETURN						
ENTRY	StopIntegrato	r(num_threads,thread_p	par)			
DO	i=1,num_thread	ls !numth				
ko	od= TerminateT	hread(thread_par(1,i),k	kkod)			
ko	od= CloseHan	dle (thread_par(1,i))	! ha			
ko	od= CloseHan	dle(thread_par(3,i))	! ha_beg			
ko	od= CloseHan	dle (thread_par(4,i))	! ha_end			
END	DO;					
END SUBRC	OUTINE InitInt	tegrator				

Fig. 2. Code of integrator initialization subroutine

The threads accept the name (address) of the basic integrator subroutine by variable IntegratorName, described in operator external during of their creation.

The integrator is stopped by subroutine StopIntegrator after completing integration of SODE. This subroutine terminates the existence of threads and events for their synchronization. The integrator may be started again with other number of threads, objects and perturbation models which determine their motion. The subroutine InitIntegrator can be called more than one time with equal or different IntegratorName. Different simultaneous existing integrators could be initialized. The name of integrator reflects specifics of solved SODE.

Adjustment of the integrator to specific problem

The SatelliteIntegrator is buffer subroutine with the purpose of adjusting the real SODE integrator to features of solved problem. The SatelliteIntegrator name is contained in formal parameter IntegratorName. It reflects the specifics of corresponding class problems which the integrator solves. SatelliteIntegrator (or any other one on its place) is started as first subroutine from every initiated thread when its state is changed to non-suspended in some moment from parent process. It transfers different data addresses to integrator such as the name of subroutine where the right hands of the solved systems are described. Different version of the integrator, every one for different classes SODE, could be started.

The full information with general system character (handlers of events for threads synchronization and threads parameters), as well as the special information about solving SODE (addresses of data structures for initial conditions, perturbation forces) are transferred to integrators by global data (common blocks) by means of short interface subroutines from type of SatelliteIntegrator. If electro-dynamical problem is solving for example, instead previous SatelliteIntegrator other subroutine with the same template, containing other subroutine describing right hand of differential equation (pointed in the operator external) will be applied. The names of the common blocks will be different but actual parameters of subroutine Integrator must be analogously as by SatelliteIntegrator.

Common block /chth/ transfer number of threads and handlers of events for synchronization. Common block /cAdr_traekt/ transfer address of structure containing initial value for integration, results, integration step, tolerances and global counter for objects. Common block /cMainExpDef/ transfer number of satellites (objects) and parameters describing models of perturbation forces.

SUBROUTINE SatelliteIntegrator(th_id_num)				
external pertur integer th_id_num integer thread_par(4,num_thrd), thread_par_local[AUTOMATIC](4)				
type general_data integer adr1, adr2 ! real*8 time,dt end type general_data type (general_data) gen_data ! global data type (general_data), AUTOMATIC :: gen_data_loc type (general_data), AUTOMATIC :: gen_data_loc				
character, AUTOMATIC :: 1zbor*1				
integer thrd_par_adr,ha_1,ha_11 !thrd_hand_adr, common /chth/num_thrd,thrd_par_adr,ha_1 ! threads number				
integer, AUTOMATIC :: adr_glb_count,adr11,adr21 integer adr1,adr2,glb_counter ! handlers_address common /cAdr_traekt/adr1,adr2,glb_counter,numsa_				
integer adr_Grv_model				
integer Main_adr_orb_data, Main_adr_Grv_model,len_Grv_model common /cMainExpDef/numsat,Main_adr_orb_data, Main_adr_Grv_model,len_Grv_model !				
POINTER(thrd_par_adr, thread_par); POINTER(gen_data_adr,gen_data)				
<pre>adr_glb_count = LOC(glb_counter); adr1l= adr1; adr2l= adr2; ha_1l= ha_1; izbor= 'y' adr_Grv_model= Main_adr_Grv_model thread_par_local(:)= thread_par(:,th_id_num)</pre>				
CALL Integrator(th_id_num,num_thrd,pertur,adr_Grv_model,len_Grv_model,numsat, & thread_par_local,adr11,adr21,ha_11,adr_glb_count, <i>izbor</i>) END SUBROUTINE SatelliteIntegrator				

Fig. 3. Example of a code of buffer subroutine for adapting integrator to concrete problem

Each buffer subroutine finally calls the real SODE integrator (Fig.3).

The number of threads for every initiated integrator must be less than number of objects from particular class. When the number of objects is higher than number of processor cores, then number of the threads is normal to be less than objects for approaching effective of integration. Every additional thread leads to increasing of overhead for synchronization.

Each free thread takes a next non-solved SODE. While one particular thread takes SODE, other free threads do not participate in the choosing process even if they are finished their calculations. This is guaranteed from signal event with handler **ha_1**, which is unique for every integrator and is created by process of initialization (fig. 4).

Synchronization between parent program and integrator

For each step of system time on specific place in parent program (Fig. 5), the events for beginning of calculations for each thread are set in signal state, which starts their work. The parent program begins to wait treads to solve SODE for every object. The threads send signal for 'end' when all of the SODE are solved. The parent program takes the coordinates and velocities of objects determines for t=t₀+dt and it is possible to start other calculations concerning interval Δt . After that it is passing to next step from system time.

Conclusion and future work

Development of flexible parallel system ordinary differential equation integrator is presented. The flexibility is concerned to optimal order of integration schemes selection as possibility for changing differential equations systems (depending of type of the problem solved), number of threads, perturbation forces models, number of objects etc. Simultaneous running of more of one integrator is possible. An approach for realization of SODE integrator based on threads and program codes are shown.

SODE integrator is developed applying program language Fortran 95, Compaq Fortran compiler and API function for multi-trading.

SUBROUTINE Integrator(th_id_num, num_threads, RHFun, adr, adr_len, numsat, thread_par, & adr1, adr2, ha 1, adr glb count, izbor) **USE** DFmt **externa**l RHFun character izbor*1 integer th_id_num,adr,adr_len,glb_counter,numsat integer, AUTOMATIC :: loc_counter,loc_adr thread_par(4)integer general_data type integer adr1, adr2 ! transfer_data address work_data address real*8 time,dt end type general_data **type** (general_data) gen_data type data real*8 t,dt **real***8 xvn(6),xvk(6),eps(6) end type type (data) transfer_data(numsat) type work integer redmet, in !(6)!/6*0/ real*8 gr(6,12),dt1 end type work type (work) work_data(numsat),loc_work_data(numsat) integer adr1,adr2,m*2/6/ ! real*8 time integer address, ha_1, adr_glb_count integer, AUTOMATIC :: loc_ha_1, ha_beg,ha_end, kk **POINTER**(adr1,transfer_data); **POINTER**(adr2,work_data); **POINTER**(adr_glb_count,glb_counter) ha_beg= thread_par(3); $ha_end = thread_par(4)$ loc_ha_1 = ha_1; loc_numsat= numsat; a: **DO WHILE**(.true.) k= WaitForSingleObject(ha_beg,WAIT_INFINITE) ! Sabitie za puskane na thread-a kk=0;**DO WHILE**(glb counter.LT. numsat) k= WaitForSingleObject(loc ha 1,WAIT INFINITE) glb counter= glb counter + 1; ! za porednija spatnik-obekt loc_counter= glb_counter; ! i se zapomni v localna za thread-a pamet k =SetEvent(loc ha 1) IF(loc_counter.GT. numsat) EXIT kk= kk + 1; loc_adr= adr + (loc_counter-1)*adr_len CALL rkfasd(loc_counter,m,transfer_data(loc_counter)%t,transfer_data(loc_counter)%xvn, & transfer_data(loc_counter)%xvk,transfer_data(loc_counter)%dt, & transfer data(loc counter)%eps,RHFun, & work_data(loc_counter)%redmet ,work_data(loc_counter)%dt1, & work_data(loc_counter)%in, work_data(loc_counter)%gr, & izbor,th id num,loc adr,adr len) END DO b k= ResetEvent(ha_beg) ! Sabitie za spirane na thread-a k= SetEvent(ha_end) ! Sabitie za krai na stapkata dt v kojato thread-a uchastva END DO a **END SUBROUTINE Integrator**

Fig. 4. Code of the government subroutine of the integrator

The present integrator is part of program system for space experiments simulation which is under development [10]. The effectiveness of the SODE integrator according to numbers of processor cores, initialized threads and object will be evaluated.

 SUBROUTINE
 traekt(num_sat,t,dt,xvn,xvk,eps)

 USE
 DFmt

 real*8
 t,dt,xvn(6,num_sat),xvk(6,num_sat),eps(6,num_sat)

 common
 /cadr_traekt/adr1,adr2,glb_counter,numsat

 glb_counter= 0;

 a:
 DO

 i=1,num_thrd

 k=
 SetEvent

 (ha_beg(i))
 ! Events for start of threads

 END DO a
 k= WaitForMultipleObjects(num_thrd, ha_end,WaitAll,Wait_infinite)

 b:
 DO i=1,num_thrd

 k=
 ResetEvent(ha_end(i))

 ! Events for waiting ending of threads

 END DO b

Fig. 5. Fragment of parent thread subroutine code, which serve for synchronization with threads of the integrator

References:

- 1. G e a r, C. W., The Potential for Parallelism in Ordinary Differential Equations, in Computational Mathematics, ed. Simeon Fatunla, Boole Press, Dublin, pp33-48, 1987
- 2. J a c k s o n, K. R., A Survey of Parallel Numerical Methods for Initial Value Problems for Ordinary Differential Equations, IEEE Transactions on Magnetics, 27 (1991), pp. 3792-3797.
- 3. S t o n e, L. C., S. B. Shukla, B. Neta, Parallel Satellite Orbit Prediction Using a Workstation Cluster, International J. Computer and Mathematics with Applications, 28, (1994), 1–8.
- N e t a, B., Parallel Solution of Initial Value Problems, Proc. Fourth International Colloquium on Differential Equations, D. Bainov, V. Covachev, A. Dishliev (eds), Plovdiv, Bulgaria, 18-23 August 1993, 2, (1993), 19–42.
- 5. P h i p p s, W. E., B. N e t a, D. A. D a n i e I s o n, Parallelization of the Naval Space Surveillance Satellite Motion Model, *J. Astronautical Sciences*, **41**, (1993), 207–216.
- 6. N e t a, B., D. A. D a n i e I s o n, S. O s t r o m, S. K. B r e w e r, Performance of Analytic Orbit Propagators on a Hypercube and a Workstation Cluster.
- A r o r a, N., R u s s e I I, R. P., Fast, High-Fidelity, Multi-Spacecraft Trajectory Simulation for Space Catalogue Applications, Paper S1.3, US-China Space Surveillance Technical Interchange, Beijing, China, Oct. 17-21, 2011.
- 8. B u r r a g e, K., Parallel methods for systems of ordinary differential equations, SIAM News, v. 26, N 5, 1993.
- 9. A t a n a s s o v, A., Integration of the Equation of the Artificial Earth's Satellites Motion with Selection of Runge-Kutta-Fehlberg schemes of Optimum Precision Order., Aerospace Research in Bulgaria, 21, 24-34, 2007.
- 10. A t a n a s s o v, A., An Adaptive Parallel Integrator of Ordinary Differential Equationa System for Space Experiment Simulation, Aerospace Research in Bulgaria, 22, pp. 59-67., 2008.
- 11. A t a n a s s o v, A., Program System for Space Missions Simulation First Stages of Projecting and Realization, Proceedings of SES 2012, xxx-xxx.

PROGRAM SYSTEM FOR SPACE MISSIONS SIMULATION- FIRST STAGES OF PROJECTING AND REALIZATION

Atanas Atanassov

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: At_M_Atanassov@yahoo.com

Keywords and phrases: space mission analysis and design, simulation tool, situational analysis.

Abstract: Space mission design and analysis is concerning with determination of broad multitude satellite's and scientific instrument's parameters. The possibilities for different experiments or measurements conduction depends on different geometrical or physical constrains satisfaction. The successful realization of the experiments' aims on low cost is possible by applying of computer simulation methods. Besides specialized software programs developed "ad hoc" much more universal software tools are developed as power instruments for approaching of these aims. Such tools may be applied to experiments and evaluation of new algorithms for situation analysis too. The structure, modules, modes, activities and some insights reflecting the present stage of the development are presented. "Orbits integration", "physical model's parameters calculation", "situation analysis", "mechanical separation satellite-sub-satellite", "visualization", "writing of results" modules are under developing.

Introduction

Space mission design and analysis is concerning with determination of broad multitude satellite's and scientific instrument's parameters. The possibilities for different experiments or measurements conduction depends on different geometrical or physical constrains satisfaction. The successful realization of the experiments' aims on low cost is possible by applying of computer simulation methods [1-3]. Simulation helps to improve the process of satellite experiments design and verification and validation on operation stages.

Different software tools for computer simulation are known. FreeFlyer mission analysis and design tools are developed from AI Solutions [4]. General Mission Analysis Tool (GMAT) is undertaken from NASA as an open source project [5]. Satellite Tool Kit (STK) is developed from Analytical Graphics (AGI) [6]. Multi Mission Satellite (MMSAT) tool is developed on Satellite Situation Center, SRI, RAS. Advanced High Precision Orbit Propagator (HPOP) is developed on Microcosm [7]. Some of these programs are very powerful tool kits capable to simulate very complicated satellites missions. They may be applied to high fidelity satellite motion calculation based on different propagation models. Different geometrical and physical situations could be determined. Each of these software tools has an advantaged in some aspects.

Initial stage of software tool for simulation of multi-satellite experiments is presented in the paper. The software will be developed as platform for design and analyze of multi-satellite space missions. One of primary aims of the software is different kinds of experiments simulation. Approach for situation problem presentation and formulation is described.

Scientific problems definition

A). The describing of scientific problems in the frames of developing system begin with project initialization when the project is entitled. An old variant of simulation model (if exist) is selected or new one is used as input. An important part of this stage is related to pointing satellites number, their orbital parameters and propagation models for every of them. The following variants for selection of gravity field are developed:

- Central gravity field;
- Normal gravity field;
- Only first six zonal harmonics [7];
- Zonal harmonics (≤20) [8];
- Mixed harmonics- zonal, tessarial/tesseral and sectorial (<21) [8];

A simplified gravity model may be enough on opening stage of mission design. More precise propagation models could be applied in cases when mutual configuration between two satellites and the evolution of this configuration is significant for simulated experiments (for example experiments Activen and Rezonans). This is very important especially on low satellite orbits.

Taking into account atmosphere drag especially on low orbits is very imperative. A simplified atmosphere model could be included on this stage [8,9]. Taking into account of satellite orientation and stabilization system may be important for satellite effective section when solar pressure is used. Solar and lunar perturbations are important in propagation model on high apogee orbits [8].

Special developed parallel ordinary differential equation systems integrator is applied for satellite orbital motion determination [10].

General functional scheme of presented system is shown on figure 1.

B). Geometrics and physical model orbital (along the orbits) parameters calculation. Different geometric and physical model parameters with general purpose are calculated for all satellites and positions on orbits. These parameters (environmental model parameters) are calculated in separate/specific program module and may be used later many times when different situation problems and simulations are solved.

C). Space experiments simulation module. Separate module for simulation of different aspects of space instruments operation is under development. Model of optical astronomical instrument which simulates moving field of view is ready and will be included in the system. Algorithms for Earth's surface remote sensing simulation are under development, as well as. Simulation of active experiments concerning electrons injection and simulation of their interaction with ionosphere environment and resulting glow is under finalization. Simulation of glow observation with optical instruments based one on sub-satellite and other on the ground in addition will be developed (experiment Activen).

D). Situational problems solving module. Software processor for situational problems solving is under development. The number of situational problems depends on complexity of observed model - number of satellites and space instruments on them, investigated objects, mutual configurations, physical, spatial and timed constrains. The module will allow application of different optimization algorithms for every situational problem.

Situational problem description

Every situational problem (SP) represent multitude of elementary restrictions/constrains conditions ξ_k :

 $ST_{l} = ST_{l} \{ \xi_{0}, \xi_{1}, \xi_{2}, \dots, \xi_{k} \}$

Two-dimensional areas, which elements are derived and structured, are used for description of situational problems. Every column of such area contains separate situational problem. Since number and character of attributes of all situational conditions are different, the language construction of program language Fortran 95 could be used, as showed on figure 2. The application of two-dimensional areas from structures seem ineffective relatively to storage using, but it is very effective relatively to execution time and algorithm's simplicity.

Every ξ_k is defined with set of specific attributes. Structure of follow type is applied for presentation of every situational condition:

 $\xi_{k,l}$ = {situation_code, satellite_serial_(running)_number, atr₁, atr₂, ..., atr_n}_k.

 ξ_{0} don't describe situational condition but contain set of attributes related to the situational problem:

 $\xi_{0,l}$ = { number_of_conditions, satisfaction_code, optimization_code (for k>1), (t₁,t₂)}

The first attribute sit_cond%max_cond points the number of situational conditions of the problem, the second attribute sit_cond%flag – fulfilling situational condition for moment of system time t. The third one points optimization algorithm for solving situational problem, which is possible when situational conditions are more than one. Specific routine (software processor) for solving situational problems is under development. The processor distinguishes every situational condition by its distinctive code. The Respective function checks up fulfilling of the situation condition. The check of condition is based on satellite coordinates, different trajectory calculated model parameters



(geographic coordinates, magnetic field, atmospheric/ionospheric parameters), condition's attributes or additional calculations. Figure 3 shows fragment of situational processor.

MODULE	RN	
type Sit	Cond	
integer	sit_code !	code of the situation condition; every situation have some code
integer	sat_num	which satellite concern this situation task[condition]
logical	flag	satisfaction of sit.cond: .false. or .true.
union		
map	! Si	t_1: Pass over circular region of Earth surfase with centre (lati,longi)
integer	reg_num	! running number of a region- actual number
real	lati_r	! latitude of the centre
real	longi_r	! longitude of the centre
real	angle_r	! angle of regions
end map		
map	! Sit	2: visibility of a satellite from ground base station(lati,longi)
integer	grbstat	! ground based stations numbers (0) and codes
real	lati	! latitude of the centre
real	longi	! longitude of the centre
real	angle	! angle of regions
end map		
! maps f	or other sit.cond	
end unior	1	
end type S	SitCond	
!		
type sit_	task	
union		
map		! Only for sit tasks control- contain number of situation conditions
integer	max_cond	! maximum number of sit.cond for every sit.task
logical	flag	! satisfaction of sit.task: .false. or .true.
integer	opt_level	! Optimization algorithm: 0- none, 1/2/3
real*8	t1,t2	! determine the last time interval vere the sit task was satisfied
end map		
map		
type (S1	tCond) sit_cond	! determines a field containing situation condition described above
end map		
end union	• 1	
end type s	it_task	
END MOD	ULE RN	

Fig. 2. Fragment of situational problem describing module

Editor for situational problem formulation is under development. It will allowed situational problem to be composed on the base of elementary situational conditions. The editor offers set of preliminary developed elementary situational conditions.

Space experiments simulation

Some modules for simulation of optical astronomical observation are developed on this stage:

- Optical Observation of sky objects and field of view visualization;
- Remote sensing of Earth surface with some kinds of optical instruments (under development);
- Particle injection from one satellite and observation of related emission effects in ionosphere with optical instruments based on other satellite and other instrument on the Earth surface;
- Transferring information between ground-based stations and satellite.

Situational conditions which are under development

The followed elementary situational conditions are developed or under development:

- Satellite pass over Earth's surface region (circular, rectangular);
- Satellite pass through radio-zone of ground-based station;
- Satellite pas through visibility zone of ground based station and without Earth's shadow;
- Two satellites pass "one above the other" during time interval $\Delta \tau$ which characterizes investigated phenomenon;
- Two satellites pass in narrow solid angle over Earth surface in time interval ∆t which characterize current processes;
- Possibilities for observation of area of a casp by based on satellite optical instrument (instrument UFSIPS, experiment INTERBALL)
- Evaluation of mutual configuration between two satellites (satellite-sub satellite) and possibilities for observation the interaction of injected from one satellite charged particles with ionosphere by optical instrument on the board of the second satellite (project Apeks); a possibilities for ground based observation of the same event.

SUBROUTINE sitanal(num_sat,t,dt,xvn,xvk,inTrajectoryParam,sci_task,max_num_sit,num_sci_task) USE RN type (TrajectoryParam) inTrajectoryParam(num_sat) type (sit task) sci task(0:max num sit,num sci task) a:**DO** j=1,num sci task; b:**DO** i=1,sci_task(0,j)%max_cond !num_sit ! IF(sci_task(i,j)%sit_cond%sit_code.EQ. 1) THEN; ! First situation condition sit=Sit_1(t,inTrajectoryParam(sci_task(i,j)%sit_cond%sat_num)%lati, & inTrajectoryParam(sci_task(i,j)%sit_cond%sat_num)%longi, & sci_task(i,j)%sit_cond%lati_r,sci_task(i,j)%sit_cond%longi_r, & sci_task(i,j)%sit_cond%angle_r) sci task(i,j)%sit cond%flag r= sit ELSEIF(sci_task(i,j)%sit_cond%sit_code.EQ. 2) THEN; ! Second situation condition ! Other situation conditions ENDIF IF(i.GT.1.AND..NOT.sit.AND.sci_task(0,j)%opt_level.NE.0) THEN ! **CALL** optimization(sci_task(0,j)) **ENDIF** END DO b END DO a **END SUBROUTINE sitanal**

Fig. 3. Fragment of situational problem processor

Development of interactive real-time control of the system

Approach for interactive control of calculation process is developed. A set of registers are used for switch on/off different modes and commands by system pop-up menus. A possibility for stopping simulation process for detail observation and analyzing graphic or textual presented results and its continuation was developed. A repetition of calculation from beginning with quick start without initial conditions and simulation model parameters definition is possible. Delay of calculations or their synchronization with the real time are useful possibilities which allow better perceiving of quick changing scenes. Operation system resources are used for system time control - events. This approach saves processor time. Including or excluding of sound signals which denote fulfilling of situational condition, scale of visualization change, satellite tracking on Earth's map, output or stop text results are possible on the present stage. Interactive real time control improves space experiments simulations.

Conclusion

The basic concept of design of space simulation tool is presented. The basic modules are shortly described. Two of them take basic place - ordinary differential equation systems integrator and situational problems solver.

The development of the present system aims assistance in the preparation of space experiments. Besides, it will be used for investigation of possibilities for application of parallel calculations and development of respective algorithms. Such example is integration of satellites

motion equations. Investigation of the risk from direct collision between satellite and space debris is actual in the recent time. Investigation the possibilities for parallelization situational problems processor is other very interesting aspect/perspective concerning developing system.

References:

- 1. W e r t z, J. R., W. J. L a r s o n. Space Mission Analysis and Design, 3rd Edition, Kluwer Academic Publishers, 1999
- 2. Montenbruck, O., E. Gill, Satellite Orbits: Models, Methods, and Applications. Springer, 2000, 369.
- 3. Eickhoff, J., Simulating Spacecraft Systems, Springer Aerospace Technology 1, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009, pp. 353.
- 4. http://www.ai-solutions.com/ProductsServices/FreeFlyer/FreeFlyerFeatures.aspx
- 5. http://gmat.gsfc.nasa.gov/
- 6. http://www.stk.com
- 7. Е с к о б а л, П. Методы определения орбит, "Мир", Москва, 1970.
- 8. П р о х о р е н к о, В. Вспомогательные подпрогрммы для расчета навигационных параметров искусственных спутников Земли. Пр-301 ИКИ АН СССР, 1976.
- 9. Навигационное обеспечение полета орбитального комплекса "Салют-6"-"Союз"-"Прогресс", под ред. И.К. Бажинов, В.П. Гаврилов, В.Д. Ястребов и др., М.: Наука, 1985, 376 с.
- 10. A t a n a s s o v, A. An Adaptive Parallel Integrator of Ordinary Differential Equations System for Space Experiment Simulation, Proceedings of SES 2012, xxx-xxx.

РАЗДЕЛИТЕЛНА СПОСОБНОСТ НА ОПТИЧНА СИСТЕМА ЗА БРОЕНЕ НА СОМАТИЧНИ КЛЕТКИ

Ангел Манев¹, Диньо Динев², Веселин Ташев¹, Христо Лукарски¹, Стилиян Стоянов¹

¹Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките ² МИЛКОТРОНИК ООД – Стара Загора e-mail: amanev@abv.bg, milkotronic@gmail.com

Ключови думи: Соматични клетки, мляко, оптика, система

Резюме: В предлаганото проучване се анализира на разделителната способност на реално действаща система за броене на соматични клетки в млечни среди. Демонстриран е метод за изследване на контрастана изображението и разделителната способност на системата. Определени са оптимални параметри на конструиране на експерименталната камера, които улесняват промишленото производство

NON-INVASIVE METHOD FOR BLOOD PRESSURE MEASUREMENT WITH EACH HEART CYCLE

Angel Manev¹, Dihyo Dinev², Veselin Tashev¹, Hristo Lukarsi¹, Stilian Stoyanov¹

¹Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences ² MILKOTRONIC Ltd – Stara Zagora e-mail: amanev@abv.bg, milkotronic@gmail.com

Keywords: somatic, milk, optical, system

Abstract: In the proposed study to analyze the resolution of real working system for counting of somatic cells in milk samples. Below are the methods of study of contrast-frequency response and resolution of the system. Defined optimal design parameters of the experimental chamber in which is facilitated its subsequent production

Млякото остава една от основните храни на човека без която той не може да живее нормално. На различните етапи на обработка на млякото се създават възможности за поява в млечната среда на нежелани компоненти, които трябва да се контролират своевременно. В процеса на преработка на прясното мляко на различните етапи се контролират различни химически и биологични показатели за годността на млякото за консумация. Особено внимание се отделя на входящия контрол в млекопреработвателната промишленост. Анализиращата техника в тази област се разделя на два типа – системи, които се използват за оперативен постоянен контрол на млякото и такива, които работят на лабораторен принцип и осъществяват инцидентен контрол. Все повече в промишлеността се разширява спектъра на аналитична техника за бърз оперативен контрол на основни млечни компоненти. Разширява се набора от анализатори на наличието на соматични клетки. Наличието на соматични клетки над определени предели в млякото го правят негодно за преработка и консумация.

Соматичните клетки, чиито брой трябва да се изследва, имат определени оптични и геометрични характеристики. По литературни данни и според наши изследвания размерът на такава клетка е от порядъка на 9-10 мкм. Плътността на клетките в пробата от мляко е такава, че минималното разстояние между две клетки на едно и също разстояние от измервателната система много рядко е по-малко от 20 мкм. При тези характеристики е ясно, че изискванията към оптиката ще бъдат не да се анализира морфология на пробата а да се регистрират светещи обекти с определени размери. Това поставя специфични изисквания съм особеностите
на оптичния тракт – в някой отношения опростяване на изображението а в други засилване на разделителната способност и енергетиката на анализа.

В литературата и на пазара има описани системи за броене на соматични клетки, конструирани на базата на оптични елементи, които формират мащабирано изображение посредством комбинация от оптични лещи [1], [2]. Конструкциите в общи линии са изградени на следния принцип: Първо в млечната проба се добавя оцветител, който се свързва само от соматичните клетки. След това пробата се "напомпва" с лъчение с дължина на вълната около 365 мкм при което започва излъчване на оцветителя в област около 460 мкм. Изображението на светещите соматични клетки се увеличава и предава на детектиращият елемент, който в случая е ССD матрица. Следва прилагане на специфични алгоритми за преброяване на светещите обекти.

В предишни наши публикации [4] са описани оптичните характеристики на портативен анализатор на соматични клетки в полеви условия. Общият вид на оптичния тракт на системата за изброяване на соматични клетки е показан на Фигура 1. Оптичният тракт, след като е оптимизиран, задава само коефициент на трансформиране на енергията за доуточняване на характеристиките на осветителя и ССD матрицата. При моделирането на оптичната система се използваха методите на 3D симулации за пресмятане на оптичните и конструктивни параметри на анализираната система. Основно се работеше с програмния пакет ZEMAX 9.0 12.10.2009 [3]. Съпоставки се правеха и с аналогичните пакети ОПАЛ и ОСЛО.

Общият вид на оптичния тракт на системата за изброяване на соматични клетки е показан на Фигура 1.



Фиг. 1

Основните характеристики на оптичния тракт са следните :

1. Изобразяване на пространство с размери 1Х1 мм върху ССD детектор с размери 6.9Х4.8 мм.

- 2. Геометрично увеличение на системата 4Х
- 3. Разделителна способност в пространството на обекта 20 мкм
- 4. Дълбочина на изобразяваното пространство до 100 мкм.
- 5. Спектрална област на трансформацията 460 nm
- 6. Конструктивно геометрични ограничения за дължина на системата не по-голяма от
- 190 мм и разстояние между пробата и първия оптичен елемент от 15мм.

В се дискутират аберационните характеристики на оптичната система. Там остана открит въпросът с границите на реалната пространствена разделителна способност на системата. Основен конструктивен елемент в реалната система се явява и дебелината на измервателната микрофлуидна камера, респективно дълбочината на изследвания млечен слой.

На фигура 2 е показано изменението на контрастно-честотната характеристика на оптичната система в равнината на изображението. На абсцисата е нанесена различната дълбочина на камерата. Графиките са за разделителна способност съответно 90 линии на милиметър и 100 линии на милиметър. При по-голяма разделителна способност е естествено честотно-контрастната характеристика да се влошава в пространството на изображението. В оптиката се приема, че приемливата граница на контраст е около 15%. Или контрастът е недостатъчен за регистриращата система ако е по-нисък от 15%. По-чувствителните ССD детектори допускат и по-нисък контраст на анализираното изображение, при който може да се идентифицира различимост на два обекта. Така, че границата от 15% може да се снижи до към 11-12 % и пак ще се регистрира контрастност.





От фигура 2 се вижда, че с намаляването размера на камерата спада и контрастът на изображението при желаната разделителна способност от 100 линии на милиметър в пространството на изображението. Пространството между двете криви е пространство на системи с разделителна способност между 90 и 100 линии на милиметър. Отстъплението от 100 линии на милиметър в практиката означава, че от разделянето на два обекта от 10 mkm ще спадне на 11.1 mkm. В нашият случай големината на един пиксел на регистриращата матрица е 9 mkm. В порстранството на обекта това е преминаване от 2.5 mkm към разрешение от 2.77 mkm, което не е фатално за разделянето на соматични клетки с минимален размер от 4 mkm. В целият диапазон от 20 до 180 mkm всички разстояния между двете стени на микрофлуидната камера са допустими от оптична гледна точка.

В процеса на изследване се оказа, че ако дълбочината на камерата с мляко е от порядъка на 100 mkm, се получават нежелани оптически ефекти дължащи се на разсейването на излъчената светлина от светеща клетка, която се намира "на дъното" на микрофлуидната камера. Ефектите се проявяват като неконтролируемо увеличаване на видимия светъл образ на точката. Размерът на това "размазване" се проявява видимо като присъствие на други формирования в състава на млякото. Тези ефекти не могат да се отчитат точно защото различните проби мляко имат различна оптическа плътност и съответно разсейването в обема на млякото е различно. Решението на проблема е в намаляването на изследвания обем мляко в дълбочина. Колкото е по-малко разстоянието между двете стени на микрофлуидната камера, толкова по-малко клетки ще има "в дълбочина".

Намирането на оптимални размери на микрофлуидната камера е чисто практическа задача, свързана и с енерго чувствителността на конкретния датчик на изображение. В случая се предвижда да се използва КАГ 402 с достатъчно добра контрастна чувствителност за да допусне разделяне на два обекта дори с 10 процентова разлика в интензивността им. От анализа на характера на изменение на контрастно-честотната характеристика на фигура и изискването за минималност на анализирания слой мляко става ясно, че разстояния по-големи от 20 mkm в рамките на до 50 mkm са напълно приемливи за да може надеждно да се разделят обектите на наблюдение.

Според заложената оптимизационна функция при конструирането и оптимизацеята на оптичната система увеличението и трябва да бъде 4Х. За уточняването на увеличението на системата бе използвана мира с разстояние между групата щрих-пауза равно на 10 mkm. Регистрацията на изображението е направена със ССD камера с детектиращ елемент с размери 6.9 Х 4.8 мм. Можаха да се изброят 175 групи щрих-пауза. Цялото изобразявано пространство е с размер р= 175 х 0.010 = 1.75 mm. Следователно реалното увеличение на системата е равно на 6.9mm / 1.75 mm. Или реалното увеличение е равно на 3.942 пъти!

Сумарното влияние на геометричните аберации може да се изследва по следния начин. Прави се една снимка на мира с размер на групата щрих-пауза 7mkm. След това изображението се цифрова чрез функция на пакета МатКат. Отцифровкта е направена чрез закръгляне на интензивността на пиксела до цяло число. С цел изследване на изкривяванията когато формиращите лъчи са встрани от оптичната ос се вземат три линии – в горния и долния край и в средата. Редът се състои от 768 пикселни стойности. Поради невъзможността на Exel да работи с повече от 250 точки един цял ред е показан на три части – по средата, в левия и десния край на реда. Първо се вижда повишаването на стойностите от ляво надясно Този ефект се дължи на нехомогенното разпределение на интензитета на лъчението на осветителния диод от долу. Тази особеност на системата може да се избегне чрез поставяне на разсейващ мътен екран преди лъчението от диода да достигне до микрофлуидната камера с млякото. Другата характеристика, която може да се изведе от фигурите е нивото на изкривяванията, които водят до "размазването" на светещите щрихи на мирата. Вертикалните линии на фигурите са на равно разстояние за да може чрез тях да се регистрират измененията на линейните размери вследствие изкривяванията на системата. Вертикални линии са наложени върху регистрираното изображение на разстояние от 7 пикселни стойности – 1-ви пиксел, 7-ми пиксел, 14-ти пиксел...и т.н.т. Може категорично да се заяви, че ако разстоянието например на два съседни максимума в единия край на линията остава постоянно като се мине през центъра и се стигне до другия край на картината, това е гаранция, че груби изкривявания от вида кома, астигматизъм или дисторсия липсват.



Фиг. 3

На Фигура 4 е показана снимка на екрана на компютъра на която е възстановено полезрението на оптичната система когато се наблюдава реална млечна среда. Виждат се добре оформените бели кръгли обекти-изображения на светещите соматични клетки. Не кръглите и по-големи петна на изображението са други включвания или конгломерати от мъртви клетки. Добре оформените изображения са доказателство за реалните възможности на оптичната система. Става ясно, че софтуерното разпознаване на соматичните клетки преди тяхното изброяване не е трудна и невъзможна задача.



Фиг. 4

В направеното изследване се демонстрират качествата на реално работещ оптичен тракт и са дискутирани важни параметри при практическата реализация на подибна оптична система. Показана е възможността да се конструират подобни системи при занижении изисквания към честотно-контрастната характеристика на системата. Коментираните начини за изследване на разделителната способност на системата гарантират надеждността и при паследвало промишлено производство. Указаните оптимални конструктивни параметри на експерименталната камера я правят удобна за серийно производство.

Литература:

- 1. http://www.chemometec.com/en-GB/global/p87.aspx
- 2. http://www.delaval.com/
- 3. http://www.radiantzemax.com/en/design/
- 4. Манев, А., Д. Динев, В. Ташев. Конструиране и пресмятане на оптична система за броене на соматични клетки в млечни проби, Сборник научни трудове от юбилейна научна конференция по повод 10 години от създаването на НВУ "Васил Левски", 14-15 юни 2012, том 2, стр. 95-104

ON THE MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF NANOCOMPOSITES

Adelina Miteva

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: ad.miteva@gmail.com; admiteva@phys.bas.bg

Keywords: Aluminium alloys, nickel alloys, crystal structure defects, SiC, nanodiamonds

Abstract: The present study reports the effects of the microstructure parameters and thus the mechanical properties of nanostructured aluminium, and nanostructured nickel. We study the possibilities for strengthening of aluminium, nickel, aluminium alloys and nickel alloys on the basis of analysis of their microstructure properties. We review the main crystal structure defects responsible for strengthening of aluminium alloys. A critical discussion is presented. Possible extensions of this work in the future are considered.

ОТНОСНО МИКРОСТРУКТУРАТА И МЕХАНИЧНИТЕ СВОЙСТВА НА НАНОКОМПОЗИТИТЕ

Аделина Митева

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките e-mail: ad.miteva@gmail.com; admiteva@phys.bas.bg

Ключови думи: Алуминиеви сплави, никелови сплави, дефекти на кристалната структура, SiC, нанодиаманти

Резюме: Разгледани са ефектите на микроструктурните параметри върху механичните свойства на наноструктуриран алуминий и наноструктуриран никел. Ние проучваме възможностите за укрепване на алуминий, никел, алуминиеви сплави и никелови сплави въз основа на анализ на свойствата на тяхната микроструктура. Прави се преглед на основните дефекти в кристалната структура, отговорни за укрепването на алуминиеви и никелови сплави. Дискутират се резултатите, правят се изводи и се разглеждат бъдещи изследвания.

Introduction

The report is motivated by the very modern nowadays nanoscience, nanotechnology and nanocomposites. Nanostructured objects, and especially nanostructured metals, alloys and composites, are now intensively investigated by many foreign and bulgarian scientists [1-16]. Here the subject of the study are aluminum and nickel, and alloys on their basis, and also composites based on AI, and Ni.

In nanoscience computer simulations and modeling (which is an important component of modern science) are particularly useful. They complement, develop and connect theory and experiment and technology. Of course, pure theoretical science can not always completely solve technical problems, as its methods are systematically related to the simplification of processes and phenomena. But today science can predict many of the properties of substances from their composition. Here we also examine the possibilities for the application of computer modeling of the structures already mentioned.

The information contained in this study has been compiled from the literature and it may be considered as a first part of an introduction to the subject mentioned above.

Structure parameters and properties of AI and Ni

In this work we present the data on the structure of aluminum (AI) and nickel (Ni), and their alloys very briefly, since these data are widely represented in the literature.

Aluminum is a metal of the third A group of the periodic system of elements and its alloys are characterized by high electrical and thermal conductivity. Al has a melting point of 658.7°C. The most common elements in aluminum alloys are copper, zinc, magnesium, manganese and silicon. Al has a metal structure with atoms arranged in a face centered cubic crystal lattice (fcc), structural type A1, space group Fm3m, coordination numbers 12, lattice parameter of 4.0496 Å, interatomic distances 2.863 Å, 2.698 g/cm³ density, atomic radius of 1.43 Å, the volume of an atom 16.60 Å³. High strength deformable aluminium alloys have high strength (600-700 MPa), but they are not plastic, and at temperatures above 150°C, have falling values for their strength and corrosion resistance Interest in these fcc metals is so great, as most of the experimental data was obtained for these metals. The defects of the crystal structure and mechanical properties are considered together, although these defects determine not only mechanical properties of metals and alloys, but also a number of important physical characteristics. For example, the increase in the density of dislocations increases internal friction, changes optical properties, increases electrical resistance of metals. Dislocations increase the average speed of diffusion in crystals, accelerate aging and other processes related to diffusion. Mechanical and tribological properties are part of the physical properties of substances. The presence of certain mechanical / tribological properties is one of the main requirements for metals and alloys, which is explained by their ability to serve as a structural material in various fields. For example, aluminum alloys, which are widely used as materials in aeronautical engineering must be able to withstand the following conditions: high speeds, rapidly changing external power influences cyclical peak loads, large temperature differences.

Dislocations in crystals are one of the most important structural defects that are relevant to their strengthening. For example, in real fcc crystals the full resistant dislocations are with: Burgers vector 1/2 <110>; slip direction of <110>; most commonly observed slip planes of {111} [18,19]. Often, but not always, the slip planes are the most densely packed planes. One of the most important properties and peculiarities of the structure are the defects of the crystal lattice - vacations, dislocations, stacking faults, impurity atoms, etc. When we talk about the influence of structure on the properties, we above all mean dependence on the structure defects. Almost all properties are structurally sensitive. And all the properties are dependent on the phase composition, i.e. composition and phases. Impurity components in their pure form are isovalent and their atomic volumes are different from those of the matrix. Impurity atoms in the crystal lattice are distributed irregularly and are concentrated on the structural defects.

Dislocations, besides being possible type of defects in the crystal lattice, are extremely important for a number of practical problems. The density of dislocations is defined as the amount of dislocations that intersect any section of the crystal area of 1 cm². Or another way: the density of dislocations can be defined as the sum of the lengths of dislocation lines in 1 cm³. Mechanical strength and plasticity of solids mainly depends on dislocations. The influence of dislocations on the strength of the material is most easily explained by analyzing the stress-strain diagram (Diagram strength / stretching) [19]. In the application of a load we have two processes associated with dislocations: generation of new dislocations and relocation / movement of existing and newly created dislocations. Macroscopic speed of deformation of a crystal is determined by the density of moving dislocations and their average speed at a given load [18, 19].





Фиг. 1. Structure of Al

Nickel is a chemical element with the chemical symbol Ni and atomic number 28. It is a silvery-white lustrous metal with a slight golden tinge. Nickel belongs to the transition metals and is hard and ductile. Pure nickel shows a significant chemical activity that can be observed when nickel is powdered to maximize the exposed surface area on which reactions can occur, but larger pieces of the metal are slow to react with air at ambient conditions due to the formation of a protective oxide surface. Even then, nickel is reactive enough with oxygen. Because of nickel's slow rate of oxidation at room temperature, it is considered corrosion-resistant. Historically this has led to its use for plating metals such as iron and brass, to its use for chemical apparatus, and its use in certain alloys that retain a high silvery polish, such as German silver. The metal is chiefly valuable in the modern world for the alloys it forms; about 60% of world production is used in nickel-steels (particularly stainless steel). Nickel has a melting point 1455°C. Nickel is a transition metal of a group 10 of the periodic system of elements. Ni has a metal structure with a fcc crystal lattice (face centered cubic crystal lattice, see fig. 2 [17]), structural type A1, space group Fm3m, coordination numbers 12, lattice parameter of 3.524 Å, interatomic distances 2.492 Å, 8.96 g/cm³ density, atomic radius of 1.24 Å.



Fig. 2. Highly purified nickel spheres [17]

Nickel based composites

A composite is a material comprised of two or more physically distinct materials with at least one material providing reinforcing properties on strength and modulus. Composite materials (KM) or multicomponent materials are composites consisting of a base / matrix reinforced with the reinforcement / fillers (which may be fiber strands, particles, etc.). By selecting the composition and the properties of the matrix and reinforcement, and processing route, one receives materials with necessary combination of exploitation and technological properties.

We can distinguish two types of nickel based nanostructured KMs: bulk or surface nanostructured (nanostructured nickel based coatings). In both types of nickel KMs, one can use various substances as reinforcements (B, BN, nanodiamond, SiC, graphite, diamond and SiC, TiC, TiN, TiCN, Al₂O₃, ZrO₂, TiO₂, etc.). Nanostructured Ni based coatings are widely spread and used, and very popular in surface modification, giving rise to production of coatings with new, improved, desirable, high quality and tailoring surface properties for various applications.

Now let's consider the possibilities to increase the strength characteristics of Ni composite by adding to nickel nanodiamond or SiC (silicon carbide). These reinforcements are used for production of corrosion and wear resistance surfaces.

For example, we will compare their melting temperatures, which are as follows: Ni (1455 °C) (for bulk Ni), Ni (approximately 880 °C) (for electroles Ni), SiC (2540 °C) nanodiamond (600 °C). It is clear that to operate at higher temperatures is preferable to choose SiC.

In terms of the combination of micro hardness and brittleness, must again look into SiC. Nanodiamonds are hard but brittle under load, unlike SiC. SiC microhardness is 33 GPa.

As to the densities, they are approximately equal and therefore theoretically equivalent: SiC $(3,2 \text{ g/cm}^2)$ and nanodiamond (about 3 g/cm²).

Lattice parameters of Ni, SiC and nanodiamond are respectively equal to: 0.352 nm; 0.44 nm and 2.5 nm. Basically nanodiamond sizes are from 4 nm to 6 nm. But nanodiamonds are conglomerates of atoms. It is not clear how to do their incorporation into the Ni matrix, so as to preserve their integrity. Embedding depends on the applied technology of obtaining composite. And in

all cases, increasing the dimensionality of the solid phase is making more difficult the movement of dislocations in the matrix. And this in turn leads to the increase of the strength.

It should be noted that the smaller are individual crystals of Ni matrix, the greater is the hardness of the composite.

In the literature there are sufficient data for such a strengthening of Ni with nanodiamonds (ND) and SiC.

The [6] study reports the effects of electroplating parameters on the microstructure and thus, the mechanical and tribological properties of nanostructured nickel. Results show that electroplating produced thick, dense and uniform nickel deposits with grain size down to 10's of nm and a length/width ratio around 1.8. The grain size and distribution were found to significantly affect hardness and elastic properties with the smallest grain size possessing a hardness that was at least three times higher than that of bulk nickel. Nanostructured nickel showed lower coefficients of friction and wear rates compared to that of bulk nickel and the nanostructured nickel with the smallest grain size exhibited the lowest coefficient of friction and wear rate. These differences were attributed to different wear mechanisms. Bulk nickel showed extensive cracking and evidence of material removal under a wear fatigue mechanism. On the contrary nanostructured nickel exhibited a fine abrasive wear mechanism. This study presents results that suggest a consistent relationship between processing parameters, grain size and distribution, hardness, and wear behavior in electroplated nickel. Understanding of this relationship can be applied to tailor properties and improve behavior of MEMS components. In this study nanostructured nickel samples were electrodeposited under various conditions and characterized by microstructural, mechanical and tribological properties in an effort to develop a better understanding of processing-structure-property relationship.

Fundamental investigations on the origins of friction at the nanoscale were carried out in [7] using both theoretical and experimental approaches. A model was developed that analytically solves for friction by the motion of dislocations at atomically flat crystalline interfaces.

The paper [8] reviews the properties of the electroless nickel deposits and describes successful applications.

Computer modelling can lend valuable support to experimental and theoretical research on fracture mechanisms. The paper [9] describes examples of the modelling of brittle .tracture in bcc metals, where the preference for the {100} cleavage plane can be explained, and various applications of computer modelling to the mechanisms of toughening brittle materials by ductile inclusions. Computer modelling is beginning to make important contributions to the understanding of fracture processes in metals and composite materials, in the sense that it has become possible to predict the behaviour of materials in microregions which are not, or not completely, accessible to experiment.

The study [10] describes the development of multilayer metal-dielectric graded index solar selective coatings in which the metallic volume fraction increases with depth, from top (air–film interface) to bottom (film–substrate interface). The work is based on computer simulation followed by validation through fabrication of the coatings and optical measurements.

AI matrix composites (AMCs)

Here we concentrate on metallic KM based on Al. As reinforcements can be used various substances (graphite particles [13,14], B, nanodiamond, SiC, diamond and SiC [15], TiC, Al₂O₃, ZrO₂, molybdenum coated nanotubes, etc..), But here we consider only three the possibilities: nanodiamond [12], SiC (silicon carbide) [11] and diamond with SiC [15]. Better performance has AMC with added SiC, than that of nanodiamond. The addition of SiC is preferred over ultradispersed detonation nanodiamond when it comes to increasing the strength characteristics of Al composite. For example, we will compare their melting temperatures, which are: Al (660°C), SiC (2540°C), nanodiamond (600°C). It is clear that to operate at higher temperatures is preferable to use more churlish reinforcement. In this case this is SiC. In terms of the combination of micro hardness and brittleness, must again look into SiC. Nanodiamonds are hard but brittle under load, unlike SiC. SiC microhardness is 33 GPa.

As to the densities, they are approximately equal and therefore theoretically seems equivalent: SiC $(3,2 \text{ g/cm}^2)$ and nanodiamond (about 3 g/cm²).

Lattice parameters of AI, SiC and nanodiamond are respectively equal to: 0,4 nm; 0,44 nm and 2,5 nm. Basically nanodiamond sizes are from 4 to 6 nm. But nanodiamonds are conglomerates of atoms. It is not clear how to do their incorporation into the matrix AI, so as to preserve their integrity. Embedding depends on the applied technology of obtaining composite. And in all cases, increasing the dimensionality of the solid phase makes more difficult movement of dislocations in the matrix. And this in turn leads to the increasing of strength.

It should be noted that the more small individual crystals of AI matrix, the greater is the hardness of the composite.

In the literature there are sufficient data for such a strengthening of AI with nanodiamonds (ND), diamonds and SiC.

For example (see Figure 2.) [12] with the increase of the concentration of the nanodiamond in AI composite hardness of the metal composite is also growing. For example, Fig. 3 [11] shows the variation of cumulative wear volume with normal applied loads; volume loss is increasing with increasing normal loads. Wear volume loss is maximum for pure aluminium and then decreases as the % SiC increases up to 20%. Again this trend changes for 25% SiC content because of non-uniform mixing.

The diamond/SiC/Al composites with high volume fractions and a large ratio of diamond to SiC particle size (7.8:1) were fabricated and investigated in [15]. The results show that the fine SiC particles occupy efficiently the interstitial positions around coarse diamond particles; the main fracture mechanism of the composite is matrix ductile fracture, and diamond brittle fracture was observed which confirms a high interfacial bonding strength; the diamond/SiC/Al composites with 80% and 66.7% volume fraction of diamond in the reinforcement have the higher volume fraction in the reinforcement and lower coefficient of thermal expansion compared to the diamond/Al composite. Turner and Kerner models are not in good agreement with the experimental data for the composites based on reinforcement with two phases different in shape and component. When the effect of the coating layer considered, differential effective medium (DEM) model is confirmed a reliable model in designing a composite with a given thermal conductivity based on reinforcement with two phases different in size.

Conclusion and future work

In this paper we presented an introduction to the connection of microstructure and mechanical properties of nanostructured aluminium and nickel. We see the important role of different reinforcements in the tailoring of mechanical properties of composites. In the future could be considered new and still unfulfilled combinations of various reinforcing additives to the AI and Ni matrix. Work can proceed with reinforcement of AI and Ni with three phases at the same time as reinforcements. Possible extensions of this work may be investigation of:

- consideration of all possible substances as reinforcements in AI- and Ni matrix composites, comparing their parameters and selection of the most suitable for specific applications (aerospace and other applications);

- calculation of the structural characteristics of the data and planning an experiment to verify the validity of the calculations.

Theoretical calculations can significantly contribute to determine the optimal parameters for various combinations of reinforcement phases or possible and optimal composite coatings, to obtain the desired properties and design of the composite. As in [16], where are applied ANOVA and ANN modeling techniques to optimize the parameters of AI / SiC composites. The future studies, which focus on how nanostructured materials perform and how the microstructures affect their properties, will make the process of customizing these materials easier.

References:

- 1. Kalelcheva, J., M. Kandeva, Z. Karagulozova, V. Mishev, P. Shumnallev, Investigation on wear resistance of ductile cast iron covered with nanostructured composite Nickel coatings, in Proceedings of the "A" Coatings 9-th International Conference in Manufacturing Engineering, October 2-3-4, 2011, Thessaloniki, Greece, ISBN 978-960-98780-5-0, 2011, 405-414.
- 2. K a r a g u l o z o v a, Z., J. K a l e l c h e v a, E. L u b c h e n k o, Improvement of surface properties of ductile cast irons by chemical deposition of nickel, "Nanoscience&Nanotechnology", ISSN 1313-8995, Vol. 12, 2012,117-120.
- 3. J. K a I e I c h e v a, M. K a n d e v a, V. M i s h e v, Z. K a r a g u i o z o v a, Wear resistance of austempered ductile cast iron (ADI) with nanosized additives, Tribological Journal BULTRIB, ISSN1313-9878, Vol. III, No. 03, 2013, (под печат).
- 4. Б у з е к о в а П е н к о в а, А., Програма и методика за провеждане на експеримент за изследване влиянието на открития космос върху материали на основата на дисперсноуякчена алуминиева сплав, SES 2012, (под печат).
- 5. P e n i a s h k i, T., Types of coatings and methods for their deposition on the machine tools. Some guidelines for selecting suitable materials and methods for coating, Tribological Journal, BULTRIB, Vol. II, No. 02, 2012, 258-286.
- 6. G u I d r y, D. J., Tribological behavior of nanostructured nickel, MS Thesis, Louisiana State University, May 2002, 1-59.
- 7. M e r k l e, A. P., Tribological Interfaces Studied by an Analytical Dislocation Model and In-situ Transmission Electron Microscopy, PhD Dissertation, Evanston, Illinois, June 2007, 1-152.

- 8. P a r k i n s o n, R., Properties and applications of electroless nickel, http://www.nipera.org/~/Media/Files/TechnicalLiterature/PropertiesAndApplicationsOfElectrolessNickel 10081_.pdf.
- 9. F i s c h m e i s t e r, H. F., E x n e r, H. E., P o e c h, M., K o h l h o f f, S., G u m b s c h, P., S c h m a u d e r, S., S i g l, L. S., S p i e g l e r, R., Modelling Fracture Processes in Metals and Composite Materials, Bd. 80, 1989, 12. Max-Planck-Institut fürMetallforschung, Seestr. 92, 0-7000 Stuttgart 1).
- 10. F a r o o q, M., M. G., H u t c h i n s, A novel design in composities of various materials for solar selective coatings, Solar Energy Materials & Solar Cells, Vol. 71, 2002, 523–535.
- 11. SINGLA, M., S. LAKHVIR, S., C., VIKAS, C., O Study of Wear Properties of Al-SiC Composites, Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering, Vol. 8, No.10, 2009, 813-819.
- 12. S n e e d, B.D.. Synthesis and characterization of Aluminum-nanodiamond composite powders by high energy ball milling, Thesis, December 2011, Naval Postgraduate School, Monterey, California, 2011.
- 13. IG. J. a k o u b o v s k i I, K., M. V., B a I d a k o v a b, B. H., W o u t e r s c, A., S t e s m a n s a, G. J., A d r I a e n s s e n s a, A.Ya., V u I 'b, P.J., G r o b e t c. Structure and defects of detonation synthesis nanodiamond, Diamond and Related Materials, **9**, Iss. 3-6, April-May 2000, 861-865.
- 14. P r a s a d, B.K., Structure-property relations in a hypereutectic aluminium-silicon alloy dispersed with graphite particles, J. Mat. Sci., **28**, 1993, 100-104.
- 15. X u e, C., J. K., Y e, X.M., Zhu. Thermal properties of diamond/SiC/Al composites with high volume fractions, Materials&Design, **32**, 2011, 4225-4229.
- 16. M u t h u k r i s h n a n N., J., P a u I o D a v I m. Optimization of machining parameters of Al/SiC MMC with ANOVA and ANN analysis, J. Mater. Process. Tech., **209**, 2009, 225-232.
- 17. http://en.wikipedia.org/wiki/Nickel.
- 18. Судзуки, Т., Х., Есинага, С., Такеуки. Динамика дислокаций и пластичность, Мир, Москва, 1989.
- 19. Физическое металловедение, том 1, под ред. Р. У. Кана и П. Хаазена, Мир, Металлургия, 1987.

КОМБИНИРОВАННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ СОДЕРЖАНИЯ НИТРАТОВ И РАДИАЦИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Михаил Владов¹, Анатолий Дороган¹, Даниил Украинцев¹, Петр Гецов², Георгий Сотиров², Румен Недков²

¹Молдова. г. Кишинев e-mail: office@comelpro.com ²Институт космических исследований и технологий – Болгарская академия наук e-mail: office@space.bas.bg

COMBINED METER FOR MEASUREMENT OF NITRATES AND ENVIRONMENT'S RADIATION

Mikhail Vladov¹, Anatolij Dorogan¹, Danaiil Ukraintsev¹, Petar Getsov², Georgi Sotirov², Roumen Nedkov²

¹Moldova. Chisinau e-mail: office@comelpro.com ²Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: office@space.bas.bg

Key words: combined meter, measurement, nitrates, radiation

Abstract: In paper are presented results form development of combined meter for measurement of nitrates and environment's radiation and given technical specification.

Дозиметрам и индикаторам радиоактивности посвящено множество статей в технической литературе. Мы проанализировали схемы дозиметров, опубликованные в журналах Радио, Радиолюбитель, Радиоаматор и Радиомир за последние 17 лет (некоторые из них см. в списке литературы), а также в книгах [3, 8] и попытались устранить их недостатки и максимально использовать возможности широко распространенного счетчика Гейгера СБМ-20.

Первое, что бросается в глаза в схемах [1-4, 6, 7] и многих других, это использование цифровых микросхем низкого уровня. Такой подход усложняет как схему, так и плату, и сводит всю цифровую обработку данных фактически к подсчету числа импульсов от счетчика за единицу времени. Нам известна лишь одна журнальная публикация [9], где использован микроконтроллер для обработки информации, управления преобразователем напряжения и сопряжения с ЖКИ. Однако и в ней сама обработка сводится лишь к подсчету и индикации числа импульсов в различных режимах. Мы использовали процессор фирмы Atmega, что уменьшило число цифровых микросхем до двух, и разработали специальное программное обеспечение, существенно повышающее удобство работы с прибором.

В опубликованных цифровых схемах сначала производится подсчет импульсов от счетчика за 30-60 секунд, с последующей индикацией в течении 2-10 секунд. Для показа результатов следующего измерения необходимо опять ждать окончания счета, как минимум, полминуты. В нашем устройстве запоминается число импульсов, поступивших от счетчика за каждую из последних 30 секунд, поэтому показания обновляются каждую секунду. Число импульсов поступивших за последнюю секунду заменяет соответствующее значение в списке 30-секундной давности. Затем все 30 сохраненных значений суммируются, и получается число импульсов N за последние 30 секунд, актуализируемое ежесекундно. Для перевода числа N в мкР/час следует умножить N на 120 (аппроксимация числа импульсов за час) и разделить на 78. Однако, константа 120/78 весьма близка к 3/2, что существенно упрощает вычисления. Счетчики Гейгера несомненно имеют разброс чувствительности и для обеспечения желаемой точности все дозиметры требуют калибровки в лабораторных условиях, что не всегда доступно. Поэтому дозу радиоактивности, показанную нашим прибором, можно считать ориентировочной,

что приемлемо для большинства бытовых целей.

Касательно преобразователей высокого напряжения в опубликованных дозиметрах, практически все они выполнены по схеме блокинг-генератора, работающего на частоте порядка нескольких герц. Из-за несоответствия времени подзаряда накопительного конденсатора в преобразователях и периода следования импульсов от счетчика, в некоторых схемах введена обратная связь, заставляющая блокинг-генератор вырабатывать внеочередной импульс при регистрации каждой частицы. Однако, одновибратор, управляющий блокинг-генератором в опубликованных схемах, вырабатывает импульсы с периодом в несколько десятков миллисекунд, в то время как период импульсов от счетчика при высоком уровне радиации может составлять десятые доли миллисекунды. Это может привести к падению высокого напряжения на счетчике и выводу его из рабочего режима. Хотя при отсутствии радиации такие преобразователи потребляют пару десятков микроампер, при регистрации частиц токопотребление увеличивается. К сожалению, никаких конкретных данных на этот счет в статьях не приведено.

Помимо этого, в опубликованных схемах редко обсуждалась зависимость и стабилизация высокого напряжения при падении напряжения батарей. В большинстве случаев авторы полагаются на протяженность плато рабочей характеристики счетчиков. При глубоком разряде напряжение батарей может упасть в 1.5 раза и более. Даже если напряжение на выходе преобразователя будет 450 В (верхняя граница плато для СБМ-20), то 450 / 1.5 = 300 В, в то время как нижняя граница плато для СБМ-20 составляет 350 В. Преобразователь в [9] использует ШИМ-модуляцию для стабилизации напряжения, но потребляет 50 мА тока, что существенно ограничивает его применение. В нашем приборе преобразователь тоже использует ШИМ при токопотреблении порядка 0.3 мА независимо от уровня радиации.

Предлагаемый вниманию дозиметр имеет следующие параметры:

Диапазон измеряемой дозы:	0 - 250 миллирентген/час
Напряжение питания:	2 – 3.3 В (две батареи типа АА)
Средний потребляемый ток:	0.5 мА при отключенной звуковой индикации
3 мА при включенной	
Время выхода на рабочий режим:	30 секунд
Период обновления показаний:	1 секунда

Блок-схема дозиметра показана на рисунке 1



Рис.1. Блок-схема дозиметра

Макет дозиметра, с датчиком Гейгера- Мюллера СБМ-20, показан на рисунке 2 Перед нами стояла задача упростить устройство измерения радиоактивности и выполнить ее совмещенным с измерителем нитратов. Какие преимущества дает это

совмещение?

Во первых используется один графический дисплей, один процессор, одно питание, клавиатура, а это уменьшает стоимость прибора.

Во вторых повышается удобство использования измерителей у потребителя, совмещение двух устройств в одном, удобно и легко использовать.



Рис. 2. Фото макета дозиметра с датчиком Гейгера- Мюллера СБМ-20

Было разработана блок-схема модуля дозиметра, который подключается к измерителю нитратов. Разработана программа, которая по желанию пользователя выбирается из главного меню и нитратомер переходит в режим дозиметра. Блок-схема совмещенного прибора отражена на рисунке 3.



Рис. 3. Блок-схема комбинированного измерителя нитратов и радиации окружающей среды

Принцип работы

Предлагаемый прибор работает в двух режимах:

- Режим дозиметра
- Режим нитратомера

Работа в режиме дозиметра происходит следующим образом:

Высокое напряжение порядка 400 В с генератора высокого напряжения 8 поступает на газоразрядный счетчик Гейгера 10 При таком напряжении счетчик работает в середине плато своего рабочего диапазона. При регистрации частиц на счетчике Гейгера формируется импульс отрицательной полярности амплитудой порядка 100 В, поступающий на вход формирователя импульсов счетчика 11 и дальше на микроконтроллер 2. Число поступивших за последнюю секунду импульсов сохраняется в буфере микроконтроллера. В буфере хранятся результаты последних 30 измерений, которые обрабатываются каждую секунду по специальному алгоритму перед индикацией.

При превышении дозы радиации значения 100 мкР/час прибор начинает издавать каждую секунду короткий звуковой сигнал длительностью 50 мс и частотой около 2480 Гц. Прибор реагирует на бета, гамма, а также рентгеновские лучи.

В режиме измерения нитратов прибор переходит после выбора пользователя режима «нитратомер».

Микроконтроллер формирует меандр, частота которого 1кН. Частота выбрана на базе эмпирического метода. Пример такого меандра представлен на рисунке 4



Рис. 4. Форма меандра генерируемого микроконтроллером

Далее этот сигнал проходит через измерительный зонд 4 и анализируемый продукт. Проходя через продукт, амплитуда сигнала «падает» до некоторого уровня. Это падение объясняется плохой проводимостью среды (продукта). Потом сигнал поступает в дифференциальный узел 7 и передается в микроконтроллер 2. Микроконтроллер обрабатывает сигнал и афиширует результаты на монитор 5. Для удобного управления по меню прибора предусмотрена клавиатура 6, состоящая из 5 кнопок «ВВЕРХ» «ВНИЗ» «ВЫБОР» «НАЗАД» «ВКЛ/ВЫКЛ.»

Внешний вид комбинированного прибора отображен на рисунке 5.



Рис. 5. Внешний вид комбинированного прибора

Диапазон показаний уровня радиоактивного фона, миллирентген/ч	От 0 до 250	
Регистрируемая энергия гамма-излучения, МэВ	от 0,1	
Время выхода на рабочий режим, секунд	до 30	
Индикация показаний	Непрерывная числовая и графическая	
Диапазон измерения содержания нитратов, мг/кг	от 20 до 5000	
Зремя измерения, секунд, не более	20	
Погрешность измерения, % не более	10	
Диапазон напряжения питания, В	3,4 - 4,2	
Время непрерывной работы, ч, не менее	4	
Элементы питания	Аккумуляторы	
Масса изделия (без элементов питания), не более, гр.	205	
Ток заряда аккумуляторов, не более mA	300	
Дисплей	Цветной TFT, 128x128	
Габаритные размеры, мм, не более	167 x 50 x 23	
Потребляемый ток от ЗУ, мА, не более	500	
Напряжение на выходе ЗУ, В	от 4,5 до 5,5	
Диапазон рабочих температур, °С	от 0 до +50	

Технические характеристики комбинированного прибора

Литература:

- 1. П о д у ш к и н, И. Микрорентгенометр приставка к мультиметру. Радио 2007, N 10, с. 26-27.
- 2. Бондаренко, С. Дозиметр приставка к мультиметру. Радио 2005, N 11, с. 58.
- 3. В и н о г р а д о в, Ю. А. Ионизирующая радиация: обнаружение, контроль, защита М.: Солон-Р, 2002, 224 c.
- 4. В и н о г р а д о в, Ю. О любительских дозиметрах. Радио 1992, N 10, с. 13-16.

- 5. В и н о г р а д о в, Ю. Счетчики Гейгера. Радио 1992, N 9, с. 57-58.
 6. В л а с е в с к и й, В. Цифровой радиометр. Радиолюбитель 1992, N 5, с. 27-28.
 7. К а л е н т ь е в, Ю. Портативный дозиметр-радиометр. Радиолюбитель 1991, N 1, с. 21-23.
- 8. Сидоренко, В. В., Кузнецов Ю. А., Оводенко А. А. Детекторы ионизирующих излучений на судах: Справочник. Л. Судостроение, 1984, 284с.
- 9. L a n e, R., Thompson S. PIC digital Geiger counter. Everyday Practical Electronics 2007, N 2, c. 12-19.

ДАТЧИК СОЛНЕЧНОЙ ОРИЕНТАЦИИ ДЛЯ МИКРОСПУТНИКА

Михаил Владов¹, Даниил Украинцев², Румен Недков³

¹ComTechPro-София, България e-mail: vladov@komtechpro.com ²COMELPRO- Кишинев, Молдова e-mail: office@comelpro.com ³Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките e-mail: rnedkov@space.bas.bg

Ключевые слова:микроспутник, датчик солнечной ориентации, углы направления на Солнце

Резюме: Датчик солнечной ориентации (ДСО) предназначен для определения направления на центр видимого диска Солнца в приборной системе координат. В датчике солнечной ориентации в качестве приемника излучения используется ПЗС-линейка. Каждый элемент с зарядовой связью преобразует излучение Солнца в аналоговый сигнал. Цифровая обработка элементов ПЗС-линейки позволяет определять искомое направление. По принципу построения такой датчик можно отнести к датчикам с кодирующей маской и имеет достаточно высокую точность — среднеквадратическое отклонение погрешности определения направления на Солнце составляет 3-4 угловых минуты.

SOLAR ORIENTATION SENSOR FOR MICROSATELLITES

Mihail Vladov¹, Daniil Ukraincev², Roumen Nedkov³

¹ComTechPro-Sofia, Bulgaria e-mail: vladov@komtechpro.com ²COMELPRO- Kishinev, Moldova e-mail: office@comelpro.com ³Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: rnedkov@space.bas.bg

Key words : microsatellites, solar orientation sensor, angles to the direction of the Sun

Abstract: Solar orientation sensor (VSS) is designed to determine direction towards the center of the visible solar disk in the device coordinate system. The sensor solar orientation as a radiation detector using a linear CCD array. Each element CCD converts solar radiation into an analog signal. Digital processing element CCD array allows you to define the desired direction. by the principle of construction of such a sensor can be attributed to the sensors to a coding mask and has sufficiently high accuracy - the standard deviation of error determine the direction of the sun angle is 3-4 minutes.

1. Введение

Солнце является основным навигационным ориентиром, а поэтому все спутники обязательно оснащаются приборами, получившими название солнечных датчиков (СД) или еще их называют датчиками солнечной ориентации. Первые упоминания о приборах ориентации по Солнцу в истории космонавтики относятся к первым запускам искусственных спутников Земли. Эти оптико-электронные приборы служат для поиска Солнца и формирования электрических сигналов, пропорциональных направлению на энергетический центр диска Солнца в связанной со спутником системе координат. Эти сигналы используются, затем бортовой системой управления либо для разворота спутника в процессе обеспечения его требуемой угловой ориентации на Солнце (например, для ориентации жестко закрепленных на корпусе спутника солнечных батарей или антенны радиопередатчика), либо для последующего расчета места положения спутника в пространстве. В первом случае прибор называется датчиком угловой

ориентации спутника, а во втором – датчиком углового положения Солнца. Оба типа приборов делятся еще на грубые и точные датчики [1].

Принято считать, что грубые - это датчики, с погрешностью более 5°, умеренной точности, с погрешностью от 0,5 до 5° и точные, с погрешностью менее 30 угл.мин.

Разработано множество вариантов схемотехнического исполнения CД. обеспечивающих как грубое, так и точное измерение направления на Солнце, использующих как статичные. подвижные элементы. так И Учитывая современные тенденции развития исследований Земли из космоса, включая и задачи дистанционного зондирования Земли, можно отметить что, все большее значение принимает концепция использования малых и наноспутников. Это заключение в первую очередь связано с успехами в создании высокоинтегрированной элементной базы с малыми массогабаритными показателями и энергопотреблением, которые открывают новые возможности, как для известных космических фирм, так и для многих академических вузов. Возможности по созданию малых космических аппаратов позволяющим решать сложные задачи по мониторингу околоземного пространства для различных ведомств.

Поэтому массогабаритные требования, предъявляемые к служебным системам, в том числе приборам астронавигации, становятся ключевыми при разработке таких устройств.

Особенно это характерно для аппаратуры наноспутников, микроспутников и малых аппаратов с собственной массой порядка десятков килограммов. Применение в таких спутниках традиционных высокоточных систем ориентации массой в килограмм и более становится проблематичным. Установка нескольких малогабаритных датчиков на космический аппарат снимает много проблем с режима управления и увеличивает надежность всего космического аппарата.

Во многих странах, которые имели неплохие позиции в развитии космических исследований в недавнем прошлом, сегодня имеют крайне ограниченное финансирование, которое приводит к серьезному отставанию в научных космических исследованиях в настоящее время и угрожает потерей данной отрасли вообще. Как восстановить этот паритет, не имея эквивалентного финансирования и научно-технического потенциала? Решение этой задачи при имеющихся ресурсах не позволит сравнительно в короткий срок снять эту проблему. Современные спутники имеют массу от сотен килограммов до нескольких тонн. Стоимость каждого составляет десятки и сотни миллионов долларов. Решение задачи возможно при создании недорогих малогабаритных спутников, наноспутников, имеющих массу до нескольких десятков килограммов при стоимости в 30...100 раз ниже стоимости современных спутников, но обеспечивающих такие же характеристики, что и современные космические аппараты.

Данная статья представляет собой результаты работы по созданию миниатюрного датчика солнечной ориентации, который предназначен для установки на микро- и наноспутники.

Работа базируется на исследованиях изложенных в [2] из Института космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН), Москва, в котором в качестве приемника излучения используется ПЗС-линейка. К достоинствам этого выбора следует отнести высокие точностные характеристики и широкий угол поля зрения при относительной простоте аппаратных средств.

2.Современное состояние

На мировом рынке космического приборостроения, представлен широкий спектр приборов ориентации по Солнцу, где можно найти пример реализации солнечного датчика, относящегося к одному или нескольким из приведенных типов. Например, к датчикам грубой ориентации можно отнести солнечный датчик производства американской компании One Stop Satellite Solution (OSSS). Точность прибора составляет 10°. При этом прибор имеет сферическое поле зрения. Широкий спектр приборов ориентации по Солнцу представлен на зарубежном рынке компаниями: Ball Aerospace (США), Galileo Avionica (Италия), Draper Laboratory (США), Goodrich (США), Jena-Optronik (Германия), TNO-TPD (Нидерланды) и Sodern (Франция). Этими фирмами разработаны приборы ориентации по Солнцу различного назначения, относящиеся к каждому из приведенных классов точности.

Российский рынок приборов ориентации по Солнцу представляют оптические солнечные датчики (ОСД), разработанные и изготовленные ИКИ РАН, блоки определения координат Солнца (БОКС) производства ФГУП НПП «ОПТЭКС», а также приборы ориентации по Солнцу других российских производителей: предприятия «Геофизика – Космос» (г. Москва) и «Лэптон» (г. Зеленоград).

Направление на Солнце, как опорное, используется в системах ориентации космических аппаратов (КА) с самого начала их существования. Практически все спутники и межпланетные КА имеют в составе навигационного оборудования датчики солнечной ориентации. Изначально такие датчики статического типа представляли собой набор из простых фотоэлектрических преобразователей (ФЭП), размещенных на куполе, и давали возможность прибору ориентации на Солнце (ПОС) видеть едва ли не во всех направлениях одновременно, так называемая фасетка [3]. Базовым элементом любого фасеточного датчика солнечной ориентации является пара ФЭП планарного типа, которые размещены по бокам равнобочной трапеции под одинаковым наклоном к базовой плоскости симметрично друг другу. Угол поля зрения и точность определения направления на Солнце существенно зависели от количества и типа ФЭП. К преимуществам датчиков фасеточной конструкции можно отнести очень малые массу и энергопотребление; одновременный анализ результатов измерений и автономный контроль функционирования; отсутствие принципиальных ограничений по реализации двухкоординатных широкоугольных и автономных ПОС. Перспективность использования таких датчиков показана в [4].

Начиная с 1970 г., несмотря на усложнение конструкции ПОС, широкое применение получают системы «проекционного» типа, использующие ограничение светового потока диафрагмами разного вида [1, 5]. Отличительными особенностями нового поколения приборов солнечной ориентации можно назвать широкое внедрение последних достижений микроэлектроники и вычислительной техники:

- микропроцессоров, других ИМС большой степени интеграции, многоэлементных приемников - матрицы и линейки ПЗС;

- широкое использование в приборах программных методов обработки информации.

Благодаря реализации перечисленных технических решений и мероприятий приборы нового поколения в сравнении с предшествующими обладают в несколько раз лучшими показателями по таким основным характеристикам как точность, масса, срок службы.

Также следует отметить, что в последнее время использование системы глобального позиционирования (GPS) для низкоорбитальных спутников [6], позволяет дать чрезвычайно высокую точность в определении координат спутника.

3. Принцип работы

Принципы работы солнечного датчика с ПЗС-линейкой подробно описаны в статье [2]

Кратко изложим основные моменты. Каждый элемент с зарядовой связью преобразует излучение Солнца в аналоговый сигнал. Цифровая обработка элементов ПЗС-линейки позволяет определять искомое направление.

По принципу построения такой датчик можно отнести к датчикам с кодирующей маской. Датчик солнечной ориентации сочетает в себе преимущества датчиков точной ориентации минутную точность и датчиков грубой ориентации — широкое поле зрения. Оптический солнечный датчик включает следующие составные части: оптический элемент, ПЗС-линейку, аналого-цифровой преобразователь, сигнальный процессор, устройство интерфейса и источник вторичного электропитания. Принцип работы прибора проще изложить, опираясь на модель датчика с кодирующей маской, состоящей из трех щелей. В оптическом элементе имеются три щели, расположение которых показано на рис. 1, при этом крайние щели образуют с центральной щелью угол 45°. Поверхность оптического элемента и центральная щель задают внутреннюю систему координат солнечного датчика. Солнечное излучение, проходя через оптический элемент, формирует изображение трех щелей на чувствительной поверхности ПЗСлинейки.



Рис. 1. Расположение щелей в оптическом элементе

По положению центральной группы щелей на ПЗС-линейке относительно центрального пиксела линейки можно определить угол Солнца в плоскости *OZX* (рис. 2), по расположению изображений крайних щелей относительно изображения центральной щели можно определить угол Солнца в плоскости *OZY*.



Рис. 2. Изображение щелей на ПЗС-линейке

Оптический солнечный датчик с использованием ПЗС-линейки и кодирующей маски обладает высокими точностными характеристиками и широким углом поля зрения при относительной простоте аппаратных средств. Два угла направления на Солнце \mathcal{E}_x и \mathcal{E}_y рассчитываются по следующим формулам:

(1)
$$\varepsilon_x = \operatorname{arctg} \frac{t_2}{f}; \quad \varepsilon_y = \operatorname{arctg} \frac{(t_1 + t_3) - 2t_2}{2f}$$

где *f* — расстояние от кодирующей маски до ПЗС-линейки;

t1, t2, t3 –абсцисса центров изображения щелей.

В принципе, для определения направления на Солнце достаточно изображений щелей одной крайней и центральной группы, но для увеличения угла поля зрения используют три щели. Далее изображение с ПЗС-линейки квантуется с помощью АЦП и записывается в память сигнального процессора. Процессор вычисляет направления на Солнце и передает полученную информацию в бортовой вычислительный комплекс спутника.

Объектами, влияющими на работоспособность ОСД при эксплуатации на борту космического аппарата (КА), являются частицы, подсвеченные Солнцем и протоны, образованные при солнечной вспышке на Солнце. Эти объекты могут привести либо к значительным погрешностям в определении углового положения Солнца, либо к потере ориентации. Для повышения помехозащищенности прибора используется троирование щелей, как показано на рис. 3.



Рис. 3. Расположение щелей девятищелевого датчика: d — минимальное расстояние между группами щелей; d1 — расстояние между левой и центральной щелями в группе; d2 — расстояние между центральной и правой щелями в группе

4.Описание работы ДСО

Блок схема датчика солнечной ориентации представлена на рисунке 4.



Рис. 4. Блок-схема оптического солнечного датчика

Основными составными частями ДСО являются:

- ПЗС-линейка;
- АЦП;
- Устройство сбора и передачи данных на базе ПЛИС;
- Накопительное устройство на базе ФЛЭШ
- Интерфейсный узел RS-422/RS-485;
- Вторичный источник питания;
- Датчик температуры.

Сопряжение с подсистемой управления спутника осуществляется через интерфейс RS-422/RS-485. Питающее напряжение на входе ДСО – 12 В. Реализованный в схеме оптического датчика вторичный источник формирует требуемые питающие напряжения: 5 В, 3,3 В, 1,5 В. В. качестве ПЗС линейки выбрана KLI-2113. Линейные датчики ПЗС компании Kodak обладают высокой разрешающей способностью, широким динамическим диапазоном, высокой чувствительностью и минимальным темновым током. ПЛИС устройства сбора и передачи данных обеспечивает формирование сигналов управления и синхронизации KLI-2113. Результаты сбора данных могут накапливаться в накопительном устройстве для последующей обработки и передачи системе управления. Интерфейс сопряжения с системой управления реализуется на базе интерфейса RS-485 (микросхемы AD1485). Преобразование сигналов с каждого из каналов линейки осуществляется с помощью АЦП. Преобразование сигналов с каждого из каналов линейки осуществляется с помощью АЦП AD7276BRM ANALOG DEVICES. Данная микросхема АЦП осуществляет преобразование с частотой до 3 Мвыборок /с. Разрядность – 12 бит. Накопительное устройство реализовано с помощью микросхем FLASH памяти K9WAG08U1M SUMSUNG (2К Гбайт). Угол обзора ДСО составляет 60°x120°. Разработанная схема модуля управления ДСО обеспечивает возможность подключения одновременно 2-х трехканальных ПЗС-линеек, что позволяет реализовать ДСО с двумя головками и соответствующим расширением угла обзора до 120°x120°.

На рисунках 5 и 6 показаны фотографии макета датчика солнечной ориентации в сборе и в разобранном виде.





Рис. 5. Фото макета ДСО в сборе

Рис. 6. Фото макета ДСО разобранном виде

Проект для ПЛИС (EP1C6T144 I7-6 ALTERA) реализован на базе Программы OrCad и включает в себя следующие составные части:

- Схема формирования сигналов управления и синхронизации сбора данных и сопряжения с АЦП;

- Схема сопряжения с накопителем данных;

- Схема сопряжения с подсистемой управления;

- Схема сбора телеметрии.

Схема телеметрии обеспечивает сопряжение с многоканальным АЦП (микросхема AD7812YRU), преобразующим в цифровую форму сигналов от контролируемых источников напряжения: 12 B; 5 B; 3,3 B; 1,5 B. Для сопряжения с АЦП используется SPI-интерфейс.

В качестве датчика температуры используется микросхема LM73CIMK-0 NATIONAL SEMICONDACTOR. Датчик температуры используется для контроля температурного режима линейки. Допустимый диапазон ее функционирования от -20°C до +80°C.

В случае несоответствия текущего температурного режима линейки допустимому диапазону осуществляется отключение питания датчика.

Кроме того показания датчика температуры используются для осуществления температурной коррекции результатов измерений, проводимых с помощью линейки с целью обеспечения повышения их точности.

5. Результаты экспериментальных работ с ДСО

Имитатор солнца размещается под различными углами по отношению к солнечному датчику в плоскости XOZ с помощь поворотного устройства (углы ±15°, ±30°, ±45°, ±60°). В каждом варианте осуществляется запись информационного потока от ДСО через интерфейс RS-485 и Ethernet в ПК. В результате обработки с помощью ПО формируется файл графического изображения, на которых можно просмотреть изображение кластеров, полученных с ДСО. Пример графического изображения сигнала показан на рис.7.



Рис. 7. Пример графического изображения сигнала зарегистрированного с помощью ПЗС-линейки

На втором этапе экспериментальных работ с помощью перемещения источника излучения в плоскости ХОҮ осуществляется проверка работы ДСО при излучении под углами (0°, ±10°, ±20°, 30°). Далее аналогично с первым этапом осуществляется запись ИИ и ее обработка с помощью ПК. Сначала с помощью ПО для ДЗЗ, а затем, с помощью ПО для ОСД непосредственно.

С помощью программного обеспечения (ПО), разработанного специально для ОСД, производится оценка угла расположения источника излучения в плоскости ХОZ и формируется табличный протокол. Дополнительно регистрируются графические изображения сигналов, зафиксированных датчиком ОСД, а также изображения кластеров пикселей ПЗС-линейки в зависимости от интенсивности и угла освещения. На рис. 8 представлены изображения щелей, полученные в результате изменения угла освещения датчика ДСО в плоскости ХОY (перемещение источника излучения вдоль оси Y). Наблюдается смещение изображений кластеров освещенных пикселей относительно центра датчика.



0 °



+30 °







+60°

Рис. 8. Изображение щелей при изменении угла освещения в плоскости XOZ

В ходе проведенных экспериментальных работ, получены значения абсолютной погрешности порядка 15-20 угловых минут. Для дальнейшего улучшения точности измерения, позволяющего измерить среднеквадратическое отклонение погрешности определения направления на Солнце в 3-4 угловых минуты необходимо совершенствование рабочего места.

Выводы:

1. Проведенные экспериментальные исследования ДСО подтвердили возможность измерения углов ориентации по отношении к солнцу с использование системы на базе одной ПЗС-линейки с достаточно высокой точностью. Прослеживается четкая зависимость изменения

размещения принимаемого сигнала в плоскостях XOZ и XOY в зависимости от угла поступления оптического сигнала.

2. Точность проводимых измерений решающим образом зависит от точности геометрической установки ПЗС-линейки, относительно оптической головки (щелевой маски). Наблюдающие в результатах проведенных экспериментов погрешности, как правило, вызваны недостаточной точностью установки углов для источника размещения и ДСО, обеспечиваемой используемыми на стенде техническими средствами.

3. Для обеспечения правильной обработки оптического сигнала должны быть учтены результаты энергетического расчета системы излучатель (солнце) – приемник (ПЗС-линейка). Слишком мощный оптический сигнал засвечивает изображение. Слишком слабый сигнал сложно корректно зарегистрировать и обработать. Для проведения измерений в области углов более 50° необходимы специальные алгоритмические решения.

4. Необходимо дополнительно выработать алгоритмические решения в части обеспечения надежности проведения измерений, для чего использовать:

- избыточность многощелевой системы, наличие информации от нескольких линеек;
- информацию о предварительной (менее точной) ориентации, например с помощью магнитной системы или от предшествующих этапов ориентации с помощью ДСО для выбора оптимального режима регистрации измерительной информации;
- результаты предварительного анализа измерительной информации для выбора оптимального режима обработки (величину порога по амплитуде сигнала и по ширине кластера).

Литература:

1.Черемухин, Г.С. Приборы ориентации на Солнце. М.: Техпромиздат, 1998.

- 2. Дроздова, Т. Ю., И. Ю. Катасонов, А. В. Никитин. Программно-алгоритмическое обеспечение оптического солнечного датчика// Сборник трудов первой Всероссийской научно-технической конференции «Современные проблемы определения ориентации и навигации космических аппаратов», Таруса, 2008. М. ИКИ РАН, 2009. с. 90-103.
- 3. Г л и б е р м а н, А. Я., Б у р м и с т р о в а Л. В. Использование кремниевых фотопреобразователей в солнечных датчиках ориентации // Гелеотехника. 1973. № 3. С. 7–15.
- 4. К о т ц о в, В. А., Г л а з к о в В. Д. Солнечный датчик с интеллектуальными способностями // Космическое приборостроение. Координатно-временные системы с использованием космических технологий. Приборы для космических исследований планет и Земли: Сб. тр. по результатам выездного семинара / Под ред. Р.Р. Назирова, Таруса, 2006. М.: ИКИ РАН, 2007. С. 114–119.
- 5. В и триченко, Э. И., Щербаков В. В. Солнечный датчик. А. с. 1779932 СССР G 01 С 21/24. Бюл. изобретений. № 45. 1992.
- 6. R o s s e a u, G. L., J. B o s t e I, B. M a z a r i, "Star recognition algorithm for APS start tracker", IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine Vol.20, Issue 2, pp. 27-31, February 2005.

ВЛИЯНИЕ НА СЪОТНОШЕНИЕТО ЗЕЛЕНА / СИНЯ СВЕТЛИНА ВЪРХУ ФИЗИОЛОГИЯТА НА ЛИСТНА ЦИКОРИЯ ПРИ RGB ОСВЕТЛЕНИЕ

Илияна Илиева¹, Йордан Найденов¹, Таня Иванова¹, Иван Дандолов¹, Емилия Гешева², Веселина Ненова²

¹Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките ²Институт по физиология на растенията и генетика – Българска академия на науките e-mail: iliana_ilieva@space.bas.bg

Ключови думи: космическа оранжерия, светодиодно осветление, зелена/синя светлина

Резюме: Конструиран е Блок за осветление на енергоспестяващи мощни светодиоди (БО-LED) като перспективен светлинен източник както за космическите оранжерии (КО), така и за бита. Проведени са два едномесечни експеримента с растението листна цикория в Лабораторния макет на КО СВЕТ-2 за изследване на влиянието на процентното съотношение **зелена/синя** светлина в RGB спектъра и определяне на оптималните светлинни параметри. Растенията са отгледани при еднакъв интензитет на светлината 220 µmol·m⁻²·s⁻¹, но при различни спектри: 1) 70% червена, 20% зелена и 10% синя светлина (съотношение **2:1**) и 2) 70% червена, 10% зелена и 20% синя светлина (съотношение **1:2**). След сравняване на резултатите от анализа на растенията от двата експеримента – морфометричните характеристики (свежо и сухо вещество) и хлорофилната флуоресценция, бе установено, че характеристиките на растенията отгледани при преобладаваща синя светлина в спектъра са по-добри.

EFFECT OF THE GREEN / BLUE LIGHT RATIO ON THE PHYSIOLOGY OF RADICCHIO UNDER RGB LIGHTING

Iliana Ilieva¹ Yordan Naydenov¹, Tania Ivanova¹, Ivan Dandolov¹, Emilia Gesheva², Vesselina Nenova²

¹Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
²Institute of Plant Physiology and Genetics – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: iliana_ilieva@space.bas.bg

Keywords: space greenhouse, LED lighting, green/blue light ratio

Abstract: A light module based on high power LEDs (BO-LED), as a promising energy saving light source for space greenhouses (SG) and household was designed. Two one-month experiments with leaf chicory plants were carried out in the laboratory mockup of the Space Greenhouse SVET-2 in order to evaluate the impact of the **green/blue** light ratio in the RGB spectrum and to determine the optimal light parameters. Plants were grown under the same light intensity 220 µmol·m²·s⁻¹, but with different spectra: 1) 70% red, 20% green and 10% blue light (**2:1** ratio) and 2) 70% red, 10% green and 20% blue light (**1:2** ratio). After comparing the results of the plants analysis from both experiments – morphometric characteristics (fresh and dry weight) and chlorophyll fluorescence, it was found that plants grown under higher percentage blue light in the spectrum have better characteristics.

Въведение

Осветлението на светодиоди (LED - Light emitting diodes) се наложи като перспективен светлинен източник не само в бита, но и в космоса заради многото си предимства пред останалите изкуствени източници на осветление – консумация на малко енергия, малки размери, продължителен период на експлоатация, голяма надеждност и безопастност при

работа. Червени и сини светодиоди са използвани при конструирането на Блоковете за осветление на Космическите оранжерии (KO) Astroculture - летяла на Space Shuttle и Advanced Astroculture - летяла на борда на Международната космическа станция [1, 2]. Планира се КО за бъдещите дългосрочни полети на човека до Марс, да са със значително по-голяма площ и да използват Блокове за осветление на светодиоди, за чиято разработката се изисква продължителни изследвания с различни видове култури за подбор на оптимални параметри и ефективно осветление [3].

Конструираните досега Блоковете за осветление за КО са на червени и сини светодиоди, които по принцип са достатъчни за растежа и развитието на растенията, но много наземни изследвания показаха, че добавянето и на зелена светлина в спектъра оказва положително влияние върху развитието на растенията [4]. Блокът за осветление на сини, зелени и червени светодиоди (БО-LED) разработен за Космическа оранжерия СВЕТ (КО СВЕТ) предоставя много възможности за изследвания, свързани с установяване влиянието на спектъра и интензитета на светлината върху растежа и развитието на растенията.

Експериментите ни досега бяха насочени към изследване влиянието на интензитета на светлината при конкретен спектрален състав. Резултатите показаха по-добри морфометрични и фотосинтетични характеристики за растението листна цикория, както при по-ниския интензитет на светлината – 220 µmol·m⁻²·s⁻¹, в сравнение с 400 µmol·m⁻²·s⁻¹ при спектър 70:20:10% RGB [5], така и при по-високия интензитет – 288 µmol·m⁻²·s⁻¹, в сравнение с 144 µmol·m⁻²·s⁻¹ при спектър 50:15:35% RGB [6]. Възможностите на БО-LED позволяват да бъдат задавани и спектри с вариращи съотношения между червената, синята и зелената светлини.

Цел на настоящето изследване е да установи влиянието на съотношението **зелена** / *синя* светлина в RGB спектър с фиксиран дял на червената светлина при интензитет 220 µmol·m⁻²·s⁻¹ върху морфометричните и фотосинтетични характеристики на растението листна цикория.

Експериментална постановка

Експериментите са проведени в климатизираната Лабратория за биотехнологични изпитания на секция "Космически биотехнологии" при ИКИТ-БАН. Експерименталната установка е прототип на КО СВЕТ, в която 10 години са провеждани експерименти с растения на Орбиталнатата станция МИР (1990-2000) за изследване влиянието на микрогравитацията върху растежа и развитието на висши растения [7].

Лабораторната установка на КО CBET (фиг. 1-А) се състои от Камера за отглеждане на растения, оборудвана с датчици за измерване параметрите на средата във въздушната и кореновата зони. За събиране и обработка на данните от тях е използван персонален компютър с вграден многофункционален PCI контролер ME-4610. Самостоятелен Блок управление (вградена микрокомпютърна система) задейства автоматично изпълнителните механизми на КО CBET - продължителност на осветяване (фотопериода) и подаването на вода.

В Камерата е вграден Коренов модул с изкуствена почва - субстрат Балканин, използван за отглеждане на растенията и в космоса. Представлява природен зеолит, добиван от находището в Бели пласт, Кърджали, обогатен с минерални елементи [8]. Тръбна хидроаеросистема, помпа и вентили осигуряват автоматично желания воден режим.

БО-LED е подвижен и може да бъде фиксиран в Камерата на различни разстояния от вегетационната повърхност. Той е изпълнен на мощни монохроматични светодиоди и е със собствен захранващ блок и програматор за управление.

БО-LED е изграден от три типа светодиоди Cree[®] XLamp[®] 7090 серия XR, емитиращи монохроматична светлина в червената, зелената и синята области на видимия спектър [9]. Доминантните дължини на вълната са в следните диапазони: R – 620-635 nm; G – 520-535 nm; B – 465-475 nm. Режимът на работа на БО-LED се обезпечава от програматор по DMX протокол. Интензитетът и спектралното съотношение между трите области на генерираната светлина може да варира в широки граници, като при R(0-100%)+G(0-20%)+B(0-50%) може да се постигне максимална плътност на светлинния поток от 400 µmol·m⁻²·s⁻¹ на разстояние 20 ст. Това позволява изследвания при различни параметри на светлината – интензитет и спектрално съотношение, с цел да бъдат подбрани най-ефективните за съответната растителна култура.

Проведени са два отделни едномесечни експеримента с растение листна цикория *Cichorium intybus* L. subsp. *intybus* (Foliosum Group) cv. Bianca di Milano, отгледано при различни параметри на светлината (фиг. 1-B,C). БО-LED и при двата експеримента е позициониран на 20 cm над посевната повърхност и е с интензитет на светлината 220 µmol·m⁻²·s⁻¹, като спектърът е с постоянен дял на червената светлина (70%), а съотношението на зелената към синята светлина се променя съответно **2:1** (20% зелена и 10% синя светлина) и **1:2** (10% зелена и 20% синя светлина), съответно при първия и втория експеримент. В Таблица 1 са дадени точните данни за интензитета на RGB светлината при съответните процентни съотношения. Растенията са отгледани при температура – 18-20°С, относителна влажност на въздуха – 60-70% и фотопериод – 16h ден / 8h нощ.

Таблица 1. Интензитет на отделните спектрални съставки в RGB осветление

Спектър на RGB светлината (%)	70:20:10	70:10:20
Интензитет на червената светлина [µmol·m ⁻² ·s ⁻¹]	154	154
Интензитет на зелената светлина [µmol·m ⁻² ·s ⁻¹]	44	22
Интензитет на синята светлина [µmol·m ⁻² ·s ⁻¹]	22	44
Общ интензитет на светлината [umol·m ⁻² ·s ⁻¹]	220	220



Фиг. 1. (A) Лабораторният макет на КО СВЕТ. (B) Растения листна цикория при спектър 70:20:10 RGB. (C) Растения листна цикория при спектър 70:10:20 RGB.

Анализ на растенията

Морфометрични характеристики

Свежото тегло на надземната част на растенията (листата) е измерено на аналитична везна (Sartorius - PT 120, Germany) веднага след вземане на пробата, броят на развитите листа е преброен и е измерена височината.

За определяне на съдържанието на сухо вещество в листата на растенията е взета средна проба от 5 растения. 1g свеж материал е поставен в тегловно стъкло и фиксиран в сушилня при 105°С за 4h, след което е сушен при 60°С до постоянно тегло.

Измерване на хлорофилна флуоресценция

Хлорофилната флуоресценция е измерена на листни дискове взети от трети лист при стайна температура с импулсно амплитудно модулиран флуориметър (PAM 101-103, Waltz, Effeltrich, Germany). Данните за флуоресценцията са записани и обработени с програма FIP 4.1, QA Data, Turcu, Finland [10]. От получените данни са изчислени следните показатели: активност на Фотосистема II – Ф_{PS2}=(Fm'-F)/F и нефотохимично гасене – NPQ=(Fm-Fm')/Fm'.

Получените резултати са обработени статистически по метода на едномерния дисперсионен анализ при P = 0.05.

Резултати и дискусия

Различното съотношение на синята и зелената светлина в RGB спектъра оказа влияние върху нарастването във височина и синтеза на свежа биомаса при изследваното растение листна цикория. Растенията отгледани при спектър с по-голям дял на синята светлина са повисоки (фиг. 2-А) и с повече свежа биомаса (фиг. 2-В). От друга страна варирането в съотношението зелена / синя светлина не оказа влияние върху синтезираното сухо вещество в растенията (фиг. 2-С).



Фиг. 2. (A) Височина, (B) Свежо тегло и (C) Сухо вещество на растение листна цикория, отгледано при RGB светлина със спектрален състав 70:20:10 и 70:10:20, и интензитет 220 µmol·m⁻²·s⁻¹.

Фотосинтетичните характеристики на растенията при съотношение 1:2 зелена/синя светлина са по-добри, определени въз основа активността на Фотосистема II – Ф_{FSII} (фиг. 3-А). При този спектрален състав светлината индуцира и по-слаба фотозащита, отчетена чрез пониското ниво на показателя Нефотохимично гасене – NPQ (фиг. 3-В).



Фиг. 3. **(A)** Активност на Фотосистема II (Ф_{FSII}), **(B)** Нефотохимично гасене (NPQ) на растение листна цикория, отгледано при RGB светлина със спектрален състав 70:20:10 и 70:10:20, и интензитет 220 µmol·m⁻²·s⁻¹.

Растенията възприемат светлинните сигнали от заобикалящата ги среда посредством три групи фоторецептори – фитохроми (в червената и FR области от спектъра), фототропини и криптохроми (в UV и синята области от спектъра) [11,12]. Фоторецептори, които възприемат зелената светлина все още не са установени, но се предполага че тя се възприема от фототропините и криптохромите, поради което има основание да се допуска взаимодействие между синята и зелената светлини. Реверсивно влияние на зелената светлина върху индуцирано от синята светлина отваряне на устицата е установено при растенията Vicia faba, Commelina communis, Pisum sativum, Nicotiana glauca, Arabidopsis thaliana, Nicotiana tabacum, Allium сера, Hordeum vulgare, като зелената светлина не индуцира наблюдавания ефект самостоятелно, а само в присъствието на синя светлина, и максимална реверсия се постига при съотношение на зелена към синя светлина 2:1 [13]. Получените резултати от нашето изследване също показват влияние на комбинирана синя и зелена светлина. проявяващо се в 4 пъти по-малко синтезирана биомаса и 2 пъти по-слаб интензитет на фотосинтезата при спектър със съотношение зелена / синя светлина 2:1 при растение Cichorium intybus. Тези резултати насочва вниманието към внимателен подбор на съдържанието на зелена светлина в спектъра на светодиодното осветление при отглеждането на растения в контролирани условия, тъй като могат да се отключат нежелани физиологични ефекти.

Литература:

- Barta, D. J., T. W. Tibbitts, R. J. Bula, R. C. Morrow. Evaluation of Light-Emitting Diode Characteristics for a Space-Based Plant Irradiation Source, *Advances in Space Research*, 1992, Vol. 12, No. 5, pp. 141-149.
- 2. Link, B. M., S. J. Durst, W. Zhou, B. Stanković. Seed-to-seed Growth of Arabidopsis thaliana on the International Space Station, Advances in Space Research, 2003, Vol. 31, No. 10, pp. 2237-2243.
- Ivanova, T. N., I. I. Ilieva, Y. N. Naydenov, V. N. Sychev, M. A. Levinskikh. "Greenhouse-Mars" Project: New Light-Emitting Diode Module Tests, *Proceedings of the Conference "Fundamental Space Research*", 23-28 September 2008, Sunny Beach, Bulgaria, 2008, pp. 291-294.
- 4. Kim, H-H., G. D. Goins, R. M. Wheeler, J. C. Sager. Green-light Supplementation for Enhanced Lettuce Growth under Red- and Blue-light-emitting Diodes, *HortScience*, 39(7), 2004, pp. 1617-1622.
- II i e v a , I., T. I v a n o v a , Y. N a y d e n o v , I. D a n d o l o v , D. St e f a n o v . Plant Experiments with Light-Emitting Diode Module in SVET Space Greenhouse, *Advances in Space Research*, 2010, Vol. 46, No. 7, pp. 840-845.
- Ilieva, I., Y. Naydenov, T. Ivanova, I. Dandolov, D. Stefanov, E. Gesheva. Morphometrical Characteristics and Photosynthetic activity of Radicchio under RGB LED Lighting, Proceedings of the Seventh Scientific Conference with International Participation "Space, Ecology, Safety" (SES 2011), 29 November - 1 December 2011, Sofia, Bulgaria, 2012, pp. 119-124.
- 7. I v a n o v a T. Greenhouse Aboard Mir Shows Plants Can Thrive in Space, 21st CENTURY Science and Technology, Vol. 15, 2, 2002, pp. 39-47.
- 8. Ivanova, T., I. Stoyanov, G. Stoilov, P. Kostov, S. Sapunova. Zeolite Gardens in Space, *Natural Zeolites Sofia'95*, Pensoft Publishers, Sofia-Moscow, 1997, pp. 3-10.
- 9. Ivanova, T., I. Dandolov, I. Ilieva, Y. Naydenov, M. Levinskih, V. Sychev. New LEDs Light Module developed on "Greenhouse-Mars" Project, *Aerospace Research in Bulgaria*, Vol. 23, 2009, pp. 85-102.
- T y y s t j ä r v i , E., J. K a r u n e n . A Microcomputer Program and Fast Analog to Digital Converter Card for the Analysis of Fluorescence Induction Transients, *Photosynthesis Research*, 1990, Vol. 26, pp. 127-132.
- 11. B a t s c h a u e r , A. Photoreceptors of Higher Plants, *Planta*, Vol. 206, pp. 479-492, 1998.
- 12. Briggs, W. R., M. A. Olney. Photoreceptors in Plant Photomorphogenesis to Date. Five Phytochromes, two Cryptochromes, one Phototropin, and one Superchrome, *Plant Physiology*, Vol. 125, pp. 85-88, 2001.
- Talbott, L. D., G. Nikolova, A. Ortiz, I. Shmayevich, E. Zeiger. Green Light Reversal of Blue-light-stimulated Stomatal Opening is Found in a Diversity of Plant Species, *American Journal of Botany*, 2002, Vol. 89, No. 2, pp. 366-368.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА КАПИЛЯРНОТО ИЗДИГАНЕ НА ВОДА В ИЗКУСТВЕНИ ПОЧВИ С ПОМОЩТА НА НИСКОЧЕСТОТЕН КАПАЦИТИВЕН ДАТЧИК

Пламен Костов

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките e-mail: plamen_kostov@space.bas.bg

Ключови думи: капацитивен датчик, съпротивителен датчик, космически експеримент "Субстрат", въздушно-сух зеолитен субстрат "Балканин", капилярно издигане на вода.

Резюме: В космическите оранжерии се използват заместители на природните почви – субстрати. Данни за капилярно издигане на вода, впръскана във въздушно-сух субстратен обем в условия на микрогравитация бяха събрани по време на космически експеримент "Субстрат". Космонавтът отчиташе визуално динамиката на процеса. При друго изследване беше използвана фотокамера за регистриране на водния фронт. За да се повиши точността при определяне на височината на фронта беше проектиран капацитивен датчик за регистриране на капилярната вода. Резултатите показват, че датчикът регистрира по-високи показания до 11 mm от заснетите с фотокамерата. Допълнителен експеримент с 8-иглен съпротивителен датчик потвърди хипотезата, че част от микрокапилярите на субстрата издигат водата по-бързо и невидимо от останалите. Докладвани са техническите данни на двата нови датчика и са представени резултатите от лабораторните експерименти.

EXPERIMENTAL STUDY ON THE CAPILLARY RISE OF WATER IN ARTIFICIAL SOILS BY LOW-FREQUENCY CAPACITANCE PROBE TECHNIQUE

Plamen Kostov

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: plamen_kostov@space.bas.bg

Key words: capacitive sensor, resistive sensors, "Substrate" space experiment, "Balkanine" air-dry zeolite substrate, capillary rise of water.

Abstract: Root substrates as substitutes for the natural soils in space greenhouses are commonly used. Data on capillary rise of water sprayed in air-dry substrate volume in microgravity were collected during the "Substrate" space experiment. The process dynamics was registered by the astronauts visually. In another study photo-camera was used to record the capillary front. To improve the accuracy in determining the height of the front capacitive sensor for capillary water registration was designed. The results show that the sensor registers higher levels up to 11 mm in comparison with camera-captured levels. Additional experiment with 8-pin resistive sensor confirms the hypothesis that a part of the micro-capillary water rises faster and invisible than visible waterfront. Technical data of the two new sensors and the results of laboratory experiments are reported.

Въведение

Субстратът е важна част от космическата оранжерия (КО). Способността на субстрата да доставя вода и хранителни вещества на корените по капилярен път е първостепенен фактор при неговия избор. За определяне на хидродинамичните свойства на кандидатите за космически субстрати се провеждат експерименти на Земята (1-g) и в безтегловност (0-g).

На орбиталната станция (ОС) "Салют-7" и в Института по медико-биологични проблеми (ИМБП), Москва, бяха проведени два експеримента "Субстрат" за изучаване на субстрат "Балканин". Резултатите са публикувани в [1]. Космонавтът наблюдава движението на водния фронт и записва данните за височина и време в бордовия дневник. Периодично, относително

равномерно по време (28 часа), космонавтът е отчитал височината на фронта. Запис на данните от експеримента в ИМБП е правен в рамките на работния ден. Може да се отбележи малкият брой (5-8) на регистрираните нива за всеки експеримент.

Данни от по-късни лабораторни изследвания на капилярни явления в субстрат "Балканин", регистрирани с помощта на фотокамери, са докладвани от Костов в [2]. Основен проблем и при двата метода (визуален и фото регистрация) обаче остава незадоволителната точност при определяне на текущата средна височина на водния фронт [2].

Автоматизирането на процеса на регистрация ще освободи екипажа (лаборанта) от продължително обслужване на експеримента. Използването на други методи и средства за достоверна регистрация на водните нива трябва да реши проблема с точността на измерването. Цел на дискутирания проект е създаването на датчик за изследване на капилярни свойства на порести среди, в частност субстрати, за целите на космическото растениевъдство.

Методи и материали

ТЕОРЕТИЧНА ПОСТАНОВКА

Методите, които се използват за отчет и регистрация на описаните по-горе явления са: 1. визуален отчет и текущо фото-заснемане; 2. електронни методи – а) "точкови" – съпротивителни, капацитивни, топлинни; б) обемни – капацитивни нивомери.

Експериментът "Субстрат" в микрогравитация показа, че формата на водния фронт в използваните правоъгълни съдове е куполообразна. За целите на настоящото изследване е използвана цилиндрична боросиликатна Бехерова чаша 400 ml. Върху външната стена на съда е нанесено електропроводимо покритие, служещо за външен електрод. По оста в съда е поставен тънък цилиндричен електрод. В съда е насипан изследвания субстрат. Описаните детайли образуват цилиндричен кондензатор с два диелектрика – субстрата и стената на чашата. Основните зависимости за капацитета на цилиндричен кондензатор (цилиндрична чаша с централен и външен електроди) са разгледани в електротехническата литература [3].



R1 – радиус на вътрешния електрод
R2 – вътрешен радиус на съда
R3 – външен радиус на съда
ε_{sub} – диелектрична проницаемост на субстрата
ε_{gl} – диелектрична проницаемост на съда
външен електрод

Фиг. 1. а) Цилиндричен кондензатор; и б) цилиндричен кондензатор с два диелектрика.

Капацитетът на цилиндричен кондензатор (фигура 1.а) се определя с уравнение (1) –

(1)
$$C = \frac{2\pi \varepsilon l}{\ln(R_2 / R_1)}$$
, където $\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r$, и

където: ε_0 – диелектрична проницаемост на вакуума, ε_r – относителна диелектрична проницаемост на диелектрика; *l* – дължина (височина) на кондензатора.

Когато диелектрикът е двупластов (фигура 1.б), капацитетът С се изчислява –

(2)
$$\frac{1}{C} = \frac{\ln(R_2 / R_1)}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_{sub}l} + \frac{\ln(R_3 / R_2)}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_{gl}l},$$

където ε_{sub} – диелектрична проницаемост на субстрата в съда, ε_{gl} – диелектрична проницаемост на съда (боросиликатно стъкло).

След подаване на първоначалната доза вода, електрическите параметри на съставния диелектрик (субстрат, въздух, вода) се променят динамично. На фигура 2.а. са показани тези промените в четири характерни момента от експеримента. Тук ε , σ са диелектрична проницаемост и електрична проводимост на: въздуха – ε_{air} , σ_{air} ; субстрата – ε_{sub} , σ_{sub} ; свободната вода между частиците – ε_{FW} , σ_{FW} ; капилярната вода в частиците на субстрата – ε_{CW} , σ_{CW} .



Фиг. 2. a) Фази на вертикалното развитие на процеса "капилярно издигане на вода в субстрат, след първоначално впръскване на доза вода" и промените на електрическите параметри на съставния диелектрик (субстрат, въздух, вода); б) пояснителна фигура към изчислението на текущия капацитет *С*.

Електрическите параметри на средата (фигура 2.а) са функция на височината *h* на капилярно издигнатата вода (фигура 2.б).

Общият капацитет на датчика С (фигура 2.б) е сума от няколко капацитета –

(3)
$$C = C_{wiring} + \frac{C_{dry}C_{gl}^{dry}}{C_{dry} + C_{gl}^{dry}} + \frac{C_{wet}C_{gl}^{wet}}{C_{wet} + C_{gl}^{wet}}$$

където C_{wiring} е капацитета на външните проводници, съединяващи датчика с електронния блок, който не е функция на *h*; C_{dry} – капацитета на горният цилиндричен пласт сух субстрат; C_{gl}^{dry} – капацитета на частта от стената на стъклената чаша, прилежаща към пласта сух субстрат; C_{wet} – капацитета на долния цилиндричен пласт влажен субстрат; C_{gl}^{wet} – капацитета на частта от стената на стъклената чаша, прилежаща към пласта влажен субстрат.

Капацитетът на сухия субстрат С_{drv} се изчислява с уравнение (4) –

(4)
$$C_{dry} = \frac{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_{dry}\cdot(H-h)}{\ln(R_2/R_1)}$$

Капацитетът на влажния субстрат С_{wet} се изчислява с уравнение (5) –

(5)
$$C_{wet} = \frac{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_{wet}h}{\ln(R_2/R_1)}$$

Капацитетът на стъкления кондензатор се определя от геометричните размери и диелектричната проницаемост на съда, показани на фигура 1.

(7)
$$C_{gl} = \frac{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_{gl}}{\ln(R_3/R_2)}$$

Текущият капацитет на субстрата в съда е зависим от височината на омокряне *h* и се определя от сумата на двата капацитета, определени с (4) и (5) –

(6)
$$C_{sub} = \frac{2\pi\varepsilon_0 H}{\ln(R_2/R_1)} \cdot \left[\varepsilon_{dry}\left(1 - \frac{h}{H}\right) + \varepsilon_{wet} \frac{h}{H}\right]$$

В случай, че $\varepsilon_{dry} \ll \varepsilon_{wet}$, $\varepsilon_{air} \ll \varepsilon_{wet}$ и h > 0, както и електрическата проводимост на влажния субстрат $\sigma_{wet} \gg \sigma_{air}$, σ_{dry} , капацитетът на датчика е линейна функция на издигащия се воден фронт –

(8)
$$C = \frac{1}{\frac{\ln(R_2 / R_1)}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_{wet}} + \frac{\ln(R_3 / R_2)}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_{el}}} \cdot h$$

Уравнение (8) показва, че капацитетът на датчика С се определя основно от диелектричната проницаемост на стената на съда ε_{gl} и текущата височина *h* на мокрия субстрат, който е в контакт със стената.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ПОСТАНОВКА

Направена е проверка на условията към уравнение (8) като са измерени електрическите параметри *C* [F], *R* [Ω] на избрания съд, алуминиеви електроди и субстрат "*Балканин*" 1,5-2,0 mm при честота 1 kHz. Резултатите са следните: диелектрик въздух: *C*=3,5.10⁻¹² F, *R*=∞; диелектрик сух субстрат: *C*=60,3.10⁻¹² F, *R*=2,55.10⁶ Ω; диелектрик влажен субстрат: *C*=628.10⁻⁹ F, *R*=264 Ω; капацитет на датчика с влажен субстрат: *C*_{sensor}=481,10⁻¹² F; съпротивление на датчика с влажен субстрат: *C*_{sensor}=481,10⁻¹² F; съпротивление на

За да се осигури едновременно регистриране на текущото ниво на капилярно издигащата се вода от датчика и чрез фотографиране на явлението, в ролята на външен електрод на датчика е използван електролитен разтвор на NaCl. За целта, основният съд на датчика е поставен в друг прозрачен съд, а между двата съда е налят електролита.

В близост до датчика е разположен електронен преобразувател "капацитет – електричен сигнал". Преобразуването на капацитета С в импулси с постоянна честота и управляем коефициент на запълване (D.C.) е предпочетено. Основните данни на преобразувателя са: честота на генератора – 4 kHz; изменение на коефициента на запълване (D.C.) – 0,05-0,95; софтуер – съвместим с датчиците за температура SMT160-30, Smartec.

Калибровка на датчика. С помощта на набор кондензатори с капацитети от 40÷450 pF, включени във веригата на преобразувателя вместо самия датчик, е снета характеристиката на преобразувателя Data=f(C). Калибровката $h \leftrightarrow Data$ е проведена по два метода: І. В датчика (без субстрат) се подават равни дози солеви разтвор. Регистрират се височината h и Data; II. В датчика със субстрат се подават последователно равни дози дестилирана вода. Регистрират се височината h и Data. Полученото калибрационно уравнение е от вида – y=0,7009x+15,745, където у височината на капилярно издигане в милиметри, а x са данните Data.

Фотокамера *Creative VF0070* снима процеса на капилярното издигане (фигура 3.а) и от изображенията се извлича информация за височината на водния фронт и за времето за нейното достигане. Тези данни се съпоставят с данните от капацитивния датчик (фигура 3.б).



Фиг. 3. Изследване на капилярното издигане на вода в субстрат "Балканин": а) Експериментална постановка; б) Резултати: Данни от датчика и от фотокамерата за капилярното издигане след първоначално подаване на доза вода в дъното на съда до 33-ия милиметър; в) Крива на прехода от началната доза вода към капилярно издигане (34-та sec).

Резултати

Резултатите от проведеното 9-дневно измерване са представени на фигура 3. Поддържаната температура на въздуха в лабораторията е 18±2°С. Температурното отклонение от ±2°С е съпоставимо с нормалната температурна девиация на борда на обитаем космически обект. Съществено се различават обаче регистрираните височини по двата метода след

първите часове на измерването. Измерването беше повторено трикратно и същите резултати бяха получени. Беше издигната **хипотеза** – част от микрокапилярите на субстрата издигат водата с по-голяма скорост от останалите, а количеството на тази водата е недостатъчно да промени различимо цвета на овлажнения субстрат. За да се провери тази хипотеза беше проведен допълнителен експеримент с нов датчик, измерващ електрическото съпротивление на субстрата във функция от височината на капилярния фронт.



Фиг. 4. Етапи на проектирането на резистивния датчик и PSPICE моделиране на преобразувателя.

На фигура 4 са представени еквивалентна електрическа схема на входната верига на преобразувателя; електрическата схема на преобразувателя на основата на ИС 555 [4] и *PSPICE* моделирането на честотата на преобразуване $F_{OUT} = f(R_{SUB}, C_{SUB})$.

Експерименталната постановка е представена на фигура 5. Осем иглени датчика са поставени хоризонтално в субстратния обем (фигура 5.а). Осемканален комутатор (фигура 5.б) превключва иглените датчици последователно и всяко текущо съпротивление на субстрата се преобразува в честота в диапазона 1,2÷38 kHz (фигура 4). Основната задача на тези датчици е да регистрират появата на капилярна вода на нивото на всеки от тях. Направен е фотозапис на капилярното издигане за визуална регистрация и последващо сравнение на данните.



Фиг. 5. Експериментална постановка: а) Измервателна полипропиленова чаша 300 ml, запълнена със въздушно-сух субстрат "Балканин" и монтирани централен електрод – общ; четири хоризонтални иглени електрода, разположени в областта на капилярната вода; четири електрода са разположени в областта на гравитационната вода; б) фотокамера регистрира капилярното издигане, а съпротивлението на субстрата между всеки иглен електрод и общия централен електрод се преобразува в честота.

Резултати от допълнителния експеримент

Резултатите от проведеното 24-часово измерване са представени на фигура 6. На графиката са отбелязани височините на иглените датчици относно дъното на съда с хоризонтални отсечки *Height S1÷S8*, [mm], кривата на капилярно издигане h [mm], заснета от фотокамерата, и честотните данни от датчиците *Sensor 1÷8*, [kHz]. Пресечната точка на височината на всеки датчик с кривата h(t) дава времето за реакция на датчика (по оста X), в случай, че реалният капилярен фронт е този, записан от фотокамерата. След началото на

капилярното издигане на водата (*h*>31 *mm*), всеки датчик от № 5 до № 8 последователно регистрира наличие на капилярна вода **преди** фронтът на видимата капилярна вода, заснет от фотокамерата, да достигне датчика. Например, *Sensor 5* реагира за наличие на вода около 50тата минута, докато визуално регистрираното съвпадение е в 230-тата минута.



Фиг. 6. Данните от 8 броя датчици Sensor 1÷8, отчитащи промяната на електрическото съпротивление на субстрата по време на издигане на капилярната вода, са съпоставени с данните от фотокамерата *h*.

Получените данни от съпротивителните датчици потвърждават хипотезата, че част от капилярите на микропорите издигат водата по-бързо от видимия воден фронт. Количеството на тези пори вероятно е недостатъчно да издигне достатъчно капилярна вода, която да промени цвета на субстрата различимо.

Заключение

Проектиран е капацитивен датчик за регистриране на динамиката на капилярно издигане на вода в субстрат, отговарящ на изискванията за работа в микрогравитация.

Измерванията с него показаха, че данните от датчика и от фото регистратора на капилярното издигане се различават с до 11 mm. Издигната и потвърдена беше хипотеза, че по-големите по диаметър капиляри на микропорите издигат водата по-бързо и невидимо, което не е наблюдавано досега. Хипотезата беше потвърдена с мрежа от 8 резистивни датчици.

С помощта на новия датчик могат да се регистрират детайлно всички фази на процеса. Например, моментът на преминаване на водата от първоначално впръскване в капилярно издигане (34,6-та сек.), показан на фигура 4.а, не може да бъде регистриран с фотокамера.

Литература

- 1. Ivanova, T., P. Kostov, Prospects for the Use of the Higher Plants in Space Flight Experiment "Substrat", 37th IAF Congress, Innsbruck, Austria, October 4-11 Oct., 1986, Rep. IAF/IAA-86-374.
- Kostov, P., Capillary Movement Of Water In Air-Dry Balkanine Zeolite Substrate: Analysis Of The Results From Space And Laboratory Experiments, SES 2011, Seventh Scientific Conference with International Participation, Space, Ecology, Safety, 29.11–01.12. 2011, Sofia, Bulgaria, p. 191.
- 3. Fraden, J., Handbook of Modern Sensors, © 2004, 1996 Springer-Verlag New York, Inc., ISBN 0-387-00750-4.
- 4. Traister, Robert J., Book, The 555 IC project book, McGraw-Hill/TAB Electronics, March 1985.

ТОПЛИННО-ИМПУЛСНИ ДАТЧИЦИ ЗА ВЛАЖНОСТ НА ПОЧВА ЗА ЦЕЛИТЕ НА КОСМИЧЕСКОТО РАСТЕНИЕВЪДСТВО

Пламен Костов

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките e-mail: plamen_kostov@space.bas.bg

Ключови думи: датчици за влажност на почва, субстрат "Балканин", субстрат "Турфейс", топлинно-импулсен метод, микрогравитация.

Резюме: Въз основа на опита ни от проектирането и използването на датчици за влажност на изкуствени почви (субстрати) за отглеждане на висши растения в условия на микрогравитация, бяха създадени нови прототипи на топлинно-импулсни датчици (сонди). Един от тях използва наша оригинална разработка – повишението на температурата на сондата е постоянно при всяко загряване, а продължителността на топлинния импулс се влияе от влажността на субстрата. Друга група датчици работи на принципа на постоянен топлинен импулс, който предизвиква различни нараствания на температурата на сондата, в зависимост от влажността на околния субстрат. Докладвани са техническите параметри на проектираните датчици и калибрационните процедури. Представени са калибрационни уравнения на сондите за влажност и на температурните датчици. Анализирани са факторите, които определят общата точност на датчиците.

HEAT-PULSE SOIL MOISTURE PROBES FOR SPACE PLANT GROWTH SYSTEMS

Plamen Kostov

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: plamen_kostov@space.bas.bg

Key words: soil moisture sensors, Balkanine substrate, Turface substrate, heat-pulse method, microgravity.

Abstract: Based on our experience in the design and use of substrate moisture sensors for growing higher plants in microgravity, new heat-pulse sensor prototypes were created. One of them uses our original design – the duration of the heat pulse is influenced by the substrate moisture so that the temperature rise of the probe to be constant. Other sensors generate constant heat pulse, which increases the probe temperature with value that is a function of substrate moisture. The technical parameters of the designed sensors and calibration procedures are reported. The calibration equations for moisture probes and temperature sensors are presented. Factors that determine the overall accuracy of the sensors are analyzed.

Въведение

Подходящият воден статус на почвата е необходимо условие за правилното развитие на растенията както на Земята, така и в условия на микрогравитация. Измерването на водния потенциал в зоната на корените на растенията отчита най-добре способността на почвата да осигури вода и хранителни вещества на растенията. Тензиометърът измерва директно общия воден потенциал в порите на почвата и се използва широко на Земята [1]. Неговата трудоемка начална подготовка за работа, ограничени диапазон и време на измерване възпират използването му в микрогравитация. Съществува връзка между водния потенциал и водното съдържание за всяка пореста среда, която дава възможност да се измерва параметъра "водно съдържание" с помощта на стабилни, дълготрайни и точни датчици за влажност на почва.

Методите за измерване на влажността на почвата са известни отдавна и непрекъснато се усъвършенстват. По-важните от тях са: Гравиметричен метод – стандарт на Земята; Ядрени методи – неутронно разсейване, гама затихване, ядрено магнитен резонанс; Електромагнитни методи – съпротивителен датчик, капацитивен датчик; Time-Domain Reflectometer (TDR); Frequency-Domain Reflectometer (FDR) и др. Ограниченията, свързани с безопасността на екипажите в обитаемите космически обекти, правят използването на гореизброените техники неприложими в бордови оранжерии. Единственият наложил се датчик за влажност на почвата в микрогравитация работи на основата на топлинно-импулсна техника.

Първите изпитания на топлинно-импулсни датчици, разработени в ИКИТ-БАН, България, са проведени през 1984-1985 г. на орбиталната станция (ОС) "*Салют-7*" – експеримент "*Субстрат*". В периода 1990-2000 г. са използвани датчици за бордовите експерименти по проекта космическа оранжерия (КО) "*Свет*" на ОС "*Мир*", в ИКИ-БАН (България), ИМБП (Русия) и SDL, Utah (USA) [2, 3]. Датчици от същият тип (SDL, Utah, USA) се използват в руската КО "*Лада*", работеща на Международната космическа станция.

В процеса на работата по създаването на макет на космическа оранжерия от затворен тип "*Ceem-3*", възникна необходимост от проектиране на нова гама датчици от топлинноимпулсен тип, с подобрени експлоатационни качества, за изследване на разпределението на влажността в обема на субстрата (изкуствена почва за космически цели).

Проектът има следните – Цел: Да се измерват температурата и влажността на субстратни среди в условия на микрогравитация. Да се управлява обемната влажност на субстрата; Задачи: (1) Да се проектират и конструират нови прототипи на датчици за температура и влажност на субстрати и (2) Да се определят калибровъчните характеристики на датчиците; Предмет на изследването: Влажността на различни субстрати при съдържание на влага от въздушно-сухо състояние до насищане.

Методи и материали

ТЕОРЕТИЧНА ОБОСНОВКА

Топлинната проводимост на субстрата е зависима от неговите физически свойства (структура, текстура); обемна плътност (порестост); температура (T<0°C и T>70°C); и от съдържанието на вода и въздух в порите. Съществените разлики в топлинните проводимости на отделните съставки, съдържащи се във всяка почва, (въздух – 0,024 [W/(m.K)] при 25°C; вода (течна) – 0,58; субстрат, почва – 0,2÷1,5), дават възможност топлинната проводимост на субстрата да бъде измерена точно, а нейната зависимост от влажността на субстрата (от въздушно-сух до наситен) да бъде определена чрез калибровъчна процедура.

Blackwell [4] и de Vries [5] предлагат решение на зависимостта на повърхностната температура Δ*T* на цилиндър с крайни размери (т.е. термосонда) от времето за загряването ѝ *t*.

(1)
$$\Delta T = \frac{P}{4\pi K} \left[ln(t) + ln \frac{4\alpha}{r^2} - \gamma + \frac{2K}{rH} \right]$$

където: ΔT [°C] е нарастване на температурата на сондата след време *t*; *P* [W/m] е линейната топлинна (електрическа) мощност на нагревателя; *K* [W/(°C.m)] е топлинна проводимост; *t* [s] е времето на загряване; α [m²/s] е топлинна дифузия; *r* [m] е радиус на сондата; γ е константа на *Ойлер* (0,5772); *H* [W/(°C.m²)] е коефициент на топлинен пренос.

Уравнение (1) може да се представи във вида –

(2)
$$\Delta T = A \ln(t) + B$$
, където $A = \frac{P}{4\pi K}$

и представлява наклона на линейния участък от кривата dT/d[ln(t)], а В е константа.

Следователно, топлинната проводимост К на средата около сондата може да бъде определена от израза –

$$(3) K = \frac{P}{4\pi A}$$

Съществуват две възможности за използване на описания метод при определяне на температурната проводимост на средата, в която е поставена сондата:

Датчик от I тип. Сондата се нагрява до достигане на постоянен температурен прираст ΔT над температурата на средата преди загряването T_0 и се отчита времето за това загряване *t*. Тогава топлинната проводимост *K* се определя с израза –
(4)
$$K = \frac{P}{4\pi \cdot (\Delta T = const.)} \cdot ln(t)$$

Датчик от II тип. Сондата се нагрява за постоянно време *t* и се измерва температурния прираст Δ*T*. Топлинната проводимост се определя с израза –

(5)
$$K = \frac{P \cdot ln(t = const.)}{4\pi} \cdot \frac{1}{\Delta T}$$

Различният почвен материал, индивидуалната порестост на всеки от тях, както и други параметри на средата влияят върху топлинната проводимост със съизмерима степен на влиянието на влажността. Това е причината всеки датчик от топлинно-импулсен тип да има индивидуална калибровъчна характеристика $\Theta = f(K)$, или $\Theta = f(t)$, за всяка конкретна среда, в която е планирано да бъде използван. Тук Θ е обемната влажност на средата.

КОНСТРУИРАНЕ И КАЛИБРОВКА

Конструиране на сонда от I тип, $\Theta = f(t)$ при $\Delta T = const.$

На фигура 1 е представен външния вид на сондата, проектирана и изработена за измервания на влажността на по-едри фракции от субстрати (1,0÷3,5 mm). Нейните основни технически характеристики са следните: обща дължина на сондата – 150 mm; дължина на активната част – 30 mm; диаметър на активната част – 7 mm; нагревателен елемент – резистор 100 Ω , 0,1%, 2 W, 50 ppm/°C; захранване на нагревателя – U = 12 V stab. или I = 0,12 A stab.; температурен датчик – SMT160-30M, Smartec, Duty cycle (D.C.) output; механична и химична устойчивост – херметизиран, тънкостенна тръба с антикорозионно покритие; софтуер – управлява нагревателя, измерва *T*, *t*, и изчислява Θ ; изчисление на D.C.=0,320+0,00470*T, където *T* = температура в °C.



Фиг. 1. Външен вид на сонда от I тип с активна дължина 30 mm и диаметър 7 mm

Калибрационна процедура на сонда от I тип в индустриален пясък и субстрат "Турфейс"

В съд с размери ДхШхВ 90х64х34 mm е насипан и уплътнен промит индустриален пясък до плътност 1,594 g/cm³, фракционен състав 1,0÷2,0 mm и с обемна хигроскопична влажност 4,1%. Добавена е вода до насищане 74,7 ml, а изчислената обемна влажност при насищане е Θ =0,434 cm³/cm³. Водата в съда се изпарява свободно през горната открита повърхност на влажния субстрат до достигане на постоянна маса на въздушно-сух субстрат. Текущата маса на изпаряващата се вода се измерва с електронна теглилка *Mettler PM34-K*. През интервал от един час се подава електрически импулс на нагревателя на сондата с мощност 42 W/m, при което се измерва времето на нагряване *t*, необходимо за температурно нарастване ΔT =3,5°C. Продължителност на процедурата – около 11 денонощия.

В същия съд е насипан и уплътнен субстрат "*Турфейс*" до плътност 0,702 g/cm³, фракционен състав 1,0÷2,0 mm и с обемна хигроскопична влажност 2,2%. Добавена е вода до насищане 115,4 ml, а изчислената обемна влажност при насищане е Θ =0,630 cm³/cm³. Измерва времето на нагряване *t*, необходимо за температурно нарастване ΔT =5,0°C по аналогична на гореописаната циклограма. Продължителност на процедурата – около 18 денонощия.

Калибрационна процедура на сонда от I тип в субстрат "Балканин"

В съд с размери ДхШхВ 134х134х56 mm е насипан и уплътнен субстрат "Балканин" до плътност 0,909 g/cm³, фракционен състав 1,0÷2,0 mm, и с обемна хигроскопична влажност 7,1%. Добавена е вода до насищане 489,2 ml, а изчислената обемна влажност при насищане е Θ =0,551 cm³/cm³. Измерва се времето на нагряване *t*, необходимо за температурно нарастване ΔT =7,0°C. Продължителност на измерването – около 24 денонощия.

Конструиране на сонди от II тип, $\Theta = f(\Delta T)$ при t = const.

На фигура 2 е представен външния вид на три сонди, проектирани и изработени за измервания на влажността на ситни субстратни фракции (<1,5 mm). Основните технически характеристики на тези сонди са следните:



Дължина на активната част – 19 и 33 mm; Диаметър на активната част – 3 mm; Захранване на нагревателя – *I* = 0,05 A stab.; Време на загряване – 15 s. Температурен датчик – аналогов изход; Кабелна връзка с електр.– 1-жилна, екранирана; Антикорозионно покритие, херметизиран; Софтуер – управлява нагревателя, измерва температурата *T*, изчислява *Θ*; Калибрационни уравнения за температурните датчици:

 $T_{l} = -155,46.U_{sensorl} + 453,35$ $T_{ll} = -156,9.U_{sensorll} + 457,01$ $T_{lll} = -307,75.U_{sensorlll} + 444,44$

Фиг. 2. Външен вид на три сонда от II тип с активни дължини 19 и 33 mm (2 броя) и диаметър 3 mm

Калибрационна процедура на сонди от II тип

В съд с размери ДхШхВ 168х68х30 mm е насипан и уплътнен субстрат "Балканин" до плътност 0,878 g/cm³, фракционен състав 1,0÷1,5 mm и обемна хигроскопична влажност 3,52%. Добавена е вода до насищане 181,1 ml, а изчислената обемна влажност при насищане е Θ =0,573 cm³/cm³. През интервал от един час се подава електрически импулс на нагревателя на сондата с мощност 29 W/m и продължителност 15 s, след което се измерва температурното нарастване на сондата с помощта на температурния датчик. Продължителност на измерването – около 14 денонощия.

Резултати

Датчик от I тип – Данните от калибровките на датчика в трите субстрата са представени на фигура 3. В допълнение към получените резултати трябва да се отбележат следните важни особености на трите субстрата, които имат влияние върху формата на получените характеристики – индустриалният пясък притежава практически само макропорестост; субстрат "*Турфейс*" съдържа макропори и микропори, съсредоточени в диапазона 10÷100 µm; субстрат "*Балканин*" съдържа макропори и микропори, съсредоточени в диапазона <10 µm. Тези разпределения на поровите пространства в изследваните субстрати обясняват съществените разлики в калибрационните характеристики на датчика за всеки от тях.



Фиг. 3. Експериментални данни от датчик I тип за трите субстрата – $\Theta = f(t_{heating})$ а) индустриален пясък, $\Delta T = 3,5^{\circ}C = \text{const.};$ б) субстрат "*Турфейс*", $\Delta T = 5,0^{\circ}C = \text{const.};$ в) субстрат "*Балканин*", $\Delta T = 7,0^{\circ}C = \text{const}$

Друг параметър на датчика, който е необходимо да бъде отчетен при интерпретацията на данните, е зоната на чувствителност. Могат ясно да се различат вертикалните участъци на

кривите при обемни влажности под 0,3 cm³/cm³ и над 0,55 cm³/cm³ за фигура 3.б. и съответните на фигура 3.в. Графично пояснение за влиянието на зоната на чувствителност върху калибровъчната процедура и калибрационните уравнения е направено на фигура 4.



Фиг. 4. а) Влияние на зоната на чувствителност на датчика върху експерименталните данни, например, за субстрат "*Балканин*", фракция 1,0-1,5 mm; б) Калибровъчни уравнения на датчика за субстрат "*Балканин*", фракция 1,0-1,5 mm.

Датици от II тип – Данните от калибровките на трите датчика от II тип и калибрационните уравнения са представени на фигура 5.



Фиг. 5. а) Експериментални данни от калибровката на трите датчика; б) калибровъчни уравнения, получени след обработка на данните

По аналогичен начин на описания по-горе за датчика от I тип, експерименталните данни са коригирани и калибрационните уравнения за всеки датчик и за всеки участък от характеристиките са получени. Програмата за управление на оранжерийното устройство използва калибрационните уравнение за изчисляване на обемната влажност на субстрата Θ .

Заключение

Проектирани са два прототипа на топлинно-ипулсни датчици за измерване на влажност на субстрати за отглеждане на растения в микрогравитация. Изпълнени са калибрационни процедури в 3 типа субстрати – индустриален пясък, "*Турфейс*" и "*Балканин*". Данните са обработени и са получени калибрационни уравнения на всеки датчик.

Определени са източниците на грешки за всеки активен възел от сондите. Някои от тях са посочени по-долу:

- Стабилността на топлинния импулс по време и амплитуда, напр. P = 1,261 ± 0,00078 W ;

- Точността на предварителна калибровка на датчиците на температура:
- Аналогово-цифров преобразувател с дискретизация по-добра от 0,3 mV за диапазон 0-5 V;
- Периодът на отчитане на температурата по-малък от 200 ms;
- Скоростта на температурните изменения на субстратната среда по-малка от 1°C/h;
- Отчетени са максимални грешки ±3,8% за датчик от I тип и ±4,3% за датчик от II тип, при калибриране в максимално допустимата едра фракция на субстрата за II тип – 1,0-1,5 mm.

Определянето на сумарните грешки изисква натрупване на допълнителни статистически данни за влиянието на техническите параметри на датчиците върху точността на измерване.

На фигура 6 е показано хронологичното развитие на топлинно-импулсните датчици за влажност на почви за космически цели, проектирани и изработени в ИКИТ-БАН, София.



Фиг. 6. Развитие на датчиците за измерване на влажност на изкуствени почви, проектирани в ИКИТ-БАН, и предназначени за ползване в микрогравитация

Литература:

- 1. Livingston, N.J., G.C. Topp, Soil Water Potential, Chapter 71, In: Soil Sampling and Methods of Analysis, Second Edition, Edited by M. R. Carter E. G. Gregorich, by Taylor & Francis Group, 2006.
- 2. Ivanova, T.N., P.T. Kostov, S.M. Sapunova, H.S. Dobrev, I.W. Dandolov, Sensors and Methods for Measurement of the Environment parameters in "SVET" Space Greenhouse, Compt. rend. Acad. Bulg. Sci. (ISSN 0861-1431), 45, 11, pp. 55-58, 1992.
- 3. Yendler, B.S., G.B. Bingham, S.B. Jones and I. Podolsky, Moisture sensor for use in microgravity, SAE Technical Paper no. 951471, 1995.
- 4. Blackwell, J.H., A Transient-Flow Method for Determination of Thermal Constants of Insulating Materials in Bulk, Part I – Theory," J. of Applied Phys., Vol. 25, No 2, pp. 137-144, 1954. 5. de Vries, D. A. and Peck, A., On the Cylindrical Probe Method of Measuring Thermal Conductivity
- with Special Reference to Soils, Aust. J. Phys., 11, pp. 255-270, 1958.

МЕТОДИ ЗА РЕГИСТРИРАНЕ ИЗМЕНЕНИ СЪСТОЯНИЯ НА СЪЗНАНИЕТО НА ОПЕРАТОРИТЕ НА СЛОЖНИ ЕРГАТИЧНИ СИСТЕМИ: ПРОБЛЕМИ И ПЕРСПЕКТИВИ

Геннадий Маклаков

Кировоградската летателна академия на Националния авиационен университет (Украйна) e-mail: gmaklakov@mail.bg

Ключови думи: изменено състояние на съзнанието, ергатични системи, оператор.

Резюме: В настоящата статия се прави критичен анализ на съществуващите методи за регистрация на изменено състояние на съзнанието (ИСС). Разглеждат се радиоелектронните, физическите и лингвистичните методи за регистрация на ИСС. Прави се анализ на възможността за използване метода за газоразрядна визуализация. Привежда се описание на разработения от автора ентропийно – информационнен метод.

METHODS THE OF REGISTRATION ALTERED STATES OF THE CONSCIOUSNESS DIFFICULT THE ERGATIC SYSTEM'S OPERATOR: PROBLEMS AND PROSPECTS

Gennady Maklakov

Kirovograd Flight Academy of National Aviation University (Ukraine) e-mail: gmaklakov@mail.bg

Keywords: altered states of consciousness, ergatic system, operator.

Abstract: This article makes a critical analysis of existing altered states of consciousness (ASC) registration methods. Existing psycho physiological, radio electronic, physical and linguistic ASC are analysis. The possibility of discharge visualization methods usage for AC registration is considered. The description of author's entropy-informational method is given.

Въведение

Успешното функциониране на сложните ергатични системи зависи от ефективността и сигурността, с която работят операторите. Към най-сложните видове операторска дейност се отнася управлението на динамични обекти, в частност на самолети и пилотирани орбитални станции и кораби.

Проведените от нас изследвания дават основание да се предположи с голяма степен на вероятност възникването на изменено състояние на съзнанието у операторите на сложни ергатични системи в екстремални ситуации, когато се проявява така нареченият «човешки фактор». Особено висока е цената на човешката грешка при екстремални ситуации в космическия и авиационния отрасъл. За предотвратяване на авиационни и космически произшествия и повишаване нивото на безопасност на полетите е необходим не само качествен подбор на персонала, но и наличие на методи за обективен контрол на психофизиологичното състояние на човека и прогнозиране на неговото поведение в екстремални ситуации.

Именно това прави особено актуална задачата за разработването на методи, които обективно да оценяват влиянието на външните фактори върху психиката на човека и физиологичните структури на организма, определящи човешкото поведение в сложни критични ситуации, които могат да предизвикат изменено състояние на съзнанието (ИСС).

В съвременната наука за съзнанието все повече се акцентира върху изучаването на теоретичната основа на измененото състояние на съзнанието и нейните приложни аспекти. Както е известно, ИСС възникват при въздействие върху личността на човек, чието съзнание е в обикновено състояние, посредством различни фактори: стресови, афектогенни ситуации; сензорна депривация; интоксикации (психеделични феномени, халюцинации на фона на висока температура и др.); хипервентилация или, напротив, продължително задържане на дишането; остри невротични и психотични заболявания; когнитивно-конфликтни ситуации, изваждащи съзнанието на субекта от обикновените форми на категоризация; в хипноза и медитация и др.

Проблемът ИСС се разработва не само в общата психология и психологията на личността, но също и в психиатрията, клиничната психология и трансперсоналната психология. ИСС е област на изследвания, обединяващи усилията на десетки науки — от генетиката до филологията. При това всяка научна дисциплина разглежда свой собствен аспект, което затруднява изграждането на единна теоретична база и в частност – приложните изследвания в такава важна област като разработването на обективни методи за регистриране на ИСС. Под термина «регистриране на ИСС» ще разбираме регистриране (измерване на параметрите) на съответните корелати, адекватно характеризиращи състоянието на човека при ИСС.

Най-широко разпространение при изучаване на ИСС са получили методите за регистриране на ИСС с помощта на психофизиологически корелати: електроенцефалография (ЕЕГ), предизвикани потенциали (ПП), електрокардиография (ЕКГ) и др.

Като методи за регистриране на ИСС най-често се използват експерименталнопсихологическите методи за изследване на съзнанието, но самите те все още са разработени ограничено, макар в тази област вече да се забелязват определени стъпки към решаване на проблема.

Както показва анализът на научните публикации, методите за регистриране на ИСС с помощта на психофизиологически корелати си остава слабо изучена област, неизвестна за много практикуващи психолози. Ефективното използване на такива методи на практика изисква добри професионални знания в областта на медицината, биофизиката, радиоелектрониката и т.н., което ограничава и практическото им приложение. Многогодишният опит на автора на тази статия, почерпен чрез изследванията, извършвани в Медицинската академия на Украйна, позволява да се идентифицират редица нови ефективни методи за регистриране на ИСС. Бяха разработени и преминаха апробация нови методи за регистриране на ИСС. Става дума за използване на така наречените физико-радиоелектронни корелати на ИСС. Изследвания в тази област се провеждаха в различни научни учреждения на бившия Съветски съюз. Публикациите на тази тематика са малобройни, публикувани предимно във ведомствена литратура и затова може да се предположи, че не са получили широка популярност.

В методологията за изследване на ИСС доминират главно психологически и психофизиологически методи. Физико-радиоелектронни методи (ФРМ) практически не са известни на психолозите. Затова в статията по-нататък е поставен акцент именно върху тези методи.

Ще направим опит да обобщим методите за изследвания и да въведем съответна класификация на методите и средствата за регистриране на ИСС. Предвид ограничения размер на статията много методи са разгледани фрагментарно,

Най-често използваният в медицинската практика метод за измерване на АКН е методът на Коротков, базиращ се на регистриране на шумовете, породени от турболентността на кръвта при притискане и отпускане на кръвоносен съд с помощта на турникет. Друг метод, производен на описания по-горе, е осцилометричния метод (ОМ), който измерва кривата на възстановяване на нормалния кръвен поток и наличие на турникет и бавно отпускане до момента на възстановяване на нормалния кръвен поток през кръвоносния съд. Много често в клиничната практика се налага 24-часово мониториране на АКН с цел анализ на промяната на АКН в периода на 24-часовия физиологичен цикъл в нормалната среда за съществуване на индивида. За тази цел най-често използвания метод е осцилометричният, за реализирането на който, е необходима помпа, турникет (маншон) и датчик за регистриране на налягането. Периодичното притискане на кръвоносните съдове стресира пациента подложен на това изследване. Възможно е да се появят и нетипични стойности породени от реакцията на вегитативната нервна система в следствие на стреса при напомпването на маншона и усещането за натиск. Друг недостатък е невъзможността да се измерва непрекъснато поради времеви ограничения свързани със самия метод на измерване.

Методология

За описание на ИСС сме използвали класическото определение на А. Лудвиг, според което ИСС са «всякакви психически състояния, индуцирани от физиологически, психологически или фармакологически събития и агенти от различно естество, които се разпознават от субекта или от външни наблюдатели и представляват съществени отклонения в субективните преживявания или в психическото функциониране от определени генерализирани за дадения субект норми в състояние на активно бодърстване» (Ludwig, 1966).

За анализ на съществуващите методи за регистриране на ИСС и създаване на съответна класификация на методите за това приемаме следните положения:

1) Съгласно теоремата на Гьодел за непълнотата [1] системата не може да изучава друга система, организирана по-сложно от нея. Приложено към анализа на ИСС това означава, че мозъкът е толкова неизмеримо сложен, че днес нямаме никакъв шанс да узнаем как той функционира.

2) Изхождайки от огромната сложност на изследванията и отсъствието на теоретични предпоставки за изучаването на мозъчните процеси, закономерностите на етиологията, структурата и динамиката на ИСС, за регистриране на ИСС, днес е възможно да използваме само фиксирането на съответните корелати на ИСС (регистрация на косвените показатели).

3) Психиката и соматиката са тясно свързани. Всяко изменение на психическите функции намира съответно отражение в изменение на функционирането както на отделни подсистеми, така и на организма като цяло. Това положение означава, че за регистриране на ИСС може да бъдат измервани показателите от функционирането на човешкия организъм като саморегулираща се (адаптивна) кибернетична система.

Класификация на методите за изследване на ИСС. Анализът на публикации от много автори от различни страни и собствените ми изследвания дават основание да се направи следната класификация на методите за регистриране на ИСС:

1) Метод на психодиагностичните тестове.

- 2) Психофизиологически методи.
- 3) Психосемантически методи.
- 4) Физико-радиоелектронни методи (ФРМ).
- 5) Статистическо-информационни методи.

Следва да се подчертае, че класификацията няма ясно определени граници и не претендира за пълнота. Някои методи са специално отделени в отделни позици, за да се подчертае тяхната важност.

Метод на психодиагностичните тестове. Една от първите разработки в това направление са изследванията на Дитрих [2]. В началото на 80-те години научен колектив под негово ръководство провежда междукултурно изследване на ИСС, за което е съставен специален психодиагностичен въпросник за изучаване как се проявяват ИСС: Standardized Psychometric Assessment of Altered States of Consciousness. През 1981 г. този въпросник се превежда на основните европейски езици. Факторизация на скалата на въпросника позволява да се разграничат 3 самостоятелни фактора, описващи ИСС: първият е свързан с изменението на зрителните възприятия, вторият получава названието "страх от разпад на личността", а третият е свързан с преживявания за разтваряне в околния свят и е наречен "океанско чувство" (известен още като "космическо съзнание", "нирвана") [2]. Методът на психодиагностическите тестове намира ограничено приложение, тъй като не предлага възможност за непосредствено регистриране на състоянието на респондента в ИСС. Като правило този метод може да се използва за анализ на слабо изявени ИСС.

Психофизиологически методи. В тази съвкупност от методи ще разграничим две подмножества: методи на психофизиологическите корелати на класическата медицина и методи на психофизиологическите корелати на «нетрадиционната» медицина.

Методи на психофизиологическите корелати на класическата медицина. За изследване на ИСС се използват ЕЕГ, ПП, ЕКГ, реоенцефалография и др. По принцип е възможно използването и на по-съвършени методики: позитронна емисионна томография, структурна томография на основата на ядрено-магнитен резонанс (ЯМР-томография), функционалная томография също на основата ЯМР и др. Оборудоването за такива изследвания обаче е много скъпо, което съществено затруднява широкото им приложение. За регистриране на ИСС най-често се обръщаме към методи, предвиждащи изследване на електрическата активност на мозъка в диапазоните както на ЕЕГ, така и на свръхбавните процеси (метод на ПП). При ЕЕГ-изследвания са открити закономерни корелати преимуществено в челните части на двете мозъчни полукълба [3, 4]. При изследванията по метода на предизвиканите потенциали са отбелязани изменения в електрическата активност на

мозъка, предимно компоненти Р300, проявяващи тенденция към корелация със стадиите на преминаваните ИСС [5].

Налага се да обърнем внимание на факта, че характеристиките на мозъчната активност при ИСС са разнородни и противоречиви. Според мнението на Наталия Бехтерева (Институт мозга Российской академии наук) е целесъобразно да се разглежда ИСС като особен модус на дейността на мозъка като цяло. Във връзка с това са много благодатни изводите на Н. Бехтерева и съавторите й за «висока генерализирана реактивност» на мозъка в онто- и филогенезата [3].

В настоящия момент нещата в областта на изучаването на психофизиологическите корелати на ИСС се характеризират с известна парадоксалност. От една страна е натрупан обемен материал, доста пълно представящ всички основни типове и видове ИСС. От друга страна обаче не са разграничени никакви специфични за ИСС модели на мозъчна активност и още по-малко – електрически вълни от особен тип. Дори нещо повече: немногобройните отбелязани закономерности проявяват тенденция към намаляване на мозъчната активност при усилване дълбочината на ИСС [5]. Като пример можем да приведем противоречията, възникващи при изследвания по метода на предизвиканите потенциали. Както е известно, вълната Р300 е свързана с когнитивните функции. Оттук възниква въпросът: следва ли появата на вълната Р300 да се приема като резултат от особени когнитивни процеси (или насочени към тях) или като признак на готовност за активна съзнателна дейност след «почивката», дадена от ИСС [6].

Формулировката на въпроса е съществена и за подхода към по-широк теоретикометодологически въпрос: какво всъщност е ИСС преди всичко – просто разреждане, особено измерение на съзнанието или страничен продукт на по-съществени процеси?

Като психофизиологически корелат на ИСС е възможно да се използва вариационната пулсометрия (ВП) [7]. Същността на метода се състои в анализа на R-R интервалите на ЕКГ със специални математически методи. Като отчитаме, че върху продължителността на кардиоинтервалите съществено влияят мозъчните структури, свързани с емоционалните центрове, методът се оказва много перспективен за изследване на ИСС. Най-голямо приложение той намира в космонавтиката и авиацията, където са особено високи изискванията към информативността на използваните методи за диагностика на физиологическите и психологическите състояния на човека и прогнозирането на неговото поведение в екстремални условия [8]. Към недостатъците на метода можем да отнесем необходимостта от получаване на доста голяма извадка (за надеждна диагностика на ИСС) и продължителната математическа обработка, което затруднява използването на метода в оперативната диагностика. Друг съществен недостатък на метода ВП е неотчитането на процесите на хемодинамиката на организма, макар че е добре известно колко съществено влияе ИСС върху вискозитета на кръвта и специално върху скоростта на утаяване на еритроцитите. Тази скорост се променя в изключително широки граници – от 64 до 215%, в зависимост от равнището на ИСС. (Е. Бондаренко. 1993: Г. Маклаков. 1996).

Методи на психофизиологическите корелати на «нетрадиционната» медицина. Към тази група методи се отнасят методите на регистрация на кожногалваничната реакция (КГР) в различни модификации, газоразрядната визуализация (ГРВ) и др. Най-голям интерес за регистриране на ИСС представлява методът ГРВ в модификацията на К. Коротков. Имайки предвид перспективността на този метод, ще го разгледаме по-подробно. През 1982 г. руският учен Наркевич-Иодко открива способа за фотографиране светенето на обекти, разположени във високочестотно електрическо поле. В процеса на изследванията на биологичените обекти ученият регистрира изключително любопитен факт: разрядният процес се оказва зависим не само от болестното, но и от психологическото състояние на обекта. Всестранно този процес изучават още през 1939 г. в Краснодар руските учени В. Кирлиан и С. Кирлиан. Те проектират и създават необходимата апаратура, а резултатите от изследванията им са толкова зашеметяващи и перспективни, че всичко е строго засекретено. Грифът "секретно" е свален през 1968 г., тогава се появява и първата им публикация [9]. Тази технология с успех се използва в Украйна в областта на ракетно-космическите изследвания. След разпадането на СССР центърът за изследвания се премества в Санкт-Петербург (Русия), където под ръководството на К. Коротков методът получава по-нататъшно развитие и започва промишлено производство на съответната апаратура.

Принципът на газоразрядната визуализация (ГРВ) се състои в следното (виж. фигура 1).



Фиг. 1. Принцип на газоразрядната визуализация; а) схема на преобразуване информацията за параметрите на изследвания обект в информация за характеристиките на ГРВ-грами, б) схема на устройството за ГРВ.

Между изследвания обект 1 и диелектричната пластина 2, върху която е поставен обектът, се подават импулси на напрежение от генератора на електромагнитно поле 5, за което на обратната страна на пластината 2 е нанесено прозрачно токопровеждащо покритие. При високо напрежение на полето в газова среда между обект 1 и пластина 2 се развива лавинообразен и/или пълзящ газов разряд, чиито параметри се определят от свойствата на обекта. Светещият разряд с помощта на оптична система и видеокамера 3 се преобразува във видеосигнали, които се записват във вид на единични кадри (ГРВ-грами) или AVI-файлове в блока на паметта 4, свързан с компютърен процесор за обработка. Този процесор представлява специализиран програмен комплекс, който позволява да се изчислят параметрите и на тяхна основа да се направят определени диагностични заключения.

Като се използва методът на ГРВ, е разработен способ за регистрация на биоелектрографски корелати на ИСС [11-12]. Това позволява да се създаде оригинален метод за наблюдаване състоянието на човека по време на хипноза, ментален тренинг, медитация, психическа регулация и други видове комплексна дейност.

Въпреки ценността си от гледна точка на диагностиката, методът ГРВ не получава широко разпространение при регистриране на ИСС поради сложността на математическото описание на ИСС, а освен това оборудването за ГРВ е много скъпо.

Психосемантични методи за изследване на ИСС. В настояще време за изучаване на съзнанието все повече се използват лингвистични методи, тъй като непосредствен репрезентатив на съзнанието се явява езикът в неговата речева форма. Анализът на измененията в характеристиките на речта (лексика, семиотика и граматика) при едни или други психически състояния, измененията на физиологичните процеси в централната нервна система широко се използват в психолингвистиката и невролингвистиката. Сега са разработени и количествени методики за измерване на речевите изменения при лица в обикновено и в изменено състояние на съзнанието (4-6, 13, 14).

Същността на този подход е в това, че ИСС се разглеждат посредством изменението на формите за категоризация на съзнанието на субекта. Подразбира се, че ИСС – това са състояния, при които се случва трансформация на семантичните пространства на субекта, изменения на формата за категоризация, съпътствани с преход от социалнонормирани форми за категоризация към нови способи за подреждане на вътрешния опит и преживяванията [13]. Д.Л. Спивак, изследвайки по същата методика езика и речта (при базови типове ИСС) на повече от 2000 наблюдавани, открива и описва качествени промени в структурата на езика. По такъв начин доказва принципната възможност за изграждане теория на ИСС на основата на лингвистични и психосемантични методи [14].

В Института по изучаване мозъка на човека при Руската академия на науките се провежда системно изучаване на закономерностите на етиологията, структурата и динамиката на ИСС и техните корелати на равнището на езиковото съзнание предимно с психолингвистични методи. Към настоящия момент е установено разделяне на основните механизми в организацията на езиковите способности и речевата дейност по равнища, задействани при попадане в необикновени и/или екстремални условия, с което се цели обезпечаване на когнитивна и комуникативна дейност на редуцирано ниво. Извършва се също така изграждане на пълни честотни речници по избрани типове ИСС, като те се обработват понататък по лингвостатистически методи (преди всичко на равнище индекси "ранг-честота" по Ципф-Манделброт, обем на честотен речник – дължина на извадка от статистиката за начален и краен участък от честотния речник).

Физико-радиоелектронни методи. Използването на ФРМ за диагностика на ИСС се базира на това, че около всеки биологичен обект в процеса на неговата жизнена дейност възниква сложна картина на физическите полета [15, 16]. Тяхното разпределение в пространството и изменението им във времето носят важна биологична информация, която може да бъде използвана за диагностициране на ИСС.

По такъв начин теоретични предпоставки за използване на ФРМ се явяват:

1) Човекът като биологичен обект, източник на електромагнитно излъчване.

2) Електромагнитните излъчвания на биологичните обекти съдържат информация за работата на вътрешните органи. Например, инфрачервеното излъчване е модулирано от физиологически процеси, които определят разпределението и динамиката на температурата на повърхността на тялото; радиотоплинното излъчване носи информация за температурата и временните ритми на вътрешните органи на човека.

3) Електромагнитните излъчвания на биологичните обекти съдържат информация за работата на мозъка и може са бъдат използвани за регистриране на ИСС.

Прието е да се разграничават следните полета на биологичните обекти, чието изследване има диагностична ценност за регистрация на ИСС [16]:

1) Излъчване в инфрачервения диапазон на вълните (дължина на вълната 8-14 мкм).

2) Радиотоплинното излъчване дава възможност да се регистрират сигнали на дълбочина до 5-10 см.

3) Нискочестотните електрически полета (с честоти до 1 кГц) са свързани като правило с електрохимическите (на първо място трансмембранни потенциали, отразяващи функционирането на различни органи и системи на биообекта (сърце, стомах и др.). На същите честоти се наблюдават и магнитни полета, свързани с токовете, съпровождащи физиологичните процеси в проводящите тъкани.

4) В оптичния диапазон (инфрачервен и ултравиолетов диапазон) се наблюдават сигнали на биолуминисценция, обусловена от протичащи в организма биохимични реакции. Това слабо светене е много информативно: то позволява да се контролира темпът на биохимичните процеси.

5) Акустичните вълни дават изключителна възможност да се анализира излъчването на собствени акустични сигнали, излизащи от дълбините на организма (информация за механичното функциониране на вътрешните органи, на мускулите и др.). Високочестотните акустични сигнали (в това число шумовият характер) могат да бъдат свързани с възможни източници на клетъчно и молекулярно равнище.

Да разгледаме най-разпространените методи за изследване ИСС.

Термометричен метод за изследване на ИСС. Температура на биологичния обект – това е параметър, регулиран от системите на хомеостазата. Отчитайки, че биологичният обект е преди всичко саморегулираща се система, излъчването, получено от топлинния скенер, съдържа информация за регулаторните системи. Методът позволява да се видят в пространствената структура на термограмата и нейната временна динамика проявите на регулаторните системи и да се определят техните характеристики. Това е важно за ранната диагностика на психосоматичните заболявания, тъй като дава възможност да се контролира състоянието на регулаторните системи на хомеостазата, в които преди всичко се проявяват измененията, довеждащи впоследствие до патология. Такъв подход е интересно да се използва и за регистриране на ИСС (Дульнев Г.Н., 1977; Казначеев В.П., 1985; Дульнев Г.Н., Муратова Б.Л., Полякова О.С., 1993 и др.). Много интензивно такива изследвания се правят в Института по точна механика и оптика (Санкт-Петербург, Русия) под руководството на проф. Г.Н. Дулнев.

Двуслойни електрически датчици. Двойният електрически слой (ДЕС), възникващ на повърхността между две фази, притежава уникални сензорни свойства. Чувствителността на ДЕС към въздействието на физически фактори – променливите магнитни полета (ПЕМП), акустичното (звук, ултразвук) и електромангнитното излъчване (ЕМИ) е равна или надвишава чувствителността на всички известни естествени (в това число биологични) обекти. Отличителна особеност на метода е неговата изключително висока чувствителност. Въздействието на ЕМИ и ПЕМП са регистрирани при плътност на потока мощност 10⁻¹² вт/м²

(Бобров А.В, 1984; Бобров А.В., Колесникова Т.В., Шрайбман Ф.О.,1987; Н.И. Музалевская, 1988 и др.).

Метод на въртене плоскостта на поляризация на светлината. Разработен е през 1991-92 г. в Института по точна механика и оптика (Санкт Петербург, Русия). Намерени са оптично активни водни разтвори на органични съединения, които поставени в отпичен поляриметър, при облъчване с Не–Ne-лазер, съществено изменят плоскостта си на поляризация при различни ИСС на човека. Чувствителността на метода е до 2 метра (Г.Н. Дулнев, 1993). Сложността и високата цена на оборудването са причините този метод да не се използва широко за регистриране на ИСС.

Метод за използване на датчици на основата на полупроводникови материали. Основан е на базата на изменението на характеристиките на различни полупроводникови структури, съдържащи двойни електрически слоеве в p-n-преходите. Използвани са полупроводниците кремний и германий (Бобров А.В., Шрайбман Ф.О., 1987; Тогатов В.В., Васильев А.Б. 1993; Маклаков Г.Ю., 1998 и др.). Нашите изследвания показаха перспективността на подхода при използване кристали на галиев арсенид (Маклаков Г.Ю., 1998). Нестабилността в работата на датчиците, необходимостта от калибриране преди всяко измерване съществено ограничават приложението на този метод.

Разгледаните ФРМ са използвани активно за изследване феномена на свръхчувствиелното (екстрасензорното) възприятие у човека (феномен, наблюдаван у Джуна Давиташвили, Нинель Кулагина, Ванга и др.).

Съществуват и редица други методи, които принципно е възможно да се използват за регистриране на ИСС, но които по едни или други причини не са намерили широко приложение. Всички тези методи имат едно общо допускане: осъществява се регистрация на физическите полета на човека, които се разглеждат като корелати на ИСС.

От гледна точка на дистанционното изследване биологичните обекти имат редица принципни различия от обикновените физически обекти. Състоянието на биообекта е предимно нестационарно. Затова веднага може да се определи общият недостатък на метода на регистрация на ИСС на основата на физико-радиоелектронните корелати: картината на физическите полета на човека може да се изучава само чрез привързването й към бързо променящото се психофизиологично състояние на организма, за което едновременно с физическите изменения физиолозите трябва да регистрират и различните физиологични параметри на биообекта. Освен това всеки биообект е динамична саморегулираща се система, поради което в картината на неговите физически полета съществено се проявяват и характеристиките на регулаторните системи на хомеостазата.

Статистическо-информационни методи. Особеност на посочените методи е комплексната (интегрална) оценка на всички психосоматични системи на организма на човека.

Да разгледаме метод за регистриране ИСС, който е разработен от Г. Маклаков и се явява по-нататъшно развитие на метода на вариационната реоенцефалография [17]. Методът е известен с името «ентропийно - информационнен метод».

Приети са следните хипотези.

1) ИСС се формира посредством информационно въздействие върху психосоматичните структури на човека, изменящо обикновения режим на функциониране на целия организъм. То може да се осъществява както отвън (стрес, кислороден глад и др.), така и отвътре, например, по пътя на симуляцията (хипервентиляция, прием на лекарствени препарати, медитация и др.).

2) Съществува някакъв оптимален режим за функциониране на психосоматичните структури на човека. Ще наречем този режим «хармоничен» (естествено в реални условия на поведение на човека, при обикновено състояние на съзнанието, този режим може да се различава от хармоничния).

3) ИСС може да изменя текущото (естествено) състояние на човека както с положителен знак (вдъхновение, душевен подем, озарение и др.), така с отрицателен (депресия, агресивност и др.).

Като изхождаме от тези приети допускания, ще представим организма на човека като биосистема – «черна кутия», на входа на която постъпват предизвикващи смущения въздействия (вербални и невербални въздействия от околната или вътрешната среда).

За да дадем най-пълна и адекватна оценка за степента на влияние на вътрешните фактори върху човека, предлагаме да анализираме степента на неопределеност във функционирането на хомеостатичните системи за управление на организма от позициите на синергетичния подход. При това следва да подчертаем водещата роля на хемеостазата в съхраняването на хомеостазата. Под «система на хемеостазата» е прието да се разбира съвкупността и взаимодействието на компонентите на кръвта, стените на кръвоносните съдове и органите, участващи в процеса на кръвообръщението. Хемеостазата до голяма степен определя информационните процеси в системите на хомеостатичното управление, отразява регулаторните процеси на възстановяване на баланса на веществата, енергията и информацията.

Методът се реализира по пътя на комплексна оценка за устойчивостта на хомеостазата на организма въз основа на разглеждане показателите на централната и регионалната хемеодинамика с оглед риологичните характеристики на кръвта и еластичността на стените на различни сегменти от кръвоносните съдове. По получените параметри определяме степента на неопределеност във функционирането на биосистемите чрез използването на шеноновското определение за ентропия.

Като изходни данни се използва реоенцефалограма, по която се определя чрез известните формули от теорията на информацията максималното H_{max} , фактическото (текущо) H_t и относителното значение H_0 на ентропия на биосистемата.

Приемането и обработването на информацията у човека се осъществява с помощта на универсалния код на p-пропорциите (p-кодове на Фибоначи), в чиято основа лежат параметрите на златното сечение. Именно с помощта на този код се осигуряват оптимални параметри за системите на организма, отговарящи за обработка на информацията. Хармоничността във функционирането на биосистемите е целесъобразно да се оценява с помощта на параметрите на златното сечение [18]. И така, постулира се следният израз: «в общия случай максималното H_{max} и текущото H_t значение на ентропия на биосистемата трябва да се отнасят едно към друго чрез инвариантите на златното сечение». Ако представим значението на параметрите на златното сечение във вид на действителните корени $X_1, X_2, ..., X_{p+1}$ (p>0) на уравнението: $X^{p+1} + X^p = 1$, то съотношението между максималното и текущото значение на ентропия ще се изрази във вида:

$H_t = \Re(X_1, X_2, ..., X_n) H_{max}$,

където Я - оператор на множество решения на изходното уравнение.

В най-простия случай (p=1) могат да се използват следните значения на параметрите на златното сечение: 0,618 и 0,382.

Ето и по-строго определение: "Относителната ентропия на системата и относителната организация на системата при оптимално функциониране на биосистемата се определят от някоя функция от параметрите на златното сечение". По такъв начин аз постулирам, че развитието на системата и стабилността на нейното функциониране е възможно, когато нивото на хаоса и порядка в системата се подчинява на закона за хармония, а именно: намира се в пропорцията на златното сечение. Това е най-общият принцип.

За пълнота на оценката за вътрешно въздейстие е въведена относителна R_0 и абсолютна R_{abs} мярка за организация на биосистемата:

$R_0 = 1-H_0$ (0 $\le R_0 \le 1$); $R_{abs} = H_{max}-H_t$ (0 $\le R_{abs} \le H_{max}$).

Степента на отклонение на реално функциониращата биосистема от нейното хармонично състояние предлагаме да се оценява с помощта на показателя за информационна балансираност **S**:

S=1 - ABS(H₀ - 0.618) / 0.618 (0≤S≤1), S_{max}=1 при H₀=0.618

Интензивността на абсолютното **U**_{abs} и относителното **U**₀ информационно въздействие (степента на ИСС) предлагаме да се определя по формулите:

$$\begin{split} & U_0 = (H_0^{(K)} - H_0^{(H)})/H_0^{(H)} ; \\ & U_{abs} = (H_{abs}^{(K)} - H_{abs}^{(H)})/H_{abs}^{(H)} , \end{split}$$

където индексите К и Н характеризират съответно крайното и началното значение на ентропия на системата (след и до въздействието).

Този подход може да се използва като метод за комплексна оценка на психофилиологическите параметри на човека с цел обективизиране на неговото поведение в екстремални ситуции [19].

Подходът е тестван при при изучаване на ИСС, предизвикано от въздействие върху главния мозък със специално модулирани светлинни импулси с честотата на алфа- и тетаритмите на главния мозък; със звукови вълни, с нискочестотни механични колебания. Беше показана възможността да се приложи разглежданият метод за оценка ефективността на лечение с помощта на алфакамери (вибростимулация съвместно с ароматерапия на фона на музика) и фотостимулатора RelaxEase (музикотерапия съвместно с нискочестотна фотостимулция на ретината на очите) [20, 21].

Заключение

Всяко сериозно разглеждане на човешката история открива колко често се срещат ИСС и колко важна роля играят те. Понякога някои от тях могат да бъдат патологични, но други стават източник на велики прозрения и вдъхновение. Изключително важно за идентифициране на психофизиологичните закономерности във функционирането на психиката е изучаването на ИСС. Изграждането на психофизиологията на ИСС е теоретически напълно допустимо. Основата е поставена с описаните до настоящия момент психофизически корелати на ОСС и преди всичко динамиката на електрофизиологическата активност в различните части на мозъка, динамиката в нивото на асиметрията между мозъчните полукълба, а също и на сравнителния тонус на мозъчната кора и подкоровите структури. Затова като най-близка перспектива за психофизиологията на ИСС би трябвало да се смята разширението на кръга от изследвани състояния и разработването на методи и методики за регистране на изменени състояния на съзнанието.

Методите за регистриране на ИСС са много важни и за разработването на оптимални схеми за рехабилитация и профилактични дейности, предназначени да стабилизират емоционалното състояние на операторите на сложни ергатични системи. Разработването на такива методи обаче се затруднява поради влиянието на широк спектър причини, обуславящи психоемоционалната неустойчивост на човека и съответно определящи адекватността на неговото поведение в екстремални условия.

За ефективното решаване на проблема за регистриране на ИСС е необходимо да се обединят усилията на учените от различни страни и научни области (психолози, биофизици, медици, кибернетици и т.н.).

Литература:

- 1. У с п е н с к и й, В. А. (1982) Теорема Гёделя о неполноте. Москва, Наука.
- D i t t r i c h, A. (1998) Standardized Psychometric Assessment of Altered States of Consciousness (ASCs) in Humans. // Pharmacopsychiatry, vol. 31, Suppl. 2, №7. - P. 84.
- 3. Бехтерева, Н. П., Гоголицын Ю. Л., Кропотов Ю. Д. и др. (1985) Нейрофизиологические механизмы мышления, Ленинград, Наука.
- 4. С п и в а к, Л. И., Данько С.Г., Болотских В.М. и др. (2001) Некоторые нейрофизиологические корреляты измененных психических состояний при родах. Сообщение I: Характеристики ЭЭГ. // Физиология человека, № 1, с.49-54.
- 5. Спивак, Л. И., Кропотов Ю. Д., Спивак Д. Л. и др. (1994) Вызванные потенциалы при голотропном дыхании. // Физиология человека, № 1, с. 44-54.
- 6. С п и в а к, Л. И., Данько С.Г., Болотских В.М. и др. (2001) Некоторые нейрофизиологические корреляты измененных психических состояний при родах. Сообщение II: Характеристики сверхмедленных фазических процессов // Физиология человека, № 2, с.40-46.
- 7. Баевский, Р. М. (1976) Кибернетический анализ процессов управления сердечным ритмом. Актуальные проблемы физиологии и патологии кровообращения. М., Медицина.
- 8. Баевский, Р. М. (1972) К проблеме прогнозирования функционального состояния человека в условиях длительного космического полета.//Физиол. Журн. СССР, 6,с.819-827.
- 9. Кирлиан, В. Х, Кирлиан С. Д. (1964) В мире чудесных разрядов. М., Знание.
- 10. К о р о т к о в, К. Г. (2001) Основы ГРВ биоэлектрографии. СПб.: СПбГИТМО.
- 11. Бундзен, П. В, Загранцев В. В., Коротков К. Г. и др. (2000) Комплексный биоэлектрографический анализ механизмов альтернативного состояния сознания.// Физиология человека, № 5, с. 59-68.
- К р ы ж а н о в с к и й, Э. В., К о р о т к и н а С. А. (2005) Модель связи газоразрядных изображений с состоянием сознания человека // Наука, Информация, Сознание: материалы 9 междунар. конгресса, г. С.-Петерб., 2-4 июля 2005 г. - СПб.: СПбИТМО,. - С. 156-157.
- 13. С п и в а к, Д. Л. (2000) Измененные состояния сознания: психология и лингвистика. СПб., "Издательский Дом Ювента"; Филологический ф-т СПбГУ.
- 14. Бородина, О. А., Пиотровский Р. Г., Спивак Д. Л. (2003) Речевые корреляты измененных состояний сознания // Studia linguistica. Перспективные направления современной лингвистики. XII. – СПб: Российский государственный педагогический университет им.А.И.Герцена, с.42-51.
- 15. К а з н а ч е е в, В. П., Михайлова Л. П. (1985) Биоинформационная функция естественных электромагнитных полей.- Новосибирск, Наука.
- 16. Гуляев, Ю. В., Годик Э. Э. (1984) Физические поля биологических объектов. // Кибернетика живого. Биология и информация. М.: Наука, с. 111-117.

- 17. Маклаков, Г. Ю. (1993) Методика вариационной реоэнцефалографии в диагностике сосудистых заболеваний мозга. // Вкн: Актуальные вопросы теоретической и клинической медицины. Ч.2. Днепропетровск: ДМИ.- С.94-95.
- 18. Маклаков, Г. Ю. (1997) Информационные методы объективизации внешнего воздействия на биосистемы // Вкн.: Материалы II Международной научно-практической конференции "Проблемы квантовой медицины в Украине и за рубежом". Донецк, НИЦ квантовой медицины Министерства здравоохранения Украины, с.46-47.
- 19. Маклаков, Г. Ю. (2011) Метод за комплексна оценка на психофилиологическите параметри на човека за обективизиране на неговото поведение в екстремални ситуции. // Приложна психология и социална практика. Десета межнародна научна конференция. Т.2. Варнка, Университетско издателство ВСУ «Черноризец Храбър, с.329-339.
- 20. Маклаков, Г. Ю., ШваневаИ. Н., КущенковИ. К. и др. (1998) Практические аспекты использования низкочастотной виброароматерапии для стабилизации психоэмоционального состояния человека. // Труды IV Международной конференции IT+ME'98 "Новые информационные технологии в медицине и экологии". Часть 2. 26 мая 4 июня 1998г.- Крым, Ялта-Гурзуф, Российская Академия Наук, МГУ, с. 518-521.
- 21. Маклаков, Г. Ю., Кущенков И. К., Колмогоров В. Н. (1998) Исследование эффективности управляемой низкочастотной фотостимуляции для стабилизации психоэмоционального состояния человека. // Труды IV Международной конференции IT+ME'98 "Новые информационные технологии в медицине и экологии". Часть 2. 26 мая 4 июня 1998г.- Крым, Ялта-Гурзуф, Российская Академия Наук, МГУ, с. 522-524.

Eighth Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, SAFETY 4-6 December 2012, Sofia, Bulgaria

РЕКОНСТРУИРАНЕ ТРАЕКТОРИЯТА НА ДВИЖЕНИЕ НА ЛЕК АКРОБАТИЧЕН САМОЛЕТ ПО ДАННИ ОТ ИНЕРЦИАЛНА НАВИГАЦИОННА СИСТЕМА

Христиан Панайотов¹, Константин Методиев²

¹Технически университет – София, филиал Пловдив ²Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките e-mail: hristian@tu-plovdiv.bg, komet@space.bas.bg

Ключови думи: инерциална навигационна система, микрогравитация

Резюме: В настоящия доклад се разглежда автономен алгоритъм за определяне положението на лек акробатичен самолет по данни, получени от тримерна инерциална навигационна система: линейни ускорения, ъглови скорости и магнитен курс. Алгоритъмът е известен е англоезичната литература като "Strapdown Algorithm" и се свежда до интегриране на показанията на акселерометъра след трансформация в неподвижна координатна система чрез т. нар. Матрица на ротациите. Последната се пресмята по данни, получени от скоростен жироскоп посредством предварително определяне на Ойлеровите ъгли на положението на самолета във въздуха. Приведени са резултати от измерване на споменатите параметри по време на изпълнение на параболичен полет със самолет Pitts S-2B Special. Получените резултати от измерванията и числената реализация на алгоритъма са дискутирани изчерпателно.

RECONSTRUCTION OF A LIGHT AEROBATIC AIRPLANE FLIGHT TRAJECTORY THROUGH AHRS DATA

Hristian Panayotov¹, Konstantin Metodiev²

¹Technical University – Sofia, Plovdiv branch ²Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: hristian@tu-plovdiv.bg, komet@space.bas.bg

1. Теоретична постановка

1.1. Проследяване на ориентацията на AHRS сензор.

Ориентацията на AHRS сензор (англ. Attitude and Heading Reference System) спрямо неподвижна координатна система (НКС, индекс g) се проследява чрез интегриране на данни за ъгловата скорост $\boldsymbol{\omega}_b(t) = |\boldsymbol{\omega}_{bx}(t), \boldsymbol{\omega}_{by}(t), \boldsymbol{\omega}_{bz}(t)|^T$, които се приемат от скоростен жироскоп, [Woodman, 2007]. В резултат се получават Ойлеровите ъгли $\boldsymbol{\phi}$, $\boldsymbol{\theta}$ и $\boldsymbol{\psi}$ (крен, тангаж, рискание) и т. нар. Матрица на ротациите **С** с размерност 3х3. Всеки вектор – стълб в матрицата е единичен вектор по една от осите на свързаната координатна система (СвКС, индекс b), изразен в неподвижната. Векторът \mathbf{v}_b , дефиниран в свързана КС, е еквивалентен на вектор

(1)
$$\vec{v}_{g} = C \vec{v}_{h}$$

дефиниран в неподвижна КС. Обратната трансформация се получава чрез релацията

(2)
$$\vec{v}_b = C^T \vec{v}_g$$

понеже матрицата С е ортогонална.

Проследяването на ориентацията на AHRS сензора се свежда до проследяване елементите на матрицата C във времето. Ако ориентацията във време t се задава от C(t), то изменението на C с течение на времето се дава от дефиницията на първа производна

(3)
$$\dot{C}(t) = \lim_{\delta t \to 0} \frac{C(t + \delta t) - C(t)}{\delta t}$$

в която величината **C**(t + δ t) може да се запише като произведение на матриците (4) $C(t + \delta t) = C(t)A(t)$

Тук A(t) е матрица, която дава връзка между две свързани координатни системи в моментите t и t+δt. Ако измененията на Ойлеровите ъгли δφ, δθ и δψ са малки, тогава матрицата A(t) може да се запише във вида

(5)
$$A(t) = I + \delta \Psi$$

където I е единична матрица. За елементите на матрицата **б** Ψ са направени допусканията sin $\delta \phi$ —> $\delta \phi$, sin $\delta \theta$ —> $\delta \theta$, sin $\delta \psi$ —> $\delta \psi$, както и че косинусите от тези ъгли клонят към нула, т.е.

(6)
$$\delta \Psi = \begin{vmatrix} 0 & -\delta \psi & \delta \theta \\ \delta \psi & 0 & -\delta \varphi \\ -\delta \theta & \delta \varphi & 0 \end{vmatrix}$$

След заместване на равенство (4) във формула (3) се получава, че

(7)
$$\dot{C}(t) = \lim_{\delta t \to 0} \frac{C(t + \delta t) - C(t)}{\delta t} = \lim_{\delta t \to 0} \frac{C(t)A(t) - C(t)}{\delta t} =$$
$$= \lim_{\delta t \to 0} \frac{C(t)(I + \delta \Psi) - C(t)}{\delta t} = C(t)\lim_{\delta t \to 0} \frac{\delta \Psi}{\delta t}$$

В смисъла на граничния преход δt -> 0 допускането, че Ойлеровите ъгли се изменят с малки стойности е вярно и тогава

...

(8)
$$\lim_{\delta t \to 0} \frac{\delta \Psi}{\delta t} = \Omega(t)$$

където

(9)
$$\Omega(t) = \begin{vmatrix} 0 & -\omega_{bz}(t) & \omega_{by}(t) \\ \omega_{bz}(t) & 0 & -\omega_{bx}(t) \\ -\omega_{by}(t) & \omega_{bx}(t) & 0 \end{vmatrix}$$

е антисиметрична форма на вектора на ъгловата скорост $\boldsymbol{\omega}_{\mathrm{b}}(t)$. Следователно, за да се проследи ориентацията на сензора, алгоритъмът трябва да реши системата обикновени диференциални уравнения

(10)
$$\dot{C}(t) = C(t)\Omega(t)$$

която има решение

(11)
$$C(t) = C(0) \exp\left(\int_{0}^{t} \Omega(t) dt\right)$$

Матрицата **С**(0) съдържа началните условия на ориентацията на сензора.

В процеса на реализация на алгоритъма сензор AHRS дава дискретен сигнал за ъгловата скорост ω_b(t) с фиксирана честота. За да се интегрира сигнала е необходимо прилагането на подходящ числен метод. Изборът на такъв метод зависи от конкретната задача. За кратък интервал от време и приложения, които не изискват голяма точност, достатъчно е да се използва схема за числено интегриране от нисък порядък. Такава схема е Метода на правоъгълниците. За по-висока точност се използва схема от 3-ти или 4-ти порядък.

Нека периодът между две последователни измервания на ъгловата скорост да бъде бt. За единичен период [t, t + бt] решението на уравнение (10) се записва във вида:

(12)
$$C(t + \delta t) = C(t) \exp\left(\int_{t}^{t+\delta t} \Omega(t) dt\right)$$

След прилагане на Метода на правоъгълниците се получава, че

(13)
$$\int_{t}^{t+\delta t} \Omega(t) dt = B$$

където

(14)
$$B = \begin{vmatrix} 0 & -\omega_{bz} \delta t & \omega_{by} \delta t \\ \omega_{bz} \delta t & 0 & -\omega_{bx} \delta t \\ -\omega_{by} \delta t & \omega_{bx} \delta t & 0 \end{vmatrix}$$

както и че векторът $\boldsymbol{\omega}_{b} = |\omega_{bx}, \omega_{by}, \omega_{bz}|^{T}$ е ъгловата скорост в момента на измерване. След полагане $\sigma = |\boldsymbol{\omega}_{b} \delta t|$, заместване на (13) в уравнение (12) и записване в ред на Тейлор на експоненциалния член се получава

$$C(t + \delta t) = C(t) \left(I + B + \frac{B^2}{2!} + \frac{B^3}{3!} + \frac{B^4}{4!} + \dots \right) =$$

= $C(t) \left(I + B + \frac{B^2}{2!} - \frac{\sigma^2 B}{3!} - \frac{\sigma^2 B^2}{4!} + \dots \right) =$
= $C(t) \left[I + \left(1 - \frac{\sigma^2}{3!} + \frac{\sigma^4}{5!} \dots \right) B + \left(\frac{1}{2!} - \frac{\sigma^2}{4!} + \frac{\sigma^4}{6!} \dots \right) B^2 \right] =$
= $C(t) \left(I + \frac{\sin \sigma}{\sigma} B + \frac{1 - \cos \sigma}{\sigma^2} B^2 \right)$

Последното уравнение се използва за актуализация на матрицата С след всяко ново измерване.

Сигналите за ъглова скорост, получени от жироскопите, си интегрират чрез описания алгоритъм и по тази причина грешките в сигналите се "разпространяват" в стойностите на изчислената ориентация. За повечето MEMS (Microelectromechanical Systems) сензори основните източници на грешка са белия шум и систематичната грешка (грешката от отместване, bias error). Белият шум предизвиква случайна промяна в сигнала на измервания ъгъл, чието стандартно отклонение нараства пропорционално на квадрата на времето. Некорелираната систематична грешка предизвиква отклонение в ориентацията, което нараства линейно с времето. В допълнение възникват и грешки от квантуване на ъгловата скорост и схемата на интегриране на матрицата **С**.

1.2. Проследяване на позицията на AHRS сензор.

За да се проследи позицията на AHRS сензор сигналът $\mathbf{a}_{b}(t)=|\mathbf{a}_{bx}(t), \mathbf{a}_{by}(t), \mathbf{a}_{bz}(t)|^{T}$, получен от акселерометъра, се проектира в неподвижна КС:

(16)
$$\vec{a}_{g}(t) = C(t)\vec{a}_{b}(t)$$

(15)

В последствие се приспада гравитационното ускорение и полученият резултат се интегрира веднъж, за да се получи скорост, и втори път, за да се получи преместване:

(17)
$$\vec{v}_{g}(t) = \vec{v}_{g}(0) + \int_{0}^{t} \vec{a}_{g}(t) - \vec{g}_{g} dt$$
$$\vec{s}_{g}(t) = \vec{s}_{g}(0) + \int_{0}^{t} \vec{v}_{g}(t) dt$$

0

където $\mathbf{v}_g(0)$ е началната скорост на сензора, $\mathbf{s}_g(0)$ е началното преместване и \mathbf{g}_g е гравитационното ускорение в неподвижна КС.

Подобно на алгоритъма за проследяване на ориентацията, подходяща схема на интегриране трябва да се приложи и към сигналите от акселерометъра. Просто прилагане на правилото на правоъгълниците свежда система (17) до равенствата



Фиг. 1. Алгоритъм "Strapdown"

(18)

$$\vec{v}_{g}(t+\delta t) = \vec{v}_{g}(t) + \delta t [\vec{a}_{g}(t+\delta t) - \vec{g}_{g}]$$
$$\vec{s}_{g}(t+\delta t) = \vec{s}_{g}(t) + \delta t . \vec{v}_{g}(t+\delta t)$$

Грешките, които възникват в акселерометрите, се разпространяват в резултатите в процеса на двойното интегриране. Това е обичайният случай на дрейф в позицията на сензора. Грешките в сигналите на жироскопите също водят до дрейф в изчислената позиция, тъй като матрицата на ротациите С, получена от алгоритъма за проследяване на ориентацията, се използва за проектиране на сигналите от акселерометъра в неподвижна КС. Това от своя страна води до следните два проблема. Първо, ускоренията на сензора се интегрират в грешна посока и второ, гравитационното ускорение не може да се елиминира коректно.

В алгоритъм "Strapdown" стойността 1g се изважда от вертикалното ускорение, проектирано в неподвижната КС. Целта е да се елиминира постоянна съставна в сигнала от гравитационното поле, която в противен случай би се акумулирала в процеса на числено интегриране. Грешка от наклон ε (tilt error) дава като резултат компонента g.sin(ε) по хоризонталните оси. Това предизвиква систематична грешка от гравитационно ускорение да се натрупва в сигналите на хоризонталните ускорения. По същия начин се натрупва и систематична грешка с големина g.[1 - cos(ε)] в неподвижната вертикална ос, но тя е много помалка, тъй като за малки стойности на ε се получава, че $\cos(\varepsilon) \rightarrow 1$ и $\sin(\varepsilon) \rightarrow \varepsilon$. Следователно грешката в позицията на сензора, причинена от малки грешки по наклон, ще се отрази главно на измерванията в неподвижната ХУ равнина.

Разпространението на грешката от жироскопа в изчислената позиция на сензора е критичен случай в почти всички AHRS системи. В повечето приложения големината на g е много по-голяма от средното абсолютно ускорение на самия сензор. В такива случаи критичен проблем се явява фактът, че компонента на гравитационното ускорение се проектира върху хоризонталните оси на неподвижната КС. Като конкретен пример може да се посочи грешка от наклон само 0.05°. Тази грешка ще даде като резултат компонента от гравитационно ускорение по хоризонталните неподвижни оси с големина 0.0086 m/s². Това от своя страна води до грешка в хоризонталната позиция, която нараства по квадратичен закон до 7.7 m само след 30 секунди.

1.3. Начални условия на алгоритъма за проследяване на позицията на AHRS сензор.

Проблемът е изчерпателно дискутиран от [Slifka, 2004]. В настоящото изследване се използват приблизителни стойности на началните условия, но интерес предизвиква и използването на филтри за тяхното определяне. Когато се извършва двойно интегриране на измерените сигнали възникват два основни проблема, а именно: дрейф на акселерометрите и скоростните жироскопи; началните условия (скорост и позиция, фиг. 1) на системата по правило са неизвестни.

Необходимостта началните условия на задачата да са зададени предварително следва непосредствено от формулата на Нютон – Лайбниц за пресмятане стойността на определен интеграл, както и от вида на система (17). Начин да се определят тези условия е директното им измерване, но това в повечето случаи е неприложимо.

Дрейфът на акселерометъра се причинява от малка постоянна съставна (англ. DC bias) в измереното ускорение, която води до грешки в интегрирането. На фиг. 2 е илюстриран проблема, съпътстващ двукратното числено интегриране на примерна функция sin(t) по Метода на трапеците. Резултатите показват двата случая, когато началните условия са зададени точно (лява колона) и когато към тях е добавена постоянна съставна.

Същата ситуация може да се опише и аналитично. Нека сигналът на акселерометъра да е съставен от времезависеща компонента с нулева средна и адитивна константа (дрейф):

(19)
$$A(t) = a(t) + d_0$$

За определяне на скоростта дясната страна на равенството се интегрира чрез разлагане. При задаване на нулеви начални условия за сигнала на скоростта се получава, че

(20)
$$V(t) = \int_{0}^{t} A(\tau) d\tau = \int_{0}^{t} a(\tau) d\tau + \int_{0}^{t} d_{0} d\tau = \int_{0}^{t} a(\tau) d\tau + d_{0} t = v(t) + d_{0} t$$

+

Вижда се, че второто събираемо описва наклонена права с ъглов коефициент d₀. Ако се интегрира повторно резултата от уравнение (20) се получава

(21)
$$X(t) = \int_{0}^{t} V(\tau) d\tau = \int_{0}^{t} v(\tau) d\tau + \int_{0}^{t} d_{0}\tau d\tau = \int_{0}^{t} v(\tau) d\tau + \frac{1}{2} d_{0}t^{2} = x(t) + \frac{1}{2} d_{0}t^{2}$$

В уравнение (21) x(t) е търсената компонента на сигнала на позицията на сензора, а степенната функция $1/2d_0t^2$ е грешка. Красноречив пример може да се даде към последните изрази когато акселерометърът измерва в неподвижно положение. Полученият сигнал е с постоянна стойност по едната ос. Ако не се приспадне постоянната съставна на сигнала (в случая 9.81 m/s²) след прилагане на уравнения (20) и (21) се получава, че сензорът се движи по квадратна парабола.

След интегрирането показанията на акселерометъра резултатът в повечето случаи съдържа постоянна съставна. Начин същата да се отстрани е използването на ВЧ филтри, например с крайна/безкрайна импулсна характеристика (FIR/IIR). Недостатък на метода е преходен процес, който възниква в началните стъпки на интегриране.



Фиг. 2. Числено интегриране на функция sin(t) при различни начални условия

2. Методи и материали

Измерванията бяха проведени през месец Април, 2012 г. на борда на лек акробатичен самолет Pitts S-2B Special LZ AIR, собственост на фирма Air Sport ООД (фиг. 3), а използваните AHRS сензори – MicroStrain 3DM–GX3–25 и VectorNav VN–100 (фиг. 4). Мястото на провеждане на полетите беше летище Лесново LBLS TWR 122.250 MHz. Полетната задача включваше изпълнение на параболичен маньовър с цел да се постигне възможно най–продължителен участък на нулево нормално претоварване или микрогравитация (фиг. 5). Сензорите бяха монтирани на стенд в първа кабина на самолета. Взети бяха мерки за демпфиране на вибрациите от двигателя. В получените резултати се отчете също така положението на масовия център на самолета.

За числено интегриране показанията на акселерометъра бе използван известния Метод на трапеците, който обстойно е описан от [Atkinson, 1989].



Фиг. 3. Pitts S–2B Special, използван в летателните експерименти



Фиг. 4. AHRS сензори MicroStrain 3DM–GX3–25 (ляво) и VectorNav VN–100



Фиг. 5. Pitts S-2B Special изпълнява параболичен маньовър на пределно малка височина

3. Резултати

Постигнатата продължителност на участъка на микрогравитация варира в интервала 6 ÷ 10 секунди (фиг. 6), като епизодично се наблюдаваха и параболи с продължителност 14 сек. Маньовърът се разпознава на записа на нормалното претоварване по типична S – образна форма. Обяснението се състои в това, че началото на изпълнение на параболата е съпроводено с внезапно увеличаване на стойността на ъгъла на атака, а от там и на претоварването. Времето на микрогравитация продължава и по низходящия участък на параболата.

За по-добро разпознаване на параболичния маньовър беше създадена програмна реализация на алгоритъм "Strapdown" в програмна среда Matlab. Получените резултати за една парабола са представени на фиг. 6 и 7. Времето за решаване на задачата за една парабола на персонален компютър с процесор Intel Core I7 варира в интервала 0.5 ÷ 0.6 секунди.

Началните условия на задачата са определени от бордовите скоростомер и висотомер. По данни на пилота те са $v_0 = 80$ m/sec и $h_0 = 0$ m, като последната стойност е приета условно. Честотата на събиране на данни е 50 Hz.



Фиг. 6. Измерено нормално претоварване по време на параболичния маньовър (ляво) и реконструирана парабола в среда Matlab



Фиг. 7. Ойлерови ъгли (ляво) и обезразмерени стойности на измерените ускорения в подвижна КС по време на параболичния маньовър

В амплитудно – честотната характеристика на сигнала на нормалното претоварване се наблюдават преобладаващи честоти със стойности 44.4, 90.3 и 134.6 rad/sec. Авторите на доклада приемат, че същите възникват от вибрациите на двигателя на самолета. Тези вибрации се елиминират от сигнала преди интегриране с използването на НЧ филтър с крайна импулсна характеристика със следните параметри: гранична честота на пропускащата лента 0.1 rad/sample, гранична честота на задържащата лента 0.8 rad/sample, максимално допустими отклонения в пропускащата лента 1 dB, затихване в задържащата лента 300 dB.



Фиг. 7. Доминиращи честоти в сигнала на нормалното претоварване в следствие вибрации на двигателя, Sample = 20 ms

4. Дискусия

При реконструкцията на траекторията на летателен апарат по данни от MEMS–INS възникват най–общо три отделни задачи. На първо място е необходимо да се избере и приложи подходящ метод за филтрация на измерените данни от сензорите. От една страна това е фоновият шум на акселерометрите, който е високочестотен и би довел до натрупването на грешка при интегрирането, а от друга страна това е описания вече в т.1.2. проблем свързан с проектирането на вектора на земното гравитационно поле по осите на акселерометрите заради грешка от определяне на пространствената ориентация (по сигнала на жироскопите). Като краен резултат от тези грешки се получава дрейф на положението (координатите в неподвижна координатна система) на обекта – летателен апарат. Наличието на описания дрейф променя значително траекторията на полета и трябва да се елиминира. Ето защо са използвани филтри, които изрязват високочестотния шум и пропускат спектри, които са характерни за смутеното движение на летателния апарат. В допълнение е използван филтър на състоянието, който по зададен алгоритъм оценява пространствената ориентация на летателния апарат.

Втората задача е трансформация на проекциите на ускоренията от свързана, с летателния апарат, координатна система към неподвижна такава. Тук се използва матрицата на ротациите, елементите на която се определят от наличната информацията за Ойлеровите ъгли.

Третата задача е да се интегрират числено ускоренията на летателния апарат в неподвижната координатна система. Тук от съществено значение е изборът на метод за интегриране. Важна се оказва и честотата на дискретизация на измерваните данни. Би могло да се говори за определен оптимум при избора на честотата на записване на данните от сензорите. При ниска честота могат да се пропуснат по-динамичните изменения в данните от сензорите, а при висока честота отново ще се натрупа грешка от интегрирането на зашумен сигнал. В този смисъл методът на интегриране може да служи като допълнителна филтрация. При обработката на данните отделните параболични участъци са взети поотделно, тъй като опитът да се обработи и интегрира целия полет е свързан с натрупването на значима грешка. Източник на тази грешка са както акселерометрите, така и численият метод на интегриране. Ето защо е целесъобразно да се комбинират данните от AHRS с данни от GPS приемник. В последния случай в интервала между две навигационни точки от GPS могат да се изчислят координатите чрез интегриране на ускоренията от AHRS. Така данните от GPS могат да послужат като начални условия за интегриране и като средство за елиминиране на натрупваната грешка.

Както показва предварителното проучване, изпълнението на параболичен маньовър изисква специално оборудван самолет, например акробатичен. В инструкциите за летателна експлоатация на самолети с общо предназначение маньовърът се цитира като грешка в техниката на пилотиране. Регламентира се и максимално време за прекратяване на маньовъра, в противен случай съществува реална опасност двигателят да блокира във въздуха. Подобни ограничения в летателната експлоатация съществуват дори за бойни самолети с газотурбинни двигатели. За МиГ–29 например ограничението по нулево и отрицателно нормално претоварване е 5 секунди.

Полетът по параболична траектория в рамките на описания експеримент се извършва в ръчен режим на пилотиране, което изисква предварителна летателна подготовка на пилота за изпълнение на този маньовър. Трудността се свежда не в постигането, а в поддържането на постоянна стойност на нормалното претоварване.

В много източници са цитирани експерименти, провеждани в условията на индуцирана микрогравитация. По време на изпълнение на параболичния маньовър, самолетът се пилотира изцяло в автоматичен режим, а продължителността на маньовъра надхвърля 30 сек. В света съществуват няколко самолета, които са специално оборудвани за безопасно изпълнение на параболичен маньовър, например КС–135 на NASA, Airbus A–300 на Европейската космическа агенция и руският Ил–76. Скромните резултати, които са постигнати във връзка с настоящето изследване, благодарение и на добрата воля на отделни професионалисти, са повече от добри с оглед възможностите в нашата държава. Въпреки всички трудности налице е разработена методика за провеждане на описаните летателни експерименти, като за целта е закупена специфична научна апаратура, проведени са ред измервания и тренировъчни полети.

Благодарности

Изследването в настоящия доклад е проведено в рамките на договор ДМУ02/2, 17.XII.2009г. между ИКИТ – БАН, ТУ – София, филиал Пловдив и Фонд "Научни изследвания" – МОМН.

Авторите изказват благодарност на полк. инж. Свилен Иванов (фирма Air Sport ООД) за оказаното съдействие и професионално изпълнение на полетните задачи!

Литература:

1. W o o d m a n, O. J. An Introduction to Inertial Navigation, Technical Report № 696, University of Cambridge, UCAM-CL-TR-696, ISSN 1476-2986, 2007

- S I i f k a, L. D. An Accelerometer Based Approach to Measuring Displacement of a Vehicle Body, MSc thesis, submitted to the Horace Rackham School of Graduate Studies of the University of Michigan, 2004
- 3. A t k i n s o n, K e n d a I I E. An Introduction to Numerical Analysis (2nd ed.), New York: John Wiley & Sons, ISBN 978-0-471-50023-0, 1989

ТРИБОЛОГИЧНО СЪСТОЯНИЕ НА АНТИФРИКЦИОНЕН МАТЕРИАЛ ВЪВ ВАКУУМ И АТМОСФЕРНА СРЕДА

Тинка Грозданова

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките e-mail: tinka_gr@abv.bg

Ключови думи: трибология, самосмазващи се композитни антифрикционни материали, вакуум

Резюме: В статията са представени резултатите от трибологично изследване на повърхността на самосмазващ се композитен антифрикционен материал на медна основа, изпитан в условията на вакуум и в атмосферна среда.

TRIBOLOGICAL STATE OF ANTIFRICTIONAL MATERIAL IN VACUUM AND ATMOSPHERE SURROUDINGS

Tinka Grozdanova

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: tinka_gr@abv.bg

Keywords: Tribology, self-lubricating antifrictional materials, vacuum.

Abstract: The results of a tribological study on the surface of a self-lubricating antifrictional material in vacuum and in ambient air are presented.

1.Увод

При взаимодействието на две тела, участващи в трибопроцес, контактните повърхности претърпяват изменения, в резултат на които се образува нов веществен продукт, наричан понякога "трето контактно тяло" [1]. Формирането и съставът на този продукт зависят както от вида на материалите, така и от условията, при които протича процесът – обкръжаваща среда, сила на взаимодействие, скорост на движение, времетраене и т.н. Контактното тяло съчетава в себе си комплекса от изменения и трансформации на основните материали в контактната област.

Някои автори наричат този продукт "формиращ се трибофилм" и изследват връзката между механизма на адхезионно износване и химическите реакции [2,3]. Триенето на метални повърхности, съвместно с механичната енергия, стимулира появата на физически процеси и последващо възбуждане на химически реакции с молекулите на обкръжаващата среда. Измененията на материала и енергийното състояние на трибоконтакта, появата на елестични, пластични и деструктивни деформации се изследват в различни размерни диапазони. Трибодеформациите, предизвикани от изменения в кристалната решетка, водят до разкъсване на кристало-химични връзки, електронна емисия и разрушаване на материалите [1].

Тези процеси се проявяват в по-голяма степен, ако материалите се използват в екстремни условия – в откритото космическо пространство, във вакуум или при сухо триене [4,5].

2. Изложение

По съвместна научна програма между Института за космически изследвания и технологии към БАН и Института по проблеми на материалознанието към Националната Академия на Науките на Украйна беше разработена серия самосмазващи се композитни антифрикционни материали под общото название ИПМ. Те се отличават с това, че притежават

хетерогенна структура и съставните компоненти имат определени функции. Разработени са на медна основа, легирана с фосфор, никел, манган и калай. Съдържат изолирани глобуларни образувания на оловото, което практически не взаимодейства с медта. Основният технологичен принцип при създаването им е постигане на оптимални трибопараметри: нисък коефициент на триене, висока износоустойчивост, голяма товароносимост и защита срещу образуване на центрове на зацепване и задиране в контактната област. Медта и нейните сплави изграждат носещата матрица, а оловото реализира антифрикционните функции [6,7].

Материалът ИПМ -304 (Cu – P – Sn – Pb) беше изследван при сухо триене във вакуум и на въздух. На повърхността се образува оловен смазочен слой, вследствие на повишаването на температурата в контакта, на разликите между коефициентите на дифузия и термично разширение на матрицата и на оловото, както и на пластичната деформация. Равномерното разпределение и стабилността на този слой зависят от много фактори като: структурните промени в повърхностния слой, разпределението на оловото в обема на материала, температурата в контактната зона и режима на триене. От тях се определят антифрикционните параметри на композита, неговата адаптивност и ефектът на самосмазване.

С увеличаване на скоростта на триене и силата на натоварване, температурата в контакта се покачва и количеството на оловната смазка нараства. При по-лек режим на работа (товар 2N) снабдяването на повърхността с олово се обяснява с процеса на дифузия. При потежък режим (товар10N) обогатяването с олово е по-интензивно и оловният слой е с по-голяма плътност [8]. Това се дължи, както на повишената температура (до 170°С), така и на допълнително избутване на олово към повърхността под действието на товара.

3. Експериментални резултати

3.1. Изследване на триещата се повърхност на материала във вакуум

Изследването е извършено с трибосистема "pin-on-disk" (палец-диск) във вакуум 1.10⁻³ Ра при натоварване 2 N и скорост на движение 0,2 m/s. Дискът, който се движи, е изработен от материала ИПМ-304. Палецът, който се явява контратяло, е изработен от стомана AISI 52100 (100 Cr6) с твърдост 740 HV [9].

На фиг.1 е показано изображение на повърхността на диска, направено със сканиращ електронен микроскоп.



Фиг. 1. Морфология на повърхността на ИПМ -304 след сухо триене във вакуум

Вижда се добре оформеният оловен смазочен слой върху обработваната повърхност. На фиг.2 е показана снимка от анализа на елементния състав в точките 1 и 2, извършена с рентгенова микросонда. Количеството на олово е значително и преобладава в сравнение с другите компоненти, особено в т.1 – най-светлата област.



Фиг. 2. Спектри на елементния състав в две точки на оловния слой

На фиг. 3 е показан спектърът на елементния състав на продукта от износването. Спектърът съдържа компоненти от матрицата – мед, фосфор, калай и олово.



Фиг. 3. Спектър на продукта от износването при сухо триене във вакуум

3.2. Изследване на триещата се повърхност на материала в атмосферна среда

На фиг.4 е показан видът на повърхността след триене на въздух.



Фиг. 4. Морфология на повърхността на ИПМ -304 след сухо триене на въздух

Образувалият се оловен слой се окислява, става по-крехък и се износва лесно, което води до нарастване на коефициента на триене и интензитета на износване. Това би могло да се компенсира частично с увеличение на натоварването и скоростта

3.3. Изследване на повърхността на контратялото и елементния състав на продукта от износването при триене на въздух

Това изследване е проведено по същия метод, както и предните случаи, но палецът е изработен от материала ИПМ-304, а контратялото представлява стоманен диск. На фиг.5 е показана снимка на повърхността на контратялото.



Фиг. 5. Повърхност на контратялото след триене на въздух

Виждат се три зони : зона 1 – повърхността на диска извън контактната област, зона 2 – следата от триенето и зона 3 – продуктът от износването.

На фиг.6 е показан спектърът на елементния състав на продукта от износването.



Фиг. 6. Спектър на продукта от износването при сухо триене на въздух

Частиците от продукта от износването са разположени на границата на зони 1 и 2, а част от тях и върху следата от триене. От спектралния анализ се вижда, че в него се съдържат елементите на композитния материал – Cu, Sn, P, Pb и елементи от стоманата - Fe, Cr. Съдържанието на олово е 2,5 пъти по-голямо, в сравнение с това при триенето във вакуум, където освен металното олово, е регистрирано и присъствие на неговия окис. По-силното триене води до износване на повърхността на стоманения диск, въпреки голямата твърдост на материала.

4. Заключения

От снимките се вижда, че повърхността на изследвания самосмазващ се композитен антифрикционен материал ИПМ-304 се обогатява с олово в процеса на сухо триене във вакуум и на въздух.

При триене във вакуум смазващият оловен слой е плътен и износоустойчив.

При триене на въздух полученият оловен слой е неравномерен и по-лесно се износва. Прилагането на по-голямо натоварване в контакта компенсира частично тези недостатъци, но би довело до по-голяма консумация на енергия.

Литература:

- 1. К о ж у х а р о в а, Е. Трибология същност и значение. Трибологията в геоложките процеси. Списание на българското геологическо дружество, год.69, кн.1-3, 2008, 125-127.
- 2. H i r a t s u k a, K., C. K a i d a s. Wear and Chemical Reactions, TRIBOLOGY. Science and Application, Proceedings of the Review Conference on the scientific cooperation between Austria, Poland and their world-wide partners, especialli from middle-european countries, April 23-27, 2003, Vienna, 71-90.
- 3. K a j d a s, C. Physics and Chemistry of Tribology, TRIBOLOGY. Science and Application, Proceedings of the Review Conference on the scientific cooperation between Austria, Poland and their world-wide partners, especialli from middle-european countries, April 23-27, 2003, Vienna, 7-10.
- 4. Грозданова, Т. Характер и механизми на трибоемисията във вакуум, Tribological Journal BULTRIB, Papers from Conference BULTRIB ' 11, October 28, 2011, Sofia, 250-253.
- 5. Грозданова, Т. Специфични явления в трибоматериалите в космически условия, SES 2010, Sixth Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, SAFETY, November 2-4, 2010, Sofia, Bulgaria, Proceedings, 144-147.
- 6. С и м е о н о в а, Ю., Г. С о т и р о в, М. А с т р у к о в а, Т. Г р о з д а н о в а. Нови самосмазващи се антифрикционни материали за работа в екстремни условия. SENS 2009, Fifth Scientific Conference with International Participation, SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY November 2-4, 2009, Sofia, Bulgaria. Proceedings, 293-296.
- 7. С и м е о н о в а, Ю. М. Изследване на нови материали и покрития с подобрени антифрикционни свойства за космическо приложение. Хабилитационен труд Ст.н.с. I ст., София, 2004.
- 8. Грозданова, Т. Физико-химически изменения в структурата на самосмазващи се композитни материали при работа във вакуум, SES 2010, Sixth Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, SAFETY, November 2-4, 2010, Sofia, Bulgaria. Proceedings, 148-151.
- 9. S i m e o n o v a, Yu., G. S o t i r o v. Study of the Parameters of New Antifrictional Materials Under Dry Friction Conditions, BAS, ARC - Siebersdorf - Austria, ARC - W – 0136, p.p. 1-30, 2002 (Data Bank of European Research Innfrastucture – AMTT).

ПРОГРАМА И МЕТОДИКА ЗА ПРОВЕЖДАНЕ НА ЕКСПЕРИМЕНТ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА ОТКРИТИЯ КОСМОС ВЪРХУ МАТЕРИАЛИ НА ОСНОВАТА НА ДИСПЕРСНОУЯКЧЕНА АЛУМИНИЕВА СПЛАВ

Анна Бузекова - Пенкова

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките e-mail: a_bouzekova@abv.bg

Ключови думи: алуминиеви сплави, ултрадисперсен диамантен прах

Резюме: Композиционните материали са материалите на бъдещето и изискванията към тях стават все по-големи. Това доведе до създаването на нов материал в нашето направление. Това е материал на алуминиева основа, който съчетава в себе си максимална здравина, в комбинация с висок модул на еластичност, устойчивост на топлина, устойчивост на износване, ниска плътност и други свойства. За космически приложения от съвременните композити се изисква да работят в екстремални условия и да притежават редица специфични физико-механични показатели. Ето защо изследването на този материал в условията на открития космос се предхожда от предварителни изследвания, които ние тук представяме.

Keywords: aluminium alloys, ultra dispersed diamond powder

Abstract: Composite materials are materials of the future and the requirements for them increase. This led to the development of a new material in our department. This is the aluminum based material that combines maximum strength in combination with high modulus of elasticity, heat resistance, abrasion resistance, low density and other properties. For space applications of advanced composites are required the capabilities to work in extreme conditions and to have a number of specific physical and mechanical properties. Thus, the study of this material in the outer space conditions is preceded by preliminary studies, which we present here.

Композиционните материали са материалите на бъдещето, изискванията към тях стават все по-големи и са предмет на разработки от различни международни и наши научноизследователски екипи [1-4]. Това доведе до създаването на нов материал в нашето направление.

Стремежът ни е получаването на нови композиционни материали на базата на AL с висока твърдост, висока плътност и топлинна устойчивост. Такива материали представляват значителен интерес за използването им в космическа техника и в частност за космическото приборостроене.

Изходната сплав е В95, количествена прибавка на ултрадисперсен диамантен прах /УДДП/ и волфрам W.

С появата на взривно получени диаманти, в т.ч. ултрадисперсни, които са твърде евтина суровина, възниква възможност за използването им като уякчаващи частици. Процентната добавка е уточнена в резултат на собствени изследвания /за W от експеримент "ВОАЛ" [2] от програма на втория космонавт, а за УДДП- в рамките на договор 412/87 от МОНТ/ [5,6].

С цел получаване на алуминиеви сплави с диамантени микрочастици е избран метода на праховата металургия поради преимуществата на този род материали.

Резултатите от микроанализа ни показват, че получените материали са в равновесно състояние поради по-високата хомогенност, която се постига с много доброто разбъркване на армиращата фаза във вид на малки частици, хаотично разпределени в матрицата.

Оценката на ефекта на уякчаване с помощта на съотношенията на Аксел и Ленел показват, че легирането с частици на УДДП дава резултат още при малки концентрации. Твърдостта на сплавта е от порядъка HRB= 80-268, d= 20 А°.

НRВ без УДДП е около 50-60.

Стремежът ни е постигане на по-висока твърдост за сметка на якостта.

Условията в открития космос съществено се различават от тези на земната повърхност: микрогравитация, широк работен температурен диапазон от -150 до +120⁰C, електромагнитно лъчение в УВ и ЕУВ диапазони на спектъра, значителни потоци енергетични електрони и йони, като за всички (освен микрогравитацията), промяната на въздействието има квазиударен периодичен характер. Тези условия не могат или е много скъпо да бъдат имитирани на земята и ето защо изследването на такъв вид материали е необходимо и възможно да се извърши в условията на открития космос.

За реализацията на такива изследвания беше разработена настоящата програма и методика за провеждане на експеримента ДП-ПМ, като част от експеримента ОБСТАНОВКА, Първи етап, на Руския модул на Международната Космическа Станция (МКС) в Института за Космически Изследвания и Технологии при Българската Академия на Науките.

Първият етап е свързан с разработването на блок ДП-ПМ (Технологически Образец-ТО) за провеждане с него на приемо - предавателни изпитания и конструкторскодовършителни. След успешното преминаване на изпитанията бяха изработени два блока ДП-ПМ Летателен Образец (ЛО), предназначени за щатните изпитания и един блок ДП-ПМ (ГЛ), предназначен за тренировки на оператора-космонавта в хидролабораторен басейн. Всичките образци конструктивно са идентични.



Фиг. 1

Блокът ДП-ПМ е показан на фиг. 1

Блок ДП-ПМ представлява контейнер от високояк композиционен материал на алуминиева основа с размери 185х70х20. Във вътрешността на контейнера са разположени 10 бр. цилиндрични епруветки изработени от дисперсноуякчена алуминиева сплав. Епруветките се фиксират посредством пружиниращ шплент в отворите от двете страни на контейнера.





Блокът ще бъде изнесен и закрепен от космонавт към повърхността на блок КВД1 чрез "Велкро". Показано е на фиг. 2. След престой не по-малък от 6 (шест) месеца на повърхността на КВД1 в условията на околоземната орбита, блокът ДП-ПМ трябва да бъде върнат на Земята за допълнителни проучвания и сравнения с референтни проби оставени на земята. Блокът ДП-ПМ не се нуждае от електрическо захранване и няма електронни елементи. Явява се механична конструкция, следователно всичките изисквания към него са механически и поради това, блокът беше подложен само на необходимата серия механични изпитания и входен (конструктивен) контрол в съответствие с техническите изисквания за космическия експеримент "Обстановка" за Руския сегмент на Международната Космическа Станция в предприятие "ЕКТРОН"- АД гр. Панагюрище.

1. Проверка на комплектацията на прибора и документацията

Проверката се извършва в съответствие с настоящата методика, обозначения, маркировки, наличието на пломби и заводска номерация на блока, а също така наличието на документация, необходима за провеждане на изпитанията.

2. Проверка на външния вид, габаритните и присъединителните размери и масата.

2.1. Проверка на външния вид

Блокът ДП - ПМ не трябва да има шупли, вдлъбнатини, пукнатини, драскотини по защитните покрития и други дефекти, влияещи на качеството и развалящи външния вид. Маркировката трябва да съответства на габаритните чертежи на блока.

2.2. Проверка на габаритите и присъединителните размери. Проверката на габаритните и присъединителните размери се извършва с измерителни инструменти имащи точност на измерване не по-малка от 0,1 мм.

Изискванията за габаритите на блока ДП-ПМ са до 200 х 100 х 20 мм. Изработения блок ДП-ПМ е с размери 185 х 70 х 10 мм.

2.3. Проверка на масата на прибора.

Масата на изделието се проверява чрез претегляне с везна, имаща точност 50 g. Тя не трябва да превишава 300g.

Масата на наземния блок (контейнер) включително с епруветките е 260g, масата на летателния блок (контейнер) включително с епруветките е 268g

3. Вакумни изпитания.

Блок ДП-ПМ се поставя във вакумна камера.

Проверява се работоспособността на блок ДП-ПМ в съответствие с настоящата

методика, след това налягането в камерата се сваля до 1.10⁻⁴ блокът престоява в камерата 1 ч. Блокът ДП-ПМ се изважда от вакуумната камера и се проверява работоспособността по настоящата методика.

4. Изпитание на въздействие на повишени/ понижени температури на експлоатация. Изпитанията се провеждат в термокамера.

За блока ДП-ПМ работните температури са от - 50° до + 50° С.

Проверява се работоспособността в съответствие с настоящата методика.

4.1. Проверка на топлоустойчивостта при температурата на транспортиране. Блок ДП-ПМ се монтира в неработещо състояние в термокамера.

Камерата се нагрява до температура + 50° С, приборът престоява в продължение на три часа: Изключва се нагревателя на камерата. След това се установява нормална температура (+20° С) и приборът престоява в тези условия в продължение на 2 часа и се пристъпва към проверка на работоспособността на уреда по настоящата методика.

4.2. Проверка студоустойчивост при температура на транспортиране.

Блока ДП-П М се монтира в термокамерата.

Камерата се охлажда до - 50° С, приборът престоява в продължение на 3 часа. Изключва се камерата, достига се до нормална температура (+ 50° С), приборът се държи в тези условия в течение на 1 час. След изваждане на прибора от камерата се прави проверка на работоспособността по настоящата методика.

5. Проверка на влагоустойчивост.

Блока ДП-ПМ се поставят в камерата за проверка на влажност. След достигане на необходимия режим на изпитания: температура +25° ± 10⁰ С и влажност 95 ± 3%, блокът престояват в камерата 48 часа. Камерата се изключва. Изважда се и се темперират при нормални климатични условия не по-малко от 3 ч. Прави се проверка на работоспособността. 6. Изпитания на виброустойчивост на синусоидални ускорения при честота 25 Hz.

Ос. Изпитания на виороустоичивост на синусоидални ускорения при честота 25 нгг. Монтира се блока ДП-ПМ на плота на вибростенда в положение за експлоатация. Вибростендът се установява на честота 25 Нг, ускорение 2 g, и в продължение на 30 мин. блокът се подлага на вибрации. След приключване на изпитанието, блокът се снема от плота, визуално се проверява отсъствието на механични повреждания или страничен шум. След това блокът ДП-ПМ се отваря, за да се установи целостта на епруветките, контактите повърхнини и работоспособността при нормални климатични условия.

7. Изпитание на въздействието на линейни претоварвания

Приборът ДП-ПМ трябва да бъде работоспособен в условия на външни въздействащи фактори, допълващи и уточняващи изискванията към апаратурата по ОСТ 92-5100-2002:

Следват въздействия в произволно направление с механични удари максималните стойности на които са указани в следната таблица (ТАБЛ 1):

Ударно ускорение,	Продължителност действието на ударното	Количество на
9	ускорение, мсек	ударите
40	1-3	По 3 във всяко направление и по всяка ос

Таблица 1

7.1. Изпитание на ударна здравина

Блокът ДП-ПМ се закрепва посредством "ВЕЛКРО" към платформата на ударния стенд. Изпитанието се провежда в съответствие с инструкцията за експлоатация на стенда, при натоварване равно на 40 g, продължителност на импулса 1-3 мс, по 3 удара по всяка от трите взаимно перпендикулярни оси на блока (всичко 18 удара). Изключва се стенда, снема се блока, извършва се външен оглед с цел проявление на механически повреди и работоспособност.

Резултатите ще позволят оценка на надеждността при продължителна експлоатация в околоземното пространство и открития космос. Ще се оценят възможностите за използване на композитни материали на метална основа за изработване на корпуси и детайли на уреди и апарати, както за изследване на космическото пространство, така и може би по-важно приложение в наземни условия за практически цели.

В съответствие с поставените цели, след провеждане на експеримента трябва да бъдат решени следните задачи:

- Изследване на повърхностните свойства на експерименталните образци (отделяне на електрони) и тяхното сравняване със свойствата на наземните образци.

- Изследване влиянието на лъченията върху взаимовръзката структура - свойство на композита, и начините по които измененията в структурата влияят върху свойствата и те ще бъдат сравнени с наземни.

- Изследване влиянието на лъченията върху физико-механическите показатели на експонираните образци с техните наземни аналози, за степен на напрегнатост на структурата, здравина (опън), натиск, микротвърдост и коефициент на пълзене.

- Структурни дефекти, възникнали в условията на открития космос.

- Степен на деградация на композитите.

- Влияние на лъченията върху устойчивостта на композитите. Ще се изследва, до каква степен въздействат постоянните температурни разлики в открития космос от -50 до +50 на прехода от пластичност към крехкост. Дали се запазва това изменение, след като престанат да действат, тези резки температурни промени и дали температурните промени правят материала крехък.

Изводи:

В процеса на изпитанията и след приключването им беше направен анализ на резултатите и оценка на съответствието на блока ДП-ПМ.

- Не се наблюдават визуално механични повреди и пробитости или страничен шум

- Не се наблюдават изменения в конструкцията на блок ДП-П М.

- Не се наблюдава разместване на епруветките, както и някакви повреди върху тях.

Отчитайки резултатите от изпитанията в наземни условия, можем да заключим, че надеждността и качеството на блок ДП-ПМ е положително.

Летателния блок (контейнер) премина също успешно изпитанията в съответствие с изискванията по настоящата методика в Русия - НРДК 441349.005ГЧ.

Иновацията на такъв вид сплав, динамиката на разработване, изследване и свързаните с тях дейности са един основен стимул за развитието на науката и технологията.

Литература:

1. Z h u, Y. North Carolina State University, NC State.

- 2. Експеримент ВОАЛ София.
- 3. J d n d e r, W. Anorg.Allg.Chem., 163/1971.
- 4. M i t e v a, A., Possibilities of strengthening of Al and Al alloys on the ground of structure analysis, Сборник от научна конференция, юни 2011, том 8, НВУ "В.Левски", стр.126-129, ISSN 1314-1937.
- 5. ВС патент 9318561990 г.
- 6. US Patent № 5,353,708/11.1994.

КОСМИЧЕСКИТЕ ПОЛЕТИ И ПРОБЛЕМИТЕ НА СИГУРНОСТТА

Павел Пенев

Военна академия "Г. С. Раковски"

Резюме: Анализират се първите космически разузнавателни програми на САЩ и СССР. Разглежда се мястото на космическия мони торинг в областта на контрола на въоръженията. Посочва се структурата на космическия компонент на съвременните системи за ранно предупреждение за възникване на кризи и конфликти. Адаптирана е концепцията за т. н. "широко сигурност" към постановките на международното космическо право и към новите тенденции в използването на космическото пространство в края на XX и началото на XXI век.

SPACE FLIGHTS AND THE PROBLEMS OF SECURITY

Pavel Penev

G. S.Rakovski National Defence Academy

Abstract: Analyzed are the first United States and Soviet Union space intelligence systems. Examined is the role of the space monitoring in arms control. Given is the structure of the space component of the contemporary systems for early warning for crisis and conflicts. Adapt is the concept of the so called "wide security" for the formulations of the international space law and for the new tendencies in the end of XX century and the beginning of the XXI century in exploiting the space.

Основните рискове и заплахи, влияещи на сигурността и стабилността на държавите в глобален, регионален и национален мащаб, както и възпрепятстването на възможни кризи и конфликти, обуславят важността и необходимостта от своевременно получаване на информация от различен характер. Това изисква използването на модерни системи и технологии, сред които космическите заемат основно място, като на съвременния етап те са основен компонент на системите за ранно предупреждение за възникване на кризи и конфликти.

Сигурността и прогресът на обществото са тясно свързани с космическите полети, чието начало стартира през средата на XX век и повече от 50 години е неделима част от живота на човечеството. Проникването в Космоса е едно от най – големите постижения в историята на земната цивилизация. То е резултат на ускореното развитие на науката, технологиите, редица авангардни отрасли на икономиката, ракетната техника и авиацията.

По – малко от четири години след изстрелването на първия изкуствен спътник на Земята (ИСЗ) на 12 април 1961 г. първият в света космонавт Юрий Гагарин открива ерата на пилотируемите космически полети. Тези епохални събития стават възможни благодарение на усилията на плеяда учени, изобретатели и конструктори от различни страни, сред които с особена сила се открояват Константин Циолковски, Робърт Годард, Херман Оберт, Ойген Зенгер, Вернер фон Браун, Теодор фон Карман, Максим Фаже и Сергей Корольов.

Нека припомним мисълта на основоположника на теоретичната космонавтика Константин Циолковски в началото на XX век: "Земята е люлка на разума, но не може вечно да се живее в люлка?!"._Чрез своите трудове той обосновава как човекът да преодолее земното привличане, да се откъсне от "люлката си", да полети с ракета в космическото пространство, включително към други планети.

Анализът на световния полувековен опит на безпилотни и пилотируеми космически полети показва, че използването на технологии с космическо базиране за целите на сигурността осигурява преодоляване на значителна част от недостатъците и ограниченията на традиционните технологии с наземно базиране, свързани преди всичко с наблюдение, навигация, комуникация и метеоосигуряване. В съответствие с това космическият компонент на съвременните системи за ранно предупреждение за заплахи, кризи и конфликти се основава на информацията от спътниковите системи за разузнаване, навигация, комуникация и метеоосигуряване. Това обуславя актуалността и целесъобразността от разглеждане на връзката между космически полети с различно предназначение и проблемите на сигурността.

Следва да се отбележи, че докато до средата на 80-те години на XX век тази връзка е преди всичко с военната сигурност на съответната държава и коалиция, то през последната четвърт на миналия век и понастоящем е налице релация на космическите полети с интегралното разбиране за сигурността, възприето от ООН.

Военният аспект на сигурността е тясно свързан с първите десетилетия на космическата надпревара между двете основни космически държави – САЩ и СССР. Специалистите считат, че по време на Студената война не по – малко от 90 % от всички космически апарати за решаване на военни и други приложни задачи принадлежат на СССР и САЩ, като в резултат на противоборството се очертават и първите проблеми И действително, с изстрелването на първите спътници и сателити през 1957 и 1958 г., а по – късно и на първите пилотируеми космически кораби, в условията на блоково противопоставяне възникват проблемите за тяхното унищожаване и за извършване на космическо разузнаване.

В резултат, в САЩ и СССР през 60-те години на миналия век са създадени и приети на въоръжение специализирани системи от балистически ракети за прехват на космически обекти. По- -късно в САЩ е създадена и въведена в оперативна готовност противоспътниковата система с въздушно базиране ASAT, на основата на самолет – носител F – 15 с двустепенна ракета, разположена под тялото му. В СССР се реализира проекта "Изтребител на спътници", включващ космически апарати – камикадзе, които чрез маневриране се сближават и се взривяват с набелязаната цел в Космоса.

С началото на космическата ера САЩ и СССР придобиват в арсенала си уникални космически средства – спътниковите разузнавателни системи. Широкото им използване се дължи на големия пространствен обхват на територията (акваторията), наблюдавана от тях; на значителния обем от информация, която може да бъде доставена, а от края на миналия и началото на настоящия век – и на получаването на информация в реален мащаб на времето.

Основен вид спътникови разузнавателни системи в началото на 60-те години на миналия век са спътниковите системи за наблюдение чрез фоторазузнаване. Същите се използват за откриване и определяне местоположението на важни стратегически обекти – стартови позиции на междуконтинентални балистически ракети, летища на стратегическата авиация, военноморски бази, предприятия на военнопромишления комплекс, космодруми, ядрени и други изпитателни полигони и др.

Първата космическа разузнавателна програма за наблюдение на САЩ включва проекта "CORONA", при чието изпълнение на 18 август 1960 г. са получени първите снимки на територията на СССР от борда на сателита "Discoverer-14", завръщащи се с контейнери (капсули) на Земята. Същите се използват за оценка на работата по съветската ракетна програма, информацията за която е прекъсната след свалянето на 1 май 1960 г. в района на Свердловск на американския разузнавателен самолет U-2. По такъв начин в резултат на развитието на първите космически системи за фоторазузнаване става възможно стратегическото въздушно разузнаване да не се води в мирно време над държави със съвременна система за ПВО. При това от особена важност е факта, че заснетата територия от сателита "Discoverer-14" е по – голяма от територията, фотографирана при всичките 24 полета на самолета U-2 над СССР.

През 1963 г. в САЩ стартира и проекта "SENTRY" за космическо фоторазузнаване, основаващ се на сателитите "Samos", позволяващи предаване на получените данни на Земята по радиоканал. По такъв начин през 1964 г., на основание на информацията от разузнавателните сателити по проектите "CORONA" и "SENTRY" 17 дни преди събитието се установява, че Китай готви своя първи ядрен взрив на полигона Лоп Нор във Вътрешна Монголия.

Благодарение на информацията от сателитите "Samos -M" през 1967 г. става известно, че в хода на 6-дневната война Израел е унищожил не по – малко от 245 самолета на Египет, Йордания и Сирия.

В края на 50-те и началото на 60-те години на XX век аналогична дейност по спътниковите разузнавателни системи се извършва и в СССР. Малко известен е факта, че корабът – спътник "Восток", с който на 12 април 1961 г. Юрий Гагарин извършва първия в света космически орбитален полет, е летял през 1960 г. нееднократно в безпилотен режим за изпълнение на фоторазузнавателни задачи. Според някои архивни източници тези космически апарати се наричат "тежки ориентирани спътници на Земята". Полетите са били с продължителност няколко дни, след което спускаемият апарат с фотокамерата и фотолентата се е връщал на Земята. На тази база Главният конструктор Сергей Корольов решава да използва

проверения в реални полети спускаем апарат "Восток" за първия в историята орбитален полет на човек в Космоса.

На 16 март 1962 г. СССР официално обявява своята програма "Космос" за изследване и усвояване на космическото пространство, в съответствие с която на 26.04.1962 г. е изведен в орбита ИСЗ "Зенит-2" за фоторазузнаване с официалното название "Космос-4". Следователно, в СССР и САЩ първите космически разузнавателни програми за наблюдение стартират практически почти едновременно в началото на 60-те години на миналия век.

Следва да се отбележи, че проектите "CORONA" и "SENTRY" на САЩ полагат началото на оперативните системи за фоторазузнаване, включващи предаване на проявените на борда на спътника снимки по радиоканал в наземен център, които се използват и понастоящем от Русия, Китай и Израел.

Постепенното утвърждаване на космическото разузнаване като ефективен инструмент за политически анализ и за военностратегическо планиране обуславя появата на нови системи за наблюдение от Космоса – спътниковите системи за оптикоелектронно разузнаване и за радиолокационно разузнаване. Техните основни достоинства са получаването на информация за наблюдаваните обекти независимо от условията на времето и денонощието и функциониране в реален мащаб на времето.

Към края на 70-те и началото на 80-те години на миналия век става възможно, например изображенията на особено важни обекти, получени от сателита за оптикоелектронно разузнаване КН-11, да се предоставят на президента на САЩ 40-50 минути след прелитането му над района за разузнаване. Освен за мирновременна дейност тези високотехнологични системи за наблюдение успешно се използват и при военнополитически кризи и военни конфликти в края на XX и началото на XXI век – от "Пустинна буря" до кризата в Либия и са основа на информационното превъзходство в зоната на операцията.

Космическите системи за наблюдение позволяват на държавите, притежаващи разузнавателни спътници или ползващи информация от тях да наблюдават, фотографират и оценяват в свой интерес дейността на войски, бойна техника и въоръжения и събития в други държави. Това се извършва чрез националните технически средства за контрол, каквито са космическите системи за наблюдение, в рамките на международния контрол за изпълнение на задълженията на държавите по изпълнението на международни договори. По такъв начин чрез космически мониторинг в областта на контрола на въоръженията, разоръжаването и мерките за укрепване на доверието и сигурността между държавите се реализира независима оценка на изпълнението на международните договори, конвенции и споразумения в областта на контрола на въоръженията (Договорът между СССР и САЩ за ограничаване на системите за противоракетна отбрана, Договорът за съкращаване на стратегическите настъпателни въоръжения, Договорът за обикновените въоръжени сили в Европа, Конвенцията за забрана на химическите оръжия и др.).

Решаването на проблемите на космическото разузнаване в интерес на сигурността не се изчерпва единствено с използването на спътниковите системи за наблюдение, но и на другите два вида системи - за електронно разузнаване и за ранно отриване старта на ракети.

Началото е положено през 60-те години на миналия век, като първият електронен разузнавателен сателит е изстрелян от САЩ през 1962 г., а от СССР – през 1967 г. Първият сателит за ранно предупреждение старта на междуконтинентални балистически ракети е изведен от САЩ в орбита през 1966 г., а от СССР – през 1967 г.

На настоящия етап в Космоса функционират сложни високотехнологични конфигурации на спътникови системи за електронно разузнаване и за ранно откриване старта на ракети, които успешно се тестват в различни военнополитически кризи и военни конфликти.

И трите вида разгледани по – горе спътникови разузнавателни системи са в основата на космическия компонент на съвременните системи за ранно предупреждение за възникване на кризи и конфликти.

Наред със спътниковите разузнавателни системи решаването на проблемите на сигурността е тясно свързано с използването на спътниковите навигационни, комуникационни и за метеоосигуряване системи.

Съвременните спътникови навигационни системи – "Navstar", "ГЛОНАСС", а в перспектива и "Galileo", са мрежови тип, глобални и високоточни. Изграждат се и се използват от 80-те години на миналия век като многоцелеви и многофункционални, т. е за нуждите на различни потребители (стационарни и подвижни) от военната сфера и във функционална връзка с другите спътникови системи. По – късно и понастоящем се използват и в гражданската сфера.

Високоточното определяне на координатите и параметрите на движение на потребителите с помощта на спътниковите навигационни системи осигурява решаването на широк спектър задачи в областта на сигурността. Тези системи са свързани със спътниковите

разузнавателни системи и в значителна степен спомагат за точното определяне на координатите на важни стратегически обекти.

Единното координатно – времево осигуряване на потребителите с помощта на глобалните спътникови навигационни системи осигурява успешното решаване не само на навигационни, но и на широк клас бойни задачи. Така например, във военните конфликти в края на миналия и началото на настоящия век с помощта на радиокорекция от системата "Navstar" се нанасят успешни удари по различни обекти с високоточни боеприпаси (ракети "въздух – земя", авиобомби) и крилати ракети с въздушно и морско базиране, като отклонението от набелязаните цели е съизмеримо с точността на работа на системата, т. е. от порядъка на метри.

Високоточни задачи с помощта на глобалните спътникови навигационни системи се решават и в гражданската сфера в интерес на сигурността – главно за целите на геодезията, картографията и фотограметрията; управлението на въздушния, морския и наземния транспорт; при спасителни и хуманитарни операции.

Началото на спътниковите комуникационни системи е положено през 1964 г., когато в САЩ е изстрелян сателита – ретранслатор "SINCOM-III". През същата година в СССР е изведен в орбита ИСЗ "Молния".

Съвременните спътникови комуникационни системи позволяват осъществяване на управлението на въоръжените сили в реално време в условия на мир, при военнополитически кризи и военни конфликти. Значителна част от спътниците – ретранслатори са на геостационарна орбита, разполагат с мощни бордови процесори, осигуряващи управлението на ресурса и висока пропускателна способност, като обслужват не само военните, но и цивилните комуникации.

Ако тези системи използват спътници – ретранслатори на ниски околоземни орбити, то те са подходящи за осигуряване на свръзка с мобилни абонати и носими крайни устройства.

Съвременните спътникови комуникационни системи, използващи спътници – ретранслатори на ниски и средни орбити намират приложение не само при изпълнение на бойни задачи, но и при участие на въоръжените сили в мироопазващи мисии, при кризи от невоенен характер, както и за управление на дейностите при стихийни бедствия, пожари и техногенни аварии.

Развитието на космонавтиката създаде и един нов клон на науката за атмосферата – спътниковата метеорология, в резултат на което през 60-те години на XX век в САЩ и СССР са създадени първите спътникови метеорологични системи. Техни главни динамични компоненти са метеорологичните спътници, използващи полярни и геостационарни орбити.

Сред възможните задачи, решавани в съвременни условия от спътниковите метеорологични системи в интерес на сигурността, се открояват следните:

- осигуряване на глобални наблюдения на атмосферата и повърхността на Земята и предаване на информация до потребителите;

- регистриране на сигнали за бедствия от самолети и кораби, определяне на местоположението им и предаване на информация до съответния аварийно – спасителен център.

При това предаването на информация до потребителите по първата от изброените задачи е значително по – бързо и евтино в сравнение с наземните комуникационни системи.

Следва да се отбележи, че спътниковите комуникационни системи не се използват изолирано от спътниковите системи за наблюдение. След предварителна оценка на предаваната от борда на метеорологичния спътник информация за облачната покривка се преценява целесъобразността от използване на различни спътници за наблюдение.

По такъв начин разгледаните по – горе спътникови разузнавателни системи и спътниковите навигационни, комуникационни и за метеоосигуряване системи формират космическия компонент на съвременните системи за ранно предупреждение за възникване на кризи и конфликти. Това позволява в максимална степен да се реализира основния принцип в изграждането и функционирането им – своевременно предоставяне на информация за заплаха, за кризисна или конфликтна ситуация. Ако тази информация е достатъчна по обем, достоверна и постъпва в мащаб на времето близък до реалния, се ускорява когнитивния цикъл "информация – решение – действие". Това довежда до информационно превъзходство и до изпреварващи действия на активните сили и средства.

Анализът на капиталовложенията в космическата дейност показва, че обемът на финансовите средства, получени от държавния бюджет на водещите космически страни за изпълнение на приоритетните направления разузнаване, навигация, комуникация и метеоосигуряване от Космоса отстъпва единствено на програмите за пилотируеми космически полети, включително за създаване на орбитални станции.
През 70-те години на миналия век, с цел разузнаване на военни и промишлени обекти, включително малоразмерни и частично замаскирани, САЩ създават военна орбитална лаборатория MOL (Manned Orbited Laboratory) с астронавти на борда, а СССР – военната орбитална пилотируема станция "Алмаз" с двучленен екипаж, на основата на орбиталните станции "Салют-2" и "Салют-3". По различни причини по – късно тези две програми са прекратени.

За решаване на задачи преди всичко на военната си сигурност на 12 април 1981 г. – точно 20 години след полета на Юрий Гагарин, САЩ извеждат в орбита въздушнокосмически самолет - совалката "Колумбия" от въздушно – космическата транспортна система за многократно използване "Space Shuttle". Последвалите полети със совалките са предимно с военно предназначение – разузнаване, прехват на космически обекти и нанасяне на удари от Космоса. Така например, товарният отсек на совалките е позволявал след прехват на военната орбитална станция "Алмаз" същата да бъде поместена в него.

В резултат на развитието на космическите системи с различно предназначение през 80те години на XX век се оформят доктриналните възгледи на двете основни космически свръхсили, съгласно които във военен конфликт с помощта на тези системи се изпълняват следните дейности:

- наблюдение и предупреждение за ракетно – ядрен удар;

- поразяване на космически и наземни обекти;
- водене на разузнаване;
- навигационно осигуряване;
- организация на комуникацията и ретранслацията;
- геодезично и метеорологично осигуряване.

За изпълнение на изброените дейности своевременно се създават орбитални групировки от спътници, орбитални станции и пилотируеми космически кораби.

В средата на 80-те години на XX век, в резултат на появата на концепцията за т. н. "широка сигурност" и възприемането й от ООН, към съдържанието на термина "сигурност" се добавя много по – широк кръг от въпроси, в сравнение с единствено военния й аспект. В съответствие с това сигурността се разглежда като интегрално понятие с различни компоненти (икономически, политически, социален, военен, информационен и др.) и обобщено може да се разглежда като състояние на защитеност на жизненоважни интереси на личността, обществото и държавата от вътрешни и външни заплахи.

Сигурността като интегрално понятие добре кореспондира с тезата на международното космическо право, че космическото пространство (за разлика от въздушното) е неделимо и е изцяло за общо използване от държавите. Както е известно, границата между въздушното и космическото пространство е на височина, не превишаваща 100/110 километра над нивото на океана.

Следователно, космическото пространство е интегрално понятие и за разлика от въздушното пространство не влиза в сферата на пълния и изключителен териториален суверенитет на държавите, над които се извършва космическия полет.

Появата на концепцията за т. н. "широка сигурност" и тезата за неделимост и интегралност на космическото пространство са в съответствие с новите процеси във водещите космически технологии през 90-те години на миналия век. През този период възниква пазара на спътникови изображения, значителна част от които дълго време бяха използвани главно за разузнавателни и военни нужди.

Широко в космическата дейност започват да навлизат комерсиални спътникови системи за наблюдение, включващи сателити като Ikonos, Quick Bird, Orb View, Eros, Pecypc – ДК и др. Същите по разделителна способност на изображението и оперативност на получаваната информация се приближават до аналогичните военни системи, поради което често ги наричат космически системи с двойно приложение.

В гражданската сфера широко започват да се използват глобалните спътникови навигационни системи, както и съвременните комуникационни и за метеоосигуряване космически системи.

Следва да се отбележи, че във втората половина на 90-те години на миналия век в областта на космическите технологии програмите на водещите държави трудно могат да се разграничат на военни и граждански, като дистанцията между тях непрекъснато намалява.

На границата между XX и XXI век се очертават редица съвременни тенденции, свързани с използването на космическия мониторинг като:

- трансфер на технологии;

- комерсиализиране на космически изображения с висока разделителна способност;

- интегриране на различни по предназначение системи, включително на военни и граждански;

- въвеждане на геоинформационни системи;

- облекчен достъп на потребителите до постъпващите данни в реален мащаб на времето чрез използване на малки мобилни станции за приемане на спътникови изображения и други.

Посочените тенденции предполагат интензивно навлизане на космическия мониторинг не само в структурите на отбраната, но и във вътрешната сигурност, гражданската защита, геодезията, картографията и фотограметрията, транспорта, промишлеността, екологията, земеделието, енергетиката, метеорологията и др.

Информацията от космическия мониторинг е в основата на формиране на съвременната информационна среда. Същата в значителна степен се формира от т.н. "геопространствена информация", която обобщено е съвкупност от информация от различни карти, аерокосмически изображения и допълнителни данни, включително разузнавателни. По такъв начин, по информация от спътници във водещите космически държави се изграждат триизмерни цифрови модели на местността, осигуряващи симулация на различни дейности от военен и невоенен характер.

Изграждането на съвременна информационна среда с използване на космически мониторинг способства за осъвременяване на информационното осигуряване на важни сфери от икономиката и екологията, както и при вземането на административни решения.

Използването на високодетайлни изображения в мащаб на времето близък до реалния осигурява решаването на широк спектър от задачи в интерес на сигурността в съответствие с концепцията за т. н. "широка сигурност", към които се отнасят следните:

- откриване, идентифициране и следене на различни обекти;

- цифрово картографиране (едромащабни карти и планове);

- наблюдение и оценка на околната среда;

- контрол и оценка на радиационната обстановка в районите на АЕЦ;

- ранно откриване на опасни метеорологични явления (гръмотевични облачни образувания, опасни циклони, прахови бури и др.);

- ранно откриване на пожари и наводнения и оценка на екологичните загуби;

- избор на трасета за пътища, тръбопроводи и електропреносна мрежа;
- наблюдение и оценка на енергийната инфраструктура;
- наблюдение и оценка на транспортната инфраструктура;
- оценка на параметрите на промишлени и транспортни аварии и катастрафи;
- наблюдение и оценка на хидрологичната обстановка;

- мониторинг на селското и горското стопанство, включително следене на реколти, отделни култури и видове;

- оценка на хода и резултатите от различни спасителни и хуманитарни операции и др.

С помощта на спътниковите комуникационни системи, особено при големи разстояния до обектите на космически мониторинг, се осигурява предаване на необходимата информация с оглед своевременна реакция на конкретната ситуация.

В напреднал стадий в редица страни е използването на космическия мониторинг за прогнозиране на земетресения.

Формулираните по – горе задачи на космическия мониторинг във висока степен ще бъдат решаване от европейската глобална система за мониторинг на околната среда и сигурност GMES (Global Monitoring for Environment and Security), чийто първи спътник предстои да се изведе през тази година. Развръщането на тази космическа система е под контрола на Европейската комисия и е с голяма перспектива и значимост за държавите от Европа.

Използването на Космоса са решаване на практически задачи на човечеството понастоящем е без алтернатива и изисква интегриране усилията на цялата международна общност.

Литература:

1. Гецов, П. Космос, екология, сигурност, С., НБУ, 2002.

- 2. К о л о с о в, Ю. и др. Международное космическое право, М., МО, 1999.
- 3. М а р д и р о с я н, Г. Природни екокатастрофи и тяхното дистанционно аерокосмическо изучаване, С., Акад. изд., 2000.
- 4. Национална и международна сигурност. Авт. Колектив, С., ВИ, 2005.
- 5. Пенев, П. и др. Космосът и националната сигурност, С., ИК "Хр. Ботев", 2005.
- 6. Х о з и н, Г. Великое противостояние в космосе, М., ВЕЧЕ, 2001.

THE "MILITARY" SPACE FACING UP CHOICES

Deyan Gotchev, Plamen Trentchev

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: dejan@space.bas.bg

Keywords: space, warfare, paradigm shift

Abstract: The presented skepticism about the future development of the military space research is focused on some of the main global goals' aberrations from scientific concepts.

ИЗБОРИТЕ ПРЕД "ВОЕННИЯТ" КОСМОС

Деян Гочев, Пламен Тренчев

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките e-mail: dejan@space.bas.bg

Ключови думи: космос, военно дело, изменена парадигма

Резюме: Представеният скептицизъм относно бъдещото развитие на 'военния космос' е фокусиран върху някои отклонения на глобалните цели от научните концепции.

Today and even more in the future, as we rely increasingly on space systems for trade, communications, imaging, intelligence gathering, military targeting and navigation, and other functions, the objectives of war planners can and will be achieved by attacking, compromising, or temporarily rendering inoperable a nation's space assets. Whether or not these objectives are beneficial to the war planner and our national security is another question. This will occur without the need for UN approval, without the need for overflight permission, and on short demand (if the objectives of operationally responsive space become a reality)—if the international community fails to set the "rules of the road" for space.

The sustainability and free use of the space environment is a vital national interest. Purposeful interference with national space systems, including their supporting infrastructure, will be considered an infringement of state rights. Such interference, or interference with other space systems upon which the country relies, is irresponsible in peacetime and may be escalatory during a crisis. The state will retain the capabilities to respond at the time and place of our choosing. The military sustainability is characterized as an increasingly congested and contested space environment, international cooperation and government reliance on commercial space capabilities. The space policy update institutionalizes the changes the military has made in an increasingly constrained budget environment to address the complex set of space-related opportunities and challenges. These also pointed to the new policy's emphasis on the deterrence value of international coalitions in space to enhance collective security capabilities while forging closer ties with friends and allies. This, along with measures including promoting responsible behavior among spacefaring nations, will help deter attacks on national or allied space systems in part by making architectures more resilient. The new policy also emphasizes the importance of space situational awareness capabilities. Space situational awareness refers to understanding all aspects of the space environment including the location of space objects and potential threats to satellites, both natural and man made. The new plans for European missile defense, the Phased Adaptive Approach (PAA) replaced the plan that aimed to protect European allies from missile threats in the Middle East using powerful ground-based interceptors. PAA would rely on and substantially expand and improve the Aegis missile defense system used and demonstrated to have ASAT capability.

Government development of military space systems is being accelerated specifically regarding programs in the early stages of development, thanks in part to partnerships that blur the line between military research and commercial applications. This blurring is a result of dual-use systems-many military space systems have legitimate commercial applications. As various government agencies become more reliant on space, they are increasingly collaborating on space systems with each other, with support from industry- and university-based research teams. In recent years world military space contracts have been an "oligopoly" of the "Big 6" in the US defense industry: Boeing, Lockheed Martin, Northrop Grumman, Raytheon, General Dynamics and Orbital Sciences. Big companies, big satellites (up to10,000 kg), and big price tags (up to \$1 bn). These companies are working in two main areas. The first is affordable launch services. Increased competition in the launch service industry was a driving factor behind the decision to form a joint venture by Lockheed, United Launch Alliance and Boeing, to reduce the cost of their launch services. Additional technologies are space asset protection systems, asset maintenance systems, and anti-satellite (ASAT) systems using small satellites. This industry norm is now being challenged, however, and challenged effectively. No one in private business is sure what they'll face over the next few years, and as long as that uncertainty remains, one shouldn't expect private business to do much hiring or investing -- even in the defense industry. Instead, they'll spend only as much money on goods and services as they have to. This kind of stagnation will remain, as long as the defense industry, like everyone else, is paralyzed with uncertainty. There's worry about business prospects in general, and about cuts in the defense budget in particular. The catalyst for change is affordability, which is leading to a realignment of the space systems industry. This affordability has not yet been realized in a profoundly beneficial sense, but dramatic advances towards affordability are coming. Small space systems companies are getting recognized and, in turn, are receiving space systems contracts and attention by the military and researchers alike. Increases in funding for military space systems and the overall growth of the industry are being partially fueled by a military strategy called Operationally Responsive Space (ORS). ORS objectives are: for development to reduce the timeline from years to months; for deployment to reduce the timeline from months to hours; and for operations to reduce the timeline to continually or seconds. New systems will help make ORS a reality and revolutionize the space industry in two ways: by reducing the cost of space access and by streamlining the time and effort required to place assets in space. Systems under the umbrella of military space systems number in the dozens. There are nearly 50 different technologies in various stages of R&D across multiple programs-not including missile defense technologies that have direct connection to possible space weapons systems. The first technology tier involves increasingly affordable launch vehicles and next-generation expendable launch vehicles. Although these system has not been tested one must ask that, if this technology is developed, what are the implications of such technological leaps? The combination of affordable, short-notice launch capability with small satellite technology has the potential to revolutionize the space industry, especially military space systems. This would further reduce the cost of military space programs and commercial space launches. ASAT capabilities are project objectives. The eventual applications are as follows: Monitor space around a large satellite to detect attacks: Stealthily inspect and monitor a large satellite; Stealthily attack to permanently or temporarily disable a large satellite; Actively defend a large satellite against attacks by microsatellites. Applications such as monitoring the international space station and OTV are also foreseen, underscoring the dual-use potential of such systems. A technology called MoTV, maneuverable orbital transfer vehicle can be used as a standard propulsion module to transport a customer's payload in orbit. The MoTV provides the change in velocity (delta-V) and maneuvering capabilities to support a wide variety of applications for on-orbit maneuvering, proximity operations, rendezvous, inspection, docking, surveillance, protection, inclination changes, and transfer. Future options for "TacSat" small satellites are to test new space capabilities will assess the future utility of such systems, to improve communications, search and rescue, data extraction and ship identification in the Arctic. The spacecraft would consist of a mothership and four cubesats flying in formation. Another recent advance involves what are called "re-docking cubesatellites." Imagine a mother satellite with multiple "cubesats" loaded on board. Each would be no larger than 25 centimeters per side. These satellites could fly in formation, dock with other space assets, provide imaging, and, most importantly, perform inspections of other satellites. In theory, a cubesat might, for example, place a black swath of adhesive material over a satellite lens or solar array, and then remove it once the objective (concealment of some activity) has been met. This is referred to as a "stealth" satellite attack, an attack that duplicates natural phenomenon or is reversible. Once this act was executed the cubesat would return to the host satellite and re-dock via various means, such as electromagnetism. Once the cubesat returns to the host it would recharge its batteries and transfer images or data collected. With such systems the cubesat could return to the target satellite and reverse the attack once a conflict had passed or an objective had been achieved. This is a technology currently in the research stage, though universities—which make up for a large portion of the experiments in this arena-have been very active with re-docking cube satellites, with

some projects being supported by the Air Force. XSS, the Experimental Satellite Series, is one of the better-known rendezvous-capable satellite programs. The objective of the XSS is to perform on-orbit experiments to develop a satellite-oriented space logistics and servicing capability such as to intercept, image and, if needed, take action against a target satellite. Such tasks are achieved by the deployment of a microsatellite or satellites from a carrier vehicle to perform precision maneuvering to and around orbital assets. XSS-11 is expected to rendezvous with up to eight objects and perform proximity operations that will add to the military's space toolkit. XSS-11 is supposed to get within two kilometers of the rocket. Such a capability to engage either with a rocket, enemy space asset, friendly space asset, or object in theory could be a precursor to an active defense capability or ASAT system. XSS-11 is another example of a rendezvous-capable satellite that blurs the line between commercial, civil, and military space applications. The DART (Demonstration of Autonomous Rendezvous Technology) spacecraft during its time in space it successfully demonstrated a rendezvous capability, acquisition of the target spacecraft, and approach, then boosted it into a slightly higher orbit. DART was designed to approach within five meters from a satellite without any guidance from spacecraft operators on the ground and to perform a series of maneuvers, these applications are in fact precursors to an operable ASAT. The Orbital Express Space Operations Architecture program seeks to validate the technical feasibility of robotic, autonomous in-orbit refueling and reconfiguration of satellites in support of a broad range of future national security and commercial space programs. Refueling satellites will enable frequent maneuvers to improve coverage, change arrival times to counter denial and deception and improve survivability, as well as extend satellite lifetime. These abilities are revolutionary and will provide extensive benefits to the military and commercial space systems, reducing costs and thus passing value to customers using various services. Orbital Express can support deployment and operations of microsatellites for missions such as space asset protection and sparse aperture formation flying, or deploy nanosatellites for inspection to provide data to support satellite repair. In sum, we have three rapidly evolving technologies that will accelerate military space projects and make them more affordable. These are: short-notice launch capabilities; next generation small satellites that significantly reduce launch costs and are capable of direct engagement; and ESPA-ring technologies and similar deployment stages for launch vehicles. Technology forecasting suggests that once fully integrated, these technologies will significantly reduce the cost of the militarization of space process and its transition to weaponization. There is no adequate international legal framework in place to ensure that ASAT systems and weapons will not be placed in space. Weaponization will first be initiated in space asset protection systems, built on small satellite platforms, under the guise of asset protect systems with active defense capabilities. Once such systems are in place, the act of attacking or compromising an enemy space system will be limited only the intention of the user. The road to space being weaponized may also be shortened thanks in part to a space-based missile defense system—should it be developed. The Multiple Kill Vehicle platform (MKV) links missile defense technology with potential space weapons systems in the here and now. MKV is a generational upgrade to ground-based midcourse (GMD) interceptors to increase in the presence of countermeasures their hit-to-kill capability to seven shots per interceptor. Technology development areas include radar, optics, interceptors, lasers, information systems, space control, and space applications and could be employed in future space-based defenses. Where the overlap into weaponizing space takes place is in regard to the carrier vehicle (CV), which for the MKV is the inspace deployment unit housing the MKVs. One could assume that stationing a constellation of CVs in space for long periods could offer a mechanism not only for space asset protection and missile defense, but also for attacks on enemy spaced-based systems. The Common Aero Vehicle (CAV) program is featuring a low-cost, mission-responsive, reusable hypersonic cruise vehicle that could take off from a conventional military runway, would carry a payload comprising several CAVs: unpowered, maneuverable, hypersonic glide vehicles and strike targets halfway around the world in less than two hours. The CAV capability could be matched against an anti-access environment and still deliver a conventional payload precisely on target within minutes of a valid command and control release order. This is the type of Prompt Global Strike. A future CAV launch platform based in space would have major diplomatic implications since there are no international treaties prohibiting the placement of conventional weapons in space. A space-based CAV system would perform the functions of a forward-deployed force, would not require overflight permission to do very rapid attacks in areas that are difficult to reach. Other capabilities are: Avoid risk to flight crews; Remain relatively invulnerable to anti-access threats; Cost competitive with other platforms. The requirements currently set for the system are: Precision strike; Variety of conventional payloads; In-flight target updates; Worldwide all-weather range. The Hot Eagle concept is space insertion and terrestrial extraction of ground troops as a squad-sized unit of Marines to any place on Earth in less than two hours. Hot Eagle has key technology links to the Hypersonic Cruise Vehicle (HCV) and CAV programs and may be operable in just a few years. Another revolutionary technology under development involves the SMARTBus or "six-day satellite". This is a "plug, sense, and play" system, meaning that each

component, once assembled, recognizes the others without the need for special programming or software drivers. It is a customizable off-the-shelf satellite system that will significantly reduce the cost, complexity, and the development time required to assemble a small satellite bus to meet a satellite developer's mission requirements. Military applications might include asset replenishment in the event of an attack on space assets and could require imaging, communications, and intelligence gathering abilities. Such a system might also be deployable in the theaters of military operations. The United States, NATO, and the European Union are getting ready to dispatch military missions around on demand, setting up fast and temporary satellite intelligence and communications capabilities. As satellites get smaller, jets like a Eurofighter Typhoon could be used to launch microsatellites into orbit as quickly as forces deploy on the ground. Boeing built two(A&B) reusable space-worthy Orbital Test Vehicle X-37s. The X-37B resembles a space shuttle orbiter and is about a guarter of the size of an orbiter. The space plane's tiles are tougher than the shuttle's, its electromechanical flight control system replaces the orbiter's hydraulic actuators, and the X-37B is powered by a deployable solar panel instead of cryogenic fuel cells. X-37B was launched in orbit on. 05.03.2011. To further explore the craft's capabilities, including an up to 270 days stay in orbit, and accepting worse weather conditions for landing, the flight ended after 224 days in space, accomplishing the first U.S. automatic landing from space on a 15,000-foot runway at Vandenberg. The X-37 does flips and zig-zags and is capable of deploying and retrieving cargo. It's absolutely revolutionary. A fleet of autonomous unmanned reusable drones that can service & support human spaceflight in LEO will be critical to repair, re-supply, point-point cargo transport, experiments, and more. In a budget environment that leaves virtually no room for new starts of big programs, the military are looking to better leverage the robust commercial satellite sector to get new capabilities on orbit. Military telecom payloads are not ideal candidates for placement aboard commercial satellites in the near term, however there are realistic near-term hosted payload opportunities in at least three other applications: space situational awareness, space-environment monitoring and wide-field infrared surveillance. Mission opportunities for commercial operators is protected tactical communications. Currently this service is provided by the Air Force's Advanced Extremely High Frequency (AEHF) line of secure communications satellites, which also carry payloads used by national authorities, including the president, for command and control of nuclear forces. But under a concept known in military space parlance as disaggregationflying the strategic and tactical AEHF payloads on different satellites, because the tactical AEHF payload does not require the same level of nuclear radiation hardening as its strategic counterpart.

There are now some 1,100 active spacecraft on orbit and more than 60 states and/or commercial entities owning and/or operating satellites. Some have argued that to protect military and civilian satellites, the state may have to place weapons in space itself. Threats possibly countered by space weapons are: Small satellites/space mines; Ground-based directed energy ASAT; Ground-based kinetic energy antisatellite weapon (ASAT). Threats that cannot be addressed by space weapons are: Jamming of GPS signals; Jamming of satellite links; Orbital Debris. This presentation offers a snapshot of military space and dual-use technologies that are in various stages of research and development. Some of these systems may be "dream" technologies that will never reach the point of viability. For systems that are technically possible, however, we must ask, are they desirable? If deployed, will their impact on international security be positive or negative? If negative, what steps might be taken to prevent such developments? Could they create a global climate of insecurity both by enhancing current risks and by creating new problems. These is valid for responses by China, Russia, the European Union, and perhaps Japan too. Perhaps the most consequential impact would be increasing the probability of accidental nuclear war. Space-based weapons could shorten the road to armed conflict, whether nuclear or conventional. Once employed regularly, anti-satellite systems and space weapons would litter LEO with debris, which in turn would permanently compromise our collective ability to explore the heavens and use space for constructive commercial purposes. After a systematic review of the threats to space assets were found ways to make space systems secure and robust without weaponization, at least for the next five years. 2010-2011 saw the emergence of a consensus around the notion that multilateral cooperation/action on several fronts is now required to avoid harmful competition, accidents, and the increased potential for conflict in the global commons of outer space. Before new governance practices and/or structures can be developed, transparency and confidence in state to state relationships in space must be increased. There are 2 UN & 1 EU three current multilateral platforms in which the discussion on Transparency and Confidence Building Measures (TCBMs) for Space have a central role.

From a military standpoint, analytical standpoint, we were able to take an outside view at what a country does when it comes to spacewarfare The information is intriguing and while it may not offer a concise view of the entire scope of the "gears of war," it does offer much insight. Why we fail and will

continue to fail at "spacewarfare analytics? The answer is a complex one and is not based on any of the traditional points of view. The answer typically refers to the state of an identifiable information, being publicly unknown. This is and will forever be the problem with tracing a spacewarfare attack. Sure we can track an indication of where the attack came from however, far too many factors enhance the capability to remain anonymous from an attacker's perspective. Advanced analysis is the highlevel cognitive processes producing specific, detailed thought and understanding of the object environment, and knowledge superior to that possessed by the adversary. Advanced analysis has 10 cognitive functions: Decomposition; Critical thinking; Link analysis; Pattern analysis; Trend analysis; Anticipatory analysis; Technical analysis; Anomaly analysis; Aggregation analysis; Synthesis. While these cognitive functions can help on an actual battlefront, the fact will remain that they mean little in a world that is fuzzy and hardly comprehensible. That is, the spacewarfare is not a world, its is a mesh of networks where anonymity will reign supreme for the unforeseeable future. A change is needed, not meant to give anyone an indication of "how to think" when it comes to analyzing it, but instead give a twist to the 10 cognitive functions, their counterpoints from a spacewarfare perspective. On the issue of space weaponization, there appears no one best option. No matter the choice selected, there are those who will benefit and those who will suffer. The tragedy of power is that it must make a choice, and the worst choice is to do nothing.

Session 3

Remote Sensing and Geoinformation Systems

Chairmen: Prof. Eugenia Roumenina, Assoc. Prof. Doyno Petkov Secretary: Chief Assistant Vanya Naydenova

CROP MONITORING OF 2011/2012 AGRICULTURAL YEAR FOR THE TERRITORY OF BULGARIA WITH THE USE OF MODIS NDVI PRODUCTS

Lachezar Filchev, Vassil Vassilev

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: lachezarhf@space.bas.bg

Keywords: geo-information technologies, agricultural crops, NDVI, MODIS, SPOT VEGETATION

Abstract: The main objective of the study is to monitor crops for the 2011/2012 agricultural year with the use of MODIS and SPOT VEGETATION NDVI products and summary statistics of ground truth from the monthly bulletins of NIMH-BAS and NASA for the territory of Bulgaria. The hypothesis tested in the study is to see whether the satellite NDVI products will show similarities or will match the ground truth. In order to do so, the following tasks have been undertaken: a summary table for the agro-meteorological conditions with crop phenophases from NIMH-BAS monthly bulletins is prepared; NDVI anomalies maps from the multiannual average time-series of MODIS Terra have been used for the satellite segment of the monitoring; time-series curves extracted from SPOT VEGETATION NDVI products. The results from the study show that the continuous drought, which started at the end of June 2012 and beginning of July 2012, did not have significant effect on the yield of winter crops (5-9% less yield). Nevertheless, the severe drought has had an impact mainly on spring crops by shortening of their between-phase periods. Consequently, this highly affected their yield figures: (30% less) for maize and (56% less) for sunflower compared to the yield of the previous agricultural year 2010/2011.

МОНИТОРИНГ НА СЪСТОЯНИЕТО НА ПОСЕВИТЕ НА ТЕРИТОРИЯТА НА БЪЛГАРИЯ ПРЕЗ 2011/2012 СТОПАНСКА ГОДИНА С ИЗПОЛЗВАНЕ НА MODIS NDVI ПРОДУКТИ

Лъчезар Филчев, Васил Василев

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките e-mail: lachezarhf@space.bas.bg

Ключови думи: геоинформационни технологии, земеделски култури, NDVI, MODIS, SPOT VEGETATION

Резюме: Основната цел на изследването е да се осъществи мониторинг на земеделски култури за стопанската 2011/2012 година с използването на MODIS NDVI спътникови продукти и обобщени наземни статистически данни от месечните бюлетини на НИМХ-БАН и НАСА за територията на България. Хипотезата, която се тества в проучването, е да се установят сходствата и съответствията на MODIS NDVI продуктите с наземната информация. За да направи това, са определени и извършени следните задачи: съставена е обобщена таблица за агрометеорологични условия с фенофазите от месечните бюлетини на НИМХ-БАН; съставени са карти на NDVI аномалии на основата на многогодишна времева серия от MODIS Terra; серия от мултитемпорални криви, извлечени от NDVI продукти от SPOT VEGETATION. Резултатите от изследването показват, че сушата, която започва в края на юни 2012 и началото на юли 2012, няма осезаем ефект върху добива на зимни култури (средно с 5-9% по-ниски добиви). Независимо от това, условията на суша въздействат главно върху пролетните култури чрез съкращаване на техните между-фазови периоди. Това силно повлиява върху стойностите на добивите от царевица (30% по-малко) и слънчоглед (56% по-малко) в сравнение с предходната 2010/2011 стопанска година.

Introduction

Agricultural crops in Bulgaria may be generally sub-divided to summer and winter crops. Their development stages and phenophases are subject to influence of various, including unfavourable, meteorological conditions (frost, drought, soil over moisturizing, and strong wind) which create

preconditions for crop damages. These changing conditions are monitored and assessed on a decadal basis and on a national, regional, or a global level. The monitoring is usually performed using data and products from low-resolution earth-observation satellites (Roumenina *et al.* 2013). The crop condition estimation and monitoring is also essential in making an empirical yield estimation using satellite derived products (Doraiswamy *et al.* 2004). Currently in operation, or scheduled for launch, are such low resolution satellite systems as NOAA-AVHRR, Envisat-MERIS, SPOT-VEGETATION, Terra/Aqua-MODIS, Landsat TM, GOSAT (IBUKI), GCOM etc. The actuality of the study is supported by the currently operational monitoring activities in the framework of several organizations and projects at: Food and Agricultural Organization (FAO); Global Information and Early Warning System (GIEWS); Monitoring Agricultural Resources (MARS) at the Joint Research Centre (JRC); Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR). The satellite monitoring of agriculture by earth observation satellites is also a backbone of GMES and GEOSS programmes (Future Brief: Earth Observation's Potential..., 2013).

The study subject is the territory of Bulgaria occupied by annual agricultural crops. The study objective is to perform a crop monitoring of 2011/2012 agricultural year for the territory of Bulgaria with the use of MODIS NDVI products. In order to achieve this - the following tasks were accomplished:

- to collect satellite and ground-based data for crop monitoring;
- to compare and analyze both datasets;

Data and methods

1. Data

The presented work employs two types of input data: 1) satellite products and 2) ground-based data.

Satellite products: The used satellite derived products for the viewers are SPOT-VGT and MODIS NDVI Terra, which is an anomaly product which gives the relative difference to the long-term average in percentage (%). Using this product one can estimate the delay or the advance of crop development compared to previous years. In presenting the maps a crop mask from GLOBCOVER 2009 was applied and the Admin level 3 was used.

Ground-based data: The ground data used was derived from the monthly bulletins of the National Institute of Meteorological and Hydrology (NIMH-BAS), where the information is summarized and presented in 3 decades for each month. This information serves mainly for defining the dates of occurrence and the magnitude and scale of the phenophases, crop status, crop development stage, drought, wet conditions to name but a few. As a result from the combination of the satellite data and the ground data, a comparative analysis was undertaken and an assessment of the 2011/2012 agricultural year was accomplished.

2. Methods

The methodology of the study is based on: online geo-information technologies; statistical methods; comparative analysis and interpretation of results. The methodological framework of the study is presented in Fig. 1.



Fig. 1. Flowchart of the methodological framework.

2.2. MODIS Terra NDVI products

Normally, spectral vegetation indices, such as Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), are used to study agricultural crops (Dadhwal, 2004; Doraiswamy *et al.* 2004). Its values are affected by most agricultural crop biometric characteristics, such as crop density, plant height, fresh and dry biomass, total area cover and more, as well as surface layer soil moisture (Roumenina *et al.* 2012). The NDVI index is considered also a direct indicator of plants' photosynthetic activity (Rouse *et al.* 1973; Tucker 1979). The NDVI is calculated by (1):

(1)
$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)},$$

where NIR is the near infrared and RED is the red waveband.

2.3. Masking and deriving of the NDVI values from MODIS Terra NDVI products

To be able to localize and discern the arable land on MODIS Terra scenes, a GLOBCOVER 2009 mask was applied (GLOBCOVER 2009, 2010). The test fields' mask was used as to derive the values of NDVI from the index images for each individual pixel, as to obtain the averaged values.

Results and discussions

The results and discussions below are presented on a month-by-month basis. The assessment of the agricultural crop status is based on a NDVI comparison with ground-measured data provided by NIMH-BAS.

1. January-February 2012

The intensive rainfall at the end of January and during the first two weeks of February 2012 significantly increased the field capacity (FC) of the soil. Frost kill is observed in some parts of East Bulgaria (NIMH-BAS monthly bulletin, January-February 2012). This statement is supported by the February's MODIS NDVI Terra anomaly map, where values of (20%)-(-40%), i.e. below the multiannual NDVI values, are observed, see Fig. 2 a) and Fig. 2 b).



Fig. 2. NDVI anomaly maps from MODIS Terra products from a) 17-24.02.2012 and b) 25.02-03.03.2012. (data courtesy to USDA-FAS)

2. March 2012

The rainfall at the beginning of March 2012 was below the average for the month. In the beginning of spring the crops were in vegetative state and FC at the 2 meters layer was very good (85-90%). Renewal of the vegetative processes was seen during the second decade of the month. During the third decade the spring crops (sunflower and maize) were sown (NIMH-BAS monthly bulletin, March 2012). On the satellite anomaly maps for March 2012 the NDVI values are around the normal, see Fig. 3 a) and Fig. 3 b). Nevertheless, there are some territories in the North-West Bulgaria, where NDVI is +20% and +30% above the normal values. This probably was caused by the good FC of the soil in this period of the 2011/2012 agricultural year or due to the type of crops, i.e. rapeseed, at the greening places.



Fig. 3. NDVI anomaly maps from MODIS Terra products from a) 04-11.03.2012 and b) 20-27.03.2012. (data courtesy to USDA-FAS)

3. April 2012

The rainfall, in some parts of North, Central, and East Bulgaria, was above the normal for the month, whereas in the South Bulgaria the rainfall amount was 50% below the months' normal. The lowest values of the FC were observed in the South-West Bulgaria. The first decade of April was characterized also with low levels of FC. In the second decade the FC values reached 80-85%, followed by a sudden decrease of FC during the third decade (NIMH-BAS monthly bulletin, April 2012). At that time the winter wheat and winter rapeseed cultivars were at *tillering* phenophase, while sunflower and maize are at *emergence* phenophase (NIMH-BAS monthly bulletin, April, 2012). Looking at the anomaly map derived from MODIS NDVI Terra it is confirmed that April 2012 was marked with some above the average NDVI, especially in the North Bulgaria. Its values were in the range of +20% to +60% above the normal, Fig. 4 a) and 4 b).



Fig. 4. NDVI anomaly maps from MODIS Terra products from a) 05-12.04.2012 and b) 21-28.04.2012. (data courtesy to USDA-FAS)

4. May 2012

During the first decade of May 2012, an unusual drought was observed in the North East and South Bulgaria. The maize and the sunflower were at *emergence* phenophase, while winter barley and winter wheat are at *grain filling* phenophase. During the second decade of May 2012 an above average rainfall (20-150 l/m²) was measured in some places (NIMH-BAS monthly bulletin, May 2012). These were supported with hail conditions and strong winds gusts which caused damage to the crops and delayed their development. During the third decade of May 2012 in many parts of the country (West, Central, and South Bulgaria) full FC was reached. The anomaly map for May 2012 shows that the whole area of arable lands in Bulgaria features above average NDVI, i.e. from +40% to +60%, see Fig. 5 a) and Fig 5 b). This was optimal conditions for development of the winter crops, which at that time were in *maturity* phenophase. As it is seen from the analysis that follows this would not affect the figures of winter crop yield (winter wheat, winter barley, and winter rapeseed).



Fig. 5. NDVI anomaly maps from MODIS Terra products from a) 07-14.05.2012 and b) 23-30.05.2012. (data courtesy to USDA-FAS)

5. June 2012

During June 2012 (June is considered to be the rainiest month of the year) due to a lack of rainfall, a shortage of FC was observed in the East and South Bulgaria. During the first decade the winter barley was in *maturity*, winter wheat was in *ripening*, while the spring crops were in the *flowering* phenophases. During the second decade of June 2012 the winter crops were in *maturity* and *harvest* of the winter barley, while the winter rapeseed was in *ripening* phenophase (NIMH-BAS monthly bulletin, June 2012). During the third decade of June 2012 the early hybrids of maize grown under irrigated conditions were in *grain filling* and *flowering* phenophases, while the late hybrids of maize were in *vegetative* phenophase and the sunflower was in *flowering* phenophase. In some parts of the country harvest of the winter wheat was in progress. The NDVI anomaly map for June 2012 does not show any stress on the crop cultivars, but the drought conditions which had started at the beginning of June 2012 would have their consequences for the spring crops in the forthcoming months, see Fig. 6 a) and 6 b).



Fig. 6. NDVI anomaly maps from MODIS Terra products a) 08-15.06.2012 and b) 24.06-01.07.2012. (data courtesy to USDA-FAS)

6. July 2012

The dry spell in the month of July 2012 deepened the drought conditions which started in June 2012. The survival of the crops was highly dependent on irrigation. Severely damaged spring crops were observed in non-irrigated areas. Shortening of the between-phase periods was caused by the dry conditions as well (NIMH-BAS monthly bulletin, July 2012). During the first decade of July 2012, the maize was in vegetative and flowering phenophase, while sunflower cultivars were in flowering and grain filling phenophase. During the second decade of July 2012 the observed damages of spring crops increased. During the third decade of July 2012 the sunflower was well in advance in grain filling and ripening phenophases. Irrigated maize was in maturity phenophase. The dry conditions led to severe damages in the early hybrids of maize in the North-East Bulgaria, which were at maturity phenophase. Sunflower was also at *maturity* phenophase (two weeks earlier than anticipated). By the end of the month winter wheat harvest was in progress. The winter wheat yield was with high quality and good content of gluten (NIMH-BAS monthly bulletin, July 2012). The July 2012 NDVI anomaly map shows that NDVI was from -40% to -60% below the normal, which was caused by the continuing drought conditions, Fig. 7 a) and Fig. 7 b). Nevertheless some above close to normal values were observed in some parts of the North-East Bulgaria, but this might be attributed to permanently irrigated territories.



Fig. 7. NDVI anomaly maps from MODIS Terra products from a) 02-09.07.2012 and b) 18-25.07.2012. (data courtesy to USDA-FAS)

7. August 2012

During the first decade of August 2012 the rainfall in West Bulgaria increased significantly the soil moisture FC. Even though, during the second and third decades the lack of soil moisture affected the spring crops. Sunflower and the late hybrid types of maize were at *maturity* phenophase. About 50% of the territories occupied with sunflower and early hybrids of maize were harvested (NIMH-BAS monthly bulletin, August 2012). At the end of the month deep plowing was applied on the arable land. The NDVI anomaly map for August 2012 clearly shows that all the arable lands of Bulgaria was at a critical stage of their development, with values fallen well below the normal, i.e. -50% to -60%, see Fig. 8 a) and Fig. 8 b). This was not affecting the winter crops which were already harvested, but clearly made a big impact on spring crops (sunflower and grain maize).



Fig. 8. NDVI anomaly maps from MODIS Terra products from a) 03-10.08.2012 and b) 19-26.08.2012. (data courtesy to USDA-FAS)

8. September 2012

The month was characterized with advanced development of the late agricultural crops. During the first decade the semi-late hybrids of maize was at *maturity* phenophase, while the late hybrids were at *beginning of maturity*. During the second and third decades the agricultural practices included sowing the early winter wheat, which finds them by the end of the month already at *emergence* phenophase. By the end of the month the harvesting of the sunflower was finished. The optimal periods for sowing the rapeseed were not followed (NIMH-BAS monthly bulletin, September 2012). The NDVI anomaly map for September 2012 shows no substantial change in the stress conditions for the crop cultivars, Fig. 9 a) and Fig. 9 b). During this time the sunflower cultivars were harvested which will be expressed by the yield figures when they are made available. Just some small parts in the North-East Bulgaria were experiencing above normal conditions, which is due to performing regular irrigation practices or sowing with different crop types.



Fig. 8. NDVI anomaly maps from MODIS Terra products from a) 04-11.09.2012 and b) 20-27.09.2012. (data courtesy to USDA-FAS)

9. October 2012

During the first decade of October 2012 a drastic decrease and complete depletion of soil moisture was observed. During the second and third decades of October 2012 the agricultural practices applied were sowing of winter crops. The heavy rainfall helped to accumulate normal amount of soil moisture in the agricultural crops which accounted for the normal development of winter wheat and winter barley at *emergence* and *tillering* phenophases (NIMH-BAS monthly bulletin, October 2012). In October 2012 the soil moisture conditions, in some parts of North Bulgaria, helped to improve the crop status as it is seen in the NDVI anomaly map, whereas in the North-West Bulgaria, where sowing of winter crops was observed are they were below normal state, Fig. 9 a) and Fig. 9 b).



Fig. 9. NDVI anomaly maps from MODIS Terra products from a) 06-13.10.2012 and b) 22-29.10.2012. (data courtesy to USDA-FAS)

The analysis of these findings was detailed for winter wheat and winter barley by the timeseries graphs derived from SPOT VEGETATION data, see Figure 10.





Fig. 10. Time-series curves derived from SPOT VEGETATION NDVI S10 products. (data courtesy to USDA-FAS)

It can be inferred from the figure that 2011 is comparatively better that the multiannual average of NDVI. The beginning of 2011/2012 agricultural year is even better (from November 2012 onwards) compared to the multi-annual average and the 2011 record. In Table 1 is presented the area, yield, and production of the main agricultural crops in Bulgaria.

Table 1. Area, yield, and production of main agricultural crops for Bulgaria (with modifications) (data courtesy to USDA-FAS)

	Harvested area (million ha)		Yield (t/ha)		Production (million met	Change in production	
Commodity	2010/11	2011/12	2010/11	2011/12	2010/11	2011/12	Percent (%)
Barley	0.245	0.180	3.400	3.928	0.833	0.707	-8.77
Corn	0.327	0.399	6.260	5.536	2.047	2.209	-29.83
Oilseed, Rapeseed	0.212	0.220	2.571	2.364	0.545	0.520	-55.77
Oilseed, Sunflower seed	0.730	0.740	2.104	1.946	1.536	1.440	-9.72
Wheat	1.131	1.137	3.620	3.921	4.094	4.458	-4.67

The final figures in the change of production show that the wheat, barley and sunflower seed demise in production as of ~5 to 9 %, whereas the corn, oilseed and rapeseed are lowering their values by 30 to 56%. This come to support the discussions already made using the NIMH-BAS monthly bulletin data and MODIS Terra NDVI satellite products.

Conclusions

Although during the spring period of 2011/2012 a low amount of rainfall was observed, the FC was optimal for development of winter crops. This conditions hold until the beginning of the summer season, i.e. end of June 2012 and beginning of July 2012, when drought conditions settled in. The continuous drought did not have significant effect on the yield from winter crops (5-9% less). Moreover, the harvested crop was rich in gluten. Nevertheless, the severe drought has had an impact mainly on spring crops by shortening of their between-phase periods. Consequently, this highly affected their yield figures: (30% less) for maize and (56% less) for sunflower compared to the yield of the previous agricultural year 2010/2011. The significantly better agro-meteorological conditions observed in the first decade of October 2012 were improving the development of winter crops, which is also confirmed by the mean annual values of NDVI products from SPOT VGT satellite data.

Acknowledgments

The data and analysis is based on freely available materials provided by the United States Department of Agriculture (USDA) Foreign Agriculture Service's Crop Explorer and the monthly bulletins of NIMH-BAS.

References:

- D a d h w a I, V. Crop growth and productivity monitoring and simulation using remote sensing and GIS. In: Proceedings of a Training Workshop held 7-11 July 2003 in Dehra Dun, India, Edited by: M. V. K. Sivakumar, P. S. Roy, K. Harmsen, and S.K. Saha, AGM-8, WMO/TD-No. 1182: 263, 2003.
- Doraiswamy, P., J. Hatfield, T. Akhmedov, B. Prueger, J. Stern, Crop condition and yield simulations using Landsat and MODIS. Remote Sensing of Environment, 92(4), 548-559, 2004.
- Lobell, D. B., G. P. Asner, J. Ivan Ortiz-Monasterio, T. L. Benning, Remote sensing of regional crop production in the Yaqui Valley, Mexico: estimates and uncertainties, Agriculture, Ecosystems & Environment, 94 (2), 205-220, 2003.
- Roumenina, E., V. Kazandjiev, P. Dimitrov, L. Filchev, V. Vassilev, G. Jelev, V. Georgieva, and H. Lukarski, 2013. Validation of LAI and assessment of winter wheat status using spectral data and vegetation indices from SPOT VEGETATION and simulated PROBA-V images. International Journal of Remote Sensing, 34(8), pp. 2888-2904. DOI: 10.1080/01431161.2012.755276
- Roumenina, E., L. Filchev, G. Jelev, P. Dimitrov, H. Lukarski, V. Kazandjiev, and V. Georgiev. Determination of Wheat Crop Status after Winter Using Simulated Proba-V and Ground-Based Data. // In: Proceedings of 7th Scientific Conference with International Participation 'Space, Ecology, Safety' (SES) 2011, 29 November – 1 December 2011, Sofia, Bulgaria, Publisher: Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences. ISSN 1313-3888, pp. 197–207.
- 6. Rouse, J., R. Haas, J.A. Schell, D.W. Deering, Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS, NASA SP-351, 1973.
- 7. Tucker, C. J., Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote Sensing of Environment, 8(2), 127-150, 1979.
- 8. GLOBCOVER 2009, (2010). Products Description and Validation Report, p. 53. (URL: http://due.esrin.esa.int/globcover/LandCover2009/GLOBCOVER2009_Validation_Report_2.2.pdf)
- 9. NIMH-BAS monthly bulletin. 2011-2012, NIMH-BAS. (URL: http://www.meteo.bg/)
- 10. United States Department of Agriculture (USDA) Foreign Agriculture Service, Crop Explorer, 2012.
- 11. Science Communication Unit, University of the West of England, Bristol. Science for Environment Policy Future Brief: Earth Observation's Potential for the EU Environment. Report produced for the European Commission DG Environment, February 2013. (Available at: http://ec.europa.eu/science-environmentpolicy)

ПРИЛОЖЕНИЕ НА САТЕЛИТНИ ИЗОБРАЖЕНИЯ СЪС СРЕДНА РАЗДЕЛИТЕЛНА СПОСОБНОСТ ЗА ОЦЕНКА НА ЩЕТИТЕ ОТ ПОЖАРИТЕ НА ВИТОША ПРЕЗ 2012 г.

Александър Гиков, Петър Димитров

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките e-mail: gikov@space.bas.bg; petarkirilov@mail.bg

Ключови думи: Горски пожари, Картографиране на пожарища, Спектрални индекси, Landsat, Витоша

Резюме: Докладът има за цел да се установи площта на териториите, засегнати от пожарите в резервата "Бистришко бранище" и край Меча поляна на Витоша, възникнали през лятото и есента на 2012 г. За целта са използвани спътникови изображения със средна пространствена разделителна способност от Landsat ETM+. Определената с помощта на визуално дешифриране планиметрична площ на двете пожарища е съответно 69,3 ha и 36,1 ha. Освен това е направено сравнение на двете пожарища въз основа на индексите dNBR и RdNBR и е изследвана връзката на двата индекса със състоянието на земното покритие преди пожар, характеризирано чрез индекса NBR. Резултатите показват, че за разлика от dNBR RdNBR не е корелиран със стойностите на NBR преди пожара.

APPLICATION OF MEDIUM RESOLUTION SATELLITE IMAGES FOR ASSESSMENT OF DAMAGES CAUSED BY THE WILD FIRES IN VITOSHA MOUNTAIN IN 2012

Alexander Gikov, Petar Dimitrov

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: gikov@space.bas.bg; petarkirilov@mail.bg

Keywords: Wild fires, Fire scar mapping, Spectral indices, Landsat, Vitosha Mountain

Abstract: The aim of this paper is to provide estimation of the areas affected by the wild fires in Bistrishko branishte reserve and in the vicinity of Aleko hut in Vitosha, that occurred in the summer and autumn of 2012. For this aim satellite images with moderate spatial resolution from Landsat ETM+ are used. The flat areas of the two fire scars determined trough visual interpretation are 69.3 ha and 36.2 ha respectively. Furthermore, a comparison of the two scars is attempted based on the spectral indices dNBR and RdNBR, and the relation of these indices with the pre-fire land cover state, as characterized by NBR, is studied. The results show that, unlike dNBR RdNBR is not correlated with the pre-fire NBR values.

Въведение

През последните две десетилетия в България се наблюдаваха няколко години с голяма активизация на горските пожари, през които са засегнати рекордни по площ територии [1, 2]. Зачестяването на горските пожари е съпроводено с нарастване на тяхното влияние върху естествената растителна покривка на страната. Все по-често пожарите засягат среднопланински и високопланински райони, включително и защитени територии. Такива бяха пожарите в Природен парк "Витоша" през 2012 г. Предизвиканите от горските пожари промени в състава и структурата на фитоценозите и в показателите на почвите (pH, механичния състав, съдържание на органично вещество и азот и др.) са актуален проблем и се разглеждат в редица нови изследвания [3, 4, 5].

През лятото на 2012 г. във високопланинската част на Витоша се разразиха два силни пожара със значителна площ и голяма продължителност. Първият възниква на първи юли по

северния склон на връх Големия Купен в резервата "Бистришко бранище" и въпреки усилията на стотици огнеборци не може да бъде загасен в продължение на пет дни. Вторият пожар започва в началото на месец октомври същата година. Първоначално на 4 октомври се запалват сухи треви и храсти в близост до пистата "Витошко лале" край Меча поляна, като същия ден пожарът се счита за овладян. След няколко дни обаче на 9 октомври в непосредствена близост отново се разгаря пожар. Силният вятър става причина за неговото бързо разрастване. Ограничаването му се затруднява и от факта, че се подпалва и торфът и така пожарът се пренася и под повърхността.

В средствата за информация се представиха различни данни за площта, засегната от пожарите. За първия пожар отначало се посочи, че е с площ 50 дка, но на 3 юли площта му се изчислява на 250 дка. На следващия ден обаче в медиите се появи информация за изявление на главен комисар Николай Николов, директор на ГД "Пожарна безопасност и защита на населението", че няма разрастване на пожара във Витоша и площта му е 150 дка. Липсата на точна информация е поради спецификата на пожара – той се разразява в много трудно проходима и отдалечена местност, а визуалните оценки от борда на хеликоптерите явно е неточна. При другия пожар на 9 ти октомври се споменава, че са засегнати 40 дка треви и храсти, а на следващия ден изгорялата площ се оценява на 80-100 дка.

Дистанционните методи вече са се наложили като надежден начин за провеждане на мониторинг на горските пожари. За оперативен контрол на пожарите посредством сателитни данни все още трудно може да се говори, но сателитни изображения се използват с успех за оценката на щетите от горските пожари. Благодарение на дистанционните методи бяха картографирани няколко пожарища в Рила планина, което допринесе за коригиране на реалните им площи [6, 7, 8].

Целта на доклада е да се оцени площта, засегната от пожарите в ПП "Витоша" през 2012 г. чрез визуално дешифриране на изображения със средна разделителна способност и да се сравнят пожарищата с помощта на спектралните индекси dNBR и RdNBR.

Резерват "Бистришко бранище"

Резерватът "Бистришко бранище" е един от първите резервати в България. Той е създаден през 1934 г., едновременно с обявяването на първия национален парк (днес природен парк) на Балканския полуостров "Витоша". Основната цел при създаването му е да се опазят естествените смърчови гори. През 1977г. "Бистришко бранище" е определен за Биосферен резерват, съгласно международната програма на ЮНЕСКО "Човек и биосфера". Резерватът е разположен на източния склон на Витоша, под върховете Малък и Голям Резен и Скопарник. Той обхваща горните течения на Бистришка и Янчевска река между 1430 и 2282 m н.в. Сегашната му площ е 1061,6 ha [9, 10]. Преди 2001 г. повече от половината площ (52%) на резервата е била заета от гори, а останалата част е била заета от поляни с храстова или тревна растителност и от каменни реки. Въпреки сравнително малката площ, резерватът предлага голямо видово разнообразие (453 вида висши растения), като част от видовете са много редки, сред тях 21 вида са включени в Червената книга на България, а 34 вида са ендемични. В резервата обитават и много застрашени животински видове.

На 22 май 2001 г. около 18 ч. и 30 мин. се разразява мощна буря и се формира вихър с малък диаметър, наречен смерч или торнадо. Смерчът започва в западната част на Витоша в местността Офелиите и продължава в югоизточна посока към резервата "Бистришко бранище" и с. Железница. При преминаването му през територията на резервата се образува ивица с ширина 500-700 m, в която гората е напълно унищожена. Първоначалната оценка на площта на унищожената гора е 60 ha, но след използване на сателитна снимка площта беше коригирана на 75,4 ha [11].

След смерча се разгаря дискусия какво да се прави с повалените в резервата дървета. Лесовъдите застъпват мнението, че те трябва да се изнесат извън резерватната територия и да се извърши залесяване, докато учените от Института по ботаника и Централната лаборатория по обща екология застъпват мнението, че в биосферен резерват човешка намеса не бива да се допуска, защото основна цел в тези резервати е да се оставят екосистемите да се развиват под действието на естествените процеси.

Смерчът се оказва само първият етап в радикалните промени, настъпващи в преди това стабилната дълго време екосистема в тази част на Витоша с доминираща роля на смърча. Започва невиждано преди развитие на един бръмбар – корояда-типограф (*lps typhographus* L.). Тези насекоми и преди са съществували в екосистемата, без да са заплаха за нея, но в резултат на натрупването на голямо количество мъртва дървесна маса започва каламитет. В следващите две години популацията на кородяда във ветровалното петно нараства лавинообразно и през 2003 г. бръмбарите започват да нападат и живите дървета в резервата, а



Фиг. 1. При гасенето на пожара в резерват "Бистришко бранище" активно се включиха хеликоптери МИ-17, оборудвани за гасене на горски пожари от въздуха

през следващите години и далеч извън резервата. Важна особеност е, че този вредител напада главно смърчовите дървета над 20 г., което означава, че младите смърчове не са застрашени. Възрастта на повечето дърветата в резервата обаче е била над 100 г., което определя и понататъшното развитие на каламитета. Екологичните изследвания показват, че с изключение на смърча, състоянието на другите видове в резервата е стабилно.

Резултатът от масовото разпространение на корояда-типограф е, че по-голямата част от смърчовата гора в резервата изсъхна, което значително повишава опасността от възникване и разпространение на горски пожар. И действително 11 години след катастрофалния смерч резерватът е сполетян от ново голямо бедствие. На първи юли малко преди 14 часа е забелязана тънка струя дим, излизаща от склона североизточно под връх Голям Купен. Тъй като е неделя на Витоша има много туристи и скоро е съобщено на спешния телефон 112 за пожара. Към 16:10 ч в района пристига хеликоптер, оборудван за гасене на горски пожари от въздуха, но вече пожарът се е разраснал значително и същия ден се появяват съобщения, че площта му е 40-50 дка (Фиг. 1).

В първия ден от пожара в гасенето му се включват около 70 души, на следващата сутрин броят на гасящите пожара е над 200, включително пожарникари, горски служители и доброволци. Само преди обед на 2-ри юли двата военни хеликоптера Ми-17 са направили 40 курса от яз. Панчарево до резервата "Бистришко бранище" и са хвърлили 100 т. вода, главно в южната периферия на пожара за да се предотврати разрастването му в тази посока. Едновременно с това на терен започва прокарването на просеки. В следващите дни още един хеликоптер се включва в гасенето, а общият брой на огнеборците достига 500 души на 5 юли. Същия ден е съобщено, че пожарът е потушен, но остават три малки огнища.

Приложение на сателитни данни за оценка на щетите от пожари

Геоинформационните технологии и по-конкретно дистанционните изследвания (ДИ) могат да подпомогнат изследванията на влиянието на пожарите върху растителността чрез документиране на техния обхват и степента на пораженията, а също и чрез мониторинг на промените в засегнатите територии с течение на времето. Чрез визуализиране на различни канали на мултиспектрални изображения и получаването на изображения в условни цветове следите от пожарите може лесно да се разграничат от незасегнатите площи, след което се очертават контурите на пожарищата и тяхната площ. Такива възможности предлагат мултиспектралните изображения от сензора ТМ и ЕТМ+ на сателита Landsat. Тези данни обаче се характеризират със средна пространствена разделителна способност (ПРС), което може да доведе до известни грешки. Динамиката на пожара е свързана с разпределението на горивния материал, например отделните дървета. Тези вариации няма как да бъдат характеризирани в

рамките на 30 метровия пиксел на Landsat TM. Проблемът с влиянието на смесените пиксели върху точността на изчислените площи може да бъде частично решен чрез използването на панхроматичния на сензора ETM+ с разделителна способност от 15 m. При визуалната интерпретация възможността за ползване на различни комбинации от спектрални канали може значително да облекчи идентифицирането на пиксели, състоящи се изцяло или частично от изгорели площи. Използвайки данни от сензора TM López García и Caselles [12] установяват, че най-подходящи за тази цел са термалният канал (10.4–12.5 µm) и нормализираната разлика между близкия инфрачервен (0.76–0.90 µm) и средния инфрачервен (2.08–2.35 µm) канал.

Степента на непосредствените поражения върху почвата, растителността или екосистемите в пожарището (т.нар. *burn severity*) е изключително важен показател, тъй като от него в голяма степен зависят бъдещите процеси в територията – ерозия на почвата, възстановяване на растителността, хидроложки режим и т.н. Теренната оценка на степента на поражение включва измервания в пробни площадки, но те обикновено не могат да обхванат изцяло различията в рамките на опожарената територия, особено ако тя е с голяма площ. Ролята на дистанционните изследвания е да помогнат тези оценки да се екстраполират върху цялата засегната площ [13]. За целта се използват спектрални индикатори на степента на поражение, като например различни спектрални индекси.

Такъв спектрален индекс например е споменатата нормализирана разлика на отражението в близката инфрачервена и средната инфрачервена зона (канали 4 и 7 на Landsat) известен като Normalized Burn Ratio (NBR) [14]. Този индекс се е превърнал в стандартен метод, широко използван от изследователи и институции, занимаващи се с оценка на степента на пораженията от пожари [15-19]. Най-често използван подход е да се намери разликата в стойностите на индекса от преди пожара и след него, тоест да се изчисли т.нар. Differenced Normalized Burn Ratio (dNBR). Полученият по този начин индекс е мярка за абсолютната стойност на изменението на NBR. Модифициран вариант на dNBR е предложен от Miller и Thode [20]. Този индекс наречен Relative differenced Normalized Burn Ratio (RdNBR) представлява мярка за относителното изменение на NBR спрямо неговата стойност преди пожара и се смята, че е по-подходящ за характеризиране на екологичния ефект от пожара. Така например, ако пожарът е довел до пълно унищожаване на растителността в два различни участъка, единият от които първоначално е бил с по-голямо проективно покритие на растенията, а другият с по-малко това би предизвикало различни стойности на dNBR в двете места, въпреки че екологичният ефект е еднакъв. Причината е, че NBR преди пожара е имал по-ниска стойност в участъка с по-малко проективно покритие на растенията отколкото в този с по-гъста растителност. Чрез RdNBR се отчитат вариациите на NBR по територията преди тя да бъде засегната от пожара. Това позволява да се сравняват оценките на степента на поражение между различни пожарища и в рамките на едно пожарище с първоначално нехомогенна растителна покривка [20].

Използвани данни и методи

В изследването са използвани шест сцени от Landsat TM/ETM+, които са описани в Таблица 1. За изследване на измененията, настъпили в резултат от пожара в резервата "Бистришко бранище", са подбрани две двойки изображения. Първата включва две изображения от лятото на 2012 г., заснети непосредствено преди и след пожара. Сцената от 15 юли е първата ясна сцена след пожара в "Бистришко бранище". За съжаление не е налично изображение от предходната година с близка до тази дата, което наложи за сравнението да се ползва по-ранно изображение от 2012 г. Тъй като разликата между датите на двете изображения, при която разликата да бъде по възможност по-малка. За целта е избрана по-късна сцена - 16 август 2012 г., която е съпоставена със сцена от предходната година - 22 август 2011 г. Разликовите индексни изображения, получени от тези две двойки, са сравнени за пожарището в "Бистришко бранище" за да се оцени влиянието на изображения върху стойностите на индексите. Липсата на безоблачни сцени наложи за пожара при Меча поляна да се използва изображение от края на октомври 2012 г., което е съпоставено с изображение от края на октомври 2012 г., което е съпоставено с изображение от края на септември 2011 г. (26 дни разлика).

Стойностите на пикселите в изображенията са конвертирани в енергетични яркости (W m² sr⁻¹ µm⁻¹) след което изображенията са коригирани за атмосферни влияния чрез модула QUick Atmospheric Correction (QUAC®) в програмния пакет ENVI 4.7. За всяка дата е изчислен индексът NBR по формулата [17,14,15]:

(1)
$$NBR = 1000 \frac{(Band 4 - Band 7)}{(Band 4 + Band 7)},$$

Дата	Сензор	Височина на Слънцето (°)	Приложение
29.06.2012 г.	ETM+	63,3	
15.07.2012 г.	ETM+	61,6	вистришко оранище
22.08.2011 г.	TM	52,9	
16.08.2012 г.	ETM+	55,1	вистришко оранище
23.09.2011 г.	TM	43,2	
19.10.2012 г.	ETM+	34,6	меча поляна

Табл. 1. Списък на използваните изображения от Landsat

където *Band*4 и *Band*7 са съответно канали 4 (0.76-0.90 µm) и 7 (2.08-2.35 µm) на Landsat TM/ETM+. Във формулата е добавена константата 1000, съобразно процедурата, предложена от Кеу и Benson [14], което позволява да се работи с цели числа. Па този начин стойностите на индекса варират от -1000 до 1000. Растителността има стойности на NBR над нула, а почвата и скалите под нула [21]. Пожарищата имат отрицателни стойности, намаляващи с увеличаването на степента на поражение. Трите двойки NBR изображения (юни-юли 2012 г., август 2011-август 2012 г. и септември 2011-октомври 2012 г.) са използвани за намиране на разликовия индекс dNBR чрез изваждане на съответното NBR изображение, получено след пожара (*postfireNBR*), от това получено преди пожара (*prefireNBR*) [14]:

(2) dNBR = prefireNBR - postfireNBR

Теоретично dNBR може да варира от -2000 до 2000 [15], като стойностите около нула показват липса на промяна, положителните стойности показват понижение на NBR (намаляване на растителността), а отрицателните повишение на NBR. Модифицираният вариант на този индекс – RdNBR – също е изчислен за трите периода [20,22]:

(3)
$$RdNBR = \frac{dNBR}{\sqrt{ABS(prefireNBR/1000)}}$$

Използването на абсолютната стойност (*ABS*) на NBR от преди пожара в знаменателя позволява да се запази знака на оригиналния dNBR [20]. При една и съща стойност на dNBR (тоест на абсолютно изменение) относителният индекс RdNBR ще е по-висок там където NBR преди пожара е бил по-нисък, тоест количеството растителност е било по-малко.

Изображенията от Landsat ETM+ са обработени чрез техника за сливане на изображения (*image fusion*), при което с помощта на панхроматичния канал на сензора разделителната способност на останалите спектрални канали е подобрена от 30 на 15 m. По тези изображения с подобрена детайлност е извършено дешифриране и очертаване на периметъра на двете пожарища.

Резултати

Определяне на периметъра и площта на пожарищата. Изображенията в условни цветове, получавани при визуализацията на различни комбинации от каналите на Landsat, са в различна степен информативни при разпознаването на териториите засегнати от пожар. Особено полезни за локализирането на такива територии са комбинациите, включващи термалния канал 6 (10.40-12.50 µm), но използването им за очертаване на точните граници е по-малко удачно поради по-ниската ПРС на този канал. Друга подходяща комбинация е RGB=7.5.2. Препоръчително е използването на колкото се може повече комбинации, тъй като при едни от тях изпъкват границите с един тип съседни територии, а при други с друг тип. При дешифрирането винаги трябва да се наблюдава по-голям район от изображението за да се види как изглеждат различните типове земно покритие, когато не са засегнати от пожара. По този начин определянето на границите става не само "отвътре-навън", но и "отвън-навътре". Проблем при дешифрирането могат да създадат голите скални участъци, а също и сенките върху сцената, заснета през октомври. Такива се наблюдават върху изображенията под в. Голям Резен и при някои комбинации са неотличими от опожарената територия. Предварителното познаване на района в случая е от полза. Определените периметри представляват максималният обхват на пожара и не отчитат евентуалното наличие на незасегнати "острови" вътре в пожарището. В действителност такива се наблюдават само в пожарището край Меча поляна, но имат сравнително малка площ и трудно биха могли надеждно да се дешифрират при този мащаб. Планиметричната площ, заградена в така очертаните периметри (Фиг.2) на пожарището в резервата "Бистришко бранище" възлиза на 69,3 ha (693 дка). Тъй като теренът има значителен наклон реалната площ на повърхнината на



Фиг. 2. Карта на района на резерват "Бистришко бранище" на Витоша с очертанията на пожарищата от 2012 г., дешифрирани по Landsat ETM+.

пожарището е с 8% по-голяма или 74,9 ha. Наклонът на склона при пожара при Меча поляна е по-малък и затова площта на повърхнината там (38,5 ha) е с 6% повече от планиметричната (36,2 ha). Малко по-малка площ на пожарището (0,6 km²) е получена при изследване класовете земно покритие на базата на полуавтоматична класификация на изображение от Landsat от Филчев [23], която обаче също е в пъти повече от първоначалната информация за размера на пожара.

Влияние на избора на изображенията върху индексите dNBR и RdNBR. В Таблица 2 е представено статистическо описание на стойностите на dNBR и RdNBR в рамките на двете пожарища. Данните са извлечени чрез векторния слой с дешифрираните периметри на пожарищата. Стойностите на dNBR за пожарището в "Бистришко бранище" се различават в зависимост от използваната за изчисляването му двойка изображения. Като цяло индексът е малко по-висок в случая, когато са използвани изображенията от юни и юли 2012 г (Табл. 2). За да се провери дали разликата в средните стойности на dNBR, изчислен по двете двойки изображения е статистически значима е използван t-тестът за свързани извадки. Той показва, че разликата е значима (t=-22,2; p<0,001; df=766). Индексът RdNBR показва същата зависимост от използваните изображения (Табл. 2), като наблюдаваната разлика в средните стойности отново е статистически значима (t=-48,4; p<0,001; df=766). Имайки предвид, че по-високите стойности на индексите отговарят на по-силна степен на промяна (нарушение), може да се предположи, че използването на изображение с дата по-близка до самия пожар (юли) е позволило да се регистрира максималното отклонение от първоначалното състояние. Пониските стойности на индексите, получени използвайки изображението от август 2012 г., повече от месец след пожара, може да се дължат на отслабване или изчезване на някои от измененията, свързани с пожара. За възстановяване на растителността в такива кратки срокове не може да се говори, но е възможно пепелната покривка възникнала при пожара да е отвята или измита от валежите. В действителност, в този период, на 28.07.2012 г. в станция Черни връх е отчетен валеж 28,4 lm², което е максималният денонощен валеж, отбелязан в периода юни-август 2012 г [24]. Отмиването на натрупаните материали върху почвата след пожара би причинило изменение на отражателните характеристики, приближавайки ги към състоянието от преди пожара.

Причината за наблюдаваните при двата индекса различия на стойностите в зависимост от използваните изображения може да е свързана и с влиянието на фенологичните промени в растителната покривка. Колкото по-голяма е разликата в датите на изображенията, използвани за изчисляване на dNBR и RdNBR, толкова по-големи би следвало да са естествените фенологични изменения, настъпили между тези дати. Наслагвайки се върху измененията, причинени от пожара, фенологичните изменения може да доведат до повишаване на стойностите на двата индекса. В настоящото изследване влиянието на фенологичните промени за наблюдаваното различие в индексите при двете използвани двойки изображения може да се отхвърли. Въпреки че разликата в датите между изображенията от първата двойка е значително по-голяма (16 дни, срещу 6 при втората двойка), този период обхваща предимно времето след пожара, когато растителността вече е била унищожена и няма как да стават следващи фенологични промени.

Тъй като разликата в индексите при изчисляването им по изображенията от различните дати не може да се обясни с фенологичните влияния се приема, че тя отразява промените, свързани с пожара, а също и настъпилите след него изменения, като отвяване или отмиване на материалите от горенето, намиращи се върху почвата или повишаване на почвената влажност. Поради това за оценката на степента на поражение в пожарището в "Бистришко бранище" е поподходящо да се използват dNBR и RdNBR, изчислени с помощта на изображенията от юни и юли 2012 г. По-нататък в изложението за характеризиране на пожарището в "Бистришко бранище" са използвани именно те.

Тъй като изображенията, използвани за оценка на степента на поражение в пожарището при Меча поляна са с дори още по-голяма разлика в датите – почти един месец, е необходимо и тук да се провери влиянието на фенологичните промени върху dNBR и RdNBR. За целта стойностите на двата индекса бяха извлечени за малък район в съседство с пожарището, зает също като него с тревна и храстова растителност. Средната стойности на dNBR за този район беше 71, а на RdNBR – 94. Както се вижда от Таблица 2 тези стойности са много по ниски от стойностите на двата индекса в рамките на пожарището (съответно 790 и 1099). С други думи, промените в NBR в съседния незасегнат от пожара район представляват около 9% спрямо промените в рамките на пожарището.

		dNBR		RdNBR				
-	Бистришко бранище		Меча поляна	Бистришко бранище		Меча поляна		
-	(1)	(2)		(1)	(2)	_		
Обхват	39-1135	170-1156	127-1147	56-1513	211-1851	238-1436		
Средно	790	847	790	1147	1310	1099		
Медиана	834	896	827	1216	1388	1147		
Ст.Откл.	196	190	219	271	286	235		

Табл. 2. Описателни статистики на dNBR и RdNBR за пожарищата в резервата "Бистришко бранище" и при Меча поляна. За "Бистришко бранище" с (1) са означени индексите, изчислени чрез сцените от август 2011 и 2012 г., а с (2) тези изчислени чрез сцените от юни и юли 2012 г.

Сравнение между двете пожарища. Характерът на земното покритие в териториите, обхванати от двата пожара се различава значително. Докато в "Бистришко бранище" са засегнати предимно изсъхнали дървета, край Меча поляна пожара обхваща тревна и храстова субалпийска растителност и торф. Тези различия са потенциална предпоставка за различна интензивност и динамика на пожарите, а от там и за разлика в степента на пораженията. Хистограмите на стойностите на dNBR в рамките на двете пожарища (Фиг. 3) обаче не показват съществени различия в спектралния ефект на двата пожара. Индексът варира в едни и същи граници, като преобладават стойностите на dNBR в интервала 800-1000. Следователно, настъпилите в двете пожарища спектрални промени (характеризирани чрез NBR) са равни по абсолютна величина. При индекса RdNBR обаче се наблюдава разлика между двете пожарища. За пожарището в "Бистришко бранище" индексът RdNBR има значително по-високи стойности, отколкото за пожарището при Меча поляна (Фиг. 3). Това е свързано с факта, че в "Бистришко бранище" стойностите на NBR преди пожара са по-ниски от тези в храстовите и тревните формации при Меча поляна. Причината за по-ниските стойности е наличието на изсъхнали дървета и значителното покритие на земната повърхност с повалени стволове и други остатъци от дървесната растителност. Това намалява проективното покритие на свежата тревна и

храстова растителност. На теория RdNBR "се стреми" да компенсира тази по-ниска първоначална стойност като дава не абсолютната стойност на промяната, а относителна. Той показва, че относителното спектрално изменение в "Бистришко бранище" е по-голямо.

Какъв е механизмът и екологичният смисъл на различаващите се стойности на RdNBR в двете пожарища е трудно да се каже. Още по-трудно могат да се правят изводи за поведението на спектралните индекси при липса на наземни данни за степента на поражение. За съжаление на разполагаме с данни за процента на загиналата растителност, който е добър индикатор за екологичния ефект от пожара.



Фиг. 3. Разпределение на стойностите на dNBR и RdNBR за пожарищата в резервата Бистришко бранище и край Меча поляна

Разграничаване на участъци с различна степен на поражение В рамките и на двете пожарищата се наблюдават вариации в спектралните индекси, които може да са индикация за наличие на райони с по-големи или по-малки поражения (Фиг. 4). Без обвързването на тези различия с реална количествена оценка на пораженията, базирана на наземни наблюдения, те могат да имат само ориентировъчен характер. Изображенията от Фигура 4 биха могли да послужат при планирането на теренни измервания, като основа за диференциация при залагането на пробните площадки.



Фиг. 4. dNBR и RdNBR за пожара в резервата "Бистришко бранище" (А и В) и за пожара при Меча поляна (С и D)

Изясняването на въпроса кой от двата индекса (dNBR или RdNBR) позволява по-точно определяне на различните степени на поражение също изисква независими наземни данни. Въпреки това, тук може да проверим доколко всеки от двата индекса се влияе от стойностите на NBR преди пожара. Подобно влияние би затруднило правилното определяне на степента на поражение в различните участъци на пожарището, ако територията е била нехомогенна. Според Miller и Thode [20] недостатък на методите за откриване на промени, основани на разлика, какъвто е dNBR е, че получената мярка за абсолютно изменение може да е корелирана със стойностите на изображението отпреди промяната (пожара). С RdNBR се цели да се премахне тази зависимост. За да се провери каква е връзката на двата индекса (dNBR и RdNBR) със състоянието на земната повърхност преди пожара е направен "спектрален профил" през пожарището в "Бистришко бранище" с направление ЮЗ-СИ. Стойностите от пикселите, попадащи върху профилната линия, са извлечени и са нанесени в графика (Фиг. 5). Вижда се, че съществува известна връзка между dNBR и NBR преди пожара, което се потвърждава и от корелационния коефициент (r=0,58; p<0,001; df=33). RdNBR от своя страна на практика не е свързан с NBR преди пожара (r=-0,20; p=0,249; df=33). И двата индекса са силно корелирани с NBR след пожара, особено RdNBR (r=-0.97; p<0.001; df=33). Тези резултати потвърждават, че за разлика от dNBR, RdNBR е независим от първоначалните разлики в растителната покривка и теоретично позволява по-точно сравнение на степените на поражение в пожарища с нееднородна растителност.



Фиг. 5. Изменение на dNBR, RdNBR, NBR преди пожара и NBR след пожара по профил с направление ЮЗ-СИ в пожарището в резервата "Бистришко бранище"

Заключение

Представената в медиите информация за площта на пожарите е разнопосочна и невярна. Това показва, че съответните държавни институции също не са разполагали с коректни данни, относно размерите на пожара. Твърде вероятно е точна информация да липсва и след тяхното потушаване. Това се дължи на факта, че те бушуваха в планинска територия и особено при първия пожар достъпът беше силно затруднен. След приложението на дистанционни методи се вижда, че реалните площи, пострадали при пожарите са значително по-големи. Планиметричната площ на пожарището в резервата "Бистришко бранище" е 69,3 ha, а площта на повърхността е 74,9 ha, което е три пъти повече от оповестената информация. Площта на пожарището при Меча поляна в план е 36,2 ha, а като повърхност 38,5 ha, което е близо четири пъти повече в сравнение с посочените 100 дка на уеб страницата на ПП "Витоша" [25].

Спектралните индекси dNBR и RdNBR са надеждно средство за изследване и оценка на щетите от горските пожари. Тяхната чувствителност към промените, вследствие частичното или пълно опожаряване на ландшафта позволява да се диференцират зони в пожарището, характеризиращи се с различна степен на пораженията. Определянето на граничните числени стойности на индексите ще позволи в бъдеще да направи корелативна връзка между физическата степен на промяна на земното покритие на територията и неговите спектрални характеристики.

Литература:

- 1. Велизарова, Е., И. Ц. Маринов, В. Константинов. (2006). Горските пожари динамика, оценка и екологични последствия. Наука за гората, т. XLIII, кн. 1, 75-91
- 2. Alexandrov, A. (2007). Forests and climate change. Forest science, vol. XLIV, issue 3, 3-8
- 3. Глогов, П., В. Илкова. (2006). Сравнителен флористичен и синтаксономичен анализ на промените на растителността в нарушени от пожар терени. Наука за гората, т. XLIII, кн. 3, 63-80

- 4. Богданов, С., П. Глогов. (2006). Разпределение на екологичните групи растения в зависимост от промените в състава и свойствата на почви засегнати от горски пожари. Наука за гората, т. XLIII, кн. 3, 81-94
- 5. Глогов, П., С. Богданов. (2003). Промени в някои почвени показатели и връзката им с видовия състав на растителността в нарушени от пожар горски територии. Наука за гората, т. XL, кн. 1, 71-82
- Димитров, П., А. Гиков. (2009). Идентификация и оценка на следи от пожари в Рила планина чрез използване на спектрални индекси по данни от Landsat. В: Сб. Доклади от пета научна конференция с международно участие "Space, Ecology, Nanotechnology, Safety – SENS 2009" 2-4 ноември 2009 г София. с. 142-149
- Гиков, А., П. Димитров. (2009). Приложение на геоинформационните технологии за оценка на щетите и последиците от големия пожар в района на х.Мальовица, Рила планина. В: Сб. Доклади от пета научна конференция с международно участие "Space, Ecology, Nanotechnology, Safety – SENS 2009" 2-4 ноември 2009 г София. с. 150-159
- Гиков, А. (2009). Изследване на пожара около връх Аризманица, Рила планина чрез сателитни изображения с различна разделителна способност. В: Сб. Доклади от пета научна конференция с международно участие "Space, Ecology, Nanotechnology, Safety – SENS 2009" 2-4 ноември 2009 г София. с. 160-167
- 9. Георгиев, Г. (1993). Народните паркове и резервати в България. С. Просвета, 190 с.
- 10. Регистър на защитените територии и защитените зони в България Интернет страница на ИАОС http://pdbase.government.bg/zpo/bg/
- 11. Гиков, А., З. Пиронкова. (2005). Използване на геоинформационните технологии за оценка на щетите от смерч в горски територии. В: Сб. Доклади от Научна конференция "Space, Ecology, Safety SES 2005", 10-13 юни 2005 г. Варна, с. 269-274
- 12. López García, M. J., V. Caselles. (1991). Mapping burns and natural reforestation using thematic Mapper data. Geocarto International, 6(1): 31-37
- 13. Barrett, K., E. S. Kasischke, A. D. McGuire, M. R. Turetsky, E. S. Kane. (2010). Modeling fire severity in black spruce stands in the Alaskan boreal forest using spectral and nonspectral geospatial data. Remote Sensing of Environment, 114, 1494–1503
- 14. Key, C. H., N. C. Benson. (1999). Measuring and remote sensing of burn severity: the CBI and NBR. Poster abstract. In: L. F. Neuenschwander and K. C. Ryan (Eds.), Proceedings Joint Fire Science Conference and Workshop, Vol. II, Boise, ID, 15-17 June 1999. University of Idaho and International Association of Wildland Fire. 284 pp.
- 15. Escuin, S., R. Navarro, P. Fernández. (2008). Fire severity assessment by using NBR (Normalized Burn Ratio) and NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) derived from LANDSAT TM/ETM images. International Journal of Remote Sensing, 29(4): 1053-1073
- 16. Epting, J., D. Verbyla, B. Sorbel. (2005). Evaluation of remotely sensed indices for assessing burn severity in interior Alaska using Landsat TM and ETM+. Remote Sensing of Environment 96 328 – 339
- 17. Wimberly, M. C., M. J. Reilly. (2007). Assessment of fire severity and species diversity in the southern Appalachians using Landsat TM and ETM+ imagery. Remote Sensing of Environment 108 189–197
- 18. Cocke, A. E., P. Z. Fulé, J. E. Crouse. (2005). Comparison of burn severity assessment using Differenced Normalized Burn Ratio and ground data. International Journal of Wildland Fire, 14, 189-198
- 19. Monitoring Trends in Burn Severity (MTBS) Project. URL: http://mtbs.gov/index.html
- 20. Miller, J. D., A. E. Thode. (2007). Quantifying burn severity in a heterogeneous landscape with a relative version of the delta Normalized Burn Ratio (dNBR). Remote Sensing of Environment 109, 66–80
- 21. Miller, J. D., S. R. Yool. (2002). Mapping forest post-fire canopy consumption in several overstory types using multi-temporal Landsat TM and ETM data. Remote Sensing of Environment, 82, 481–496
- 22. Miller, J. D., E. E. Knapp, C. H. Key, C. N. Skinner, C. J. Isbell, R. M. Creasy, J. W. Sherlock. (2009). Calibration and validation of the relative differenced Normalized Burn Ratio (RdNBR) to three measures of fire severity in the Sierra Nevada and Klamath Mountains, California, USA. Remote Sensing of Environment 113, 645–656
- 23. Filchev, L. 2012. Land-Use/Land-Cover Change Detection of Bistrishko Branishte Biosphere Reserve Using High-Resolution Satellite Data. In: XXII International Symposium "Modern Technologies, Education and Professional Practice in Geodesy and Related Fields", November 8 – 9, 2012, Sofia
- 24. Web страница Stringmeteo. Месечни обобщения на валежите:
 - http://www.stringmeteo.com/synop/prec_month.php
- 25. Web страница на ПП "Витоша": http://www.park-vitosha.org/content/новини

SES 2012 Eighth Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, SAFETY 4 – 6 December 2012, Sofia, Bulgaria

ВАЛИДИРАНЕ НА ФЕНОЛОГИЧНИТЕ МЕТРИКИ НА РАСТИТЕЛНАТА ПОКРИВКА (MODIS) С ТЕМПЕРАТУРНО- БАЗИРАНИТЕ НАЗЕМНИ МЕТРИКИ ЗА НАЧАЛО НА ВЕГЕТАЦИОННИЯ ПЕРИОД В ЦЕНТРАЛНИ РОДОПИ, 2000-2011Г.

Георги Лечов¹, Ерам Артинян²

¹Аграрен университет, Пловдив, катедра Математика & Физика ²Национален институт по метеорология и хидрология - регионален център, Пловдив e-mail: letchov@gmail.com

Ключови думи: фенопологични метрики, климатични метрики, температурни суми, начало на вегетационен период, логистичен модел, индекс на листната площ

Резюме: Целта на настоящата работа е изследване на връзките между климатичните метрики и фенологичните мерики на растителната покривка за начало на вегетационния период. Температурно- базираните метрики за начало на вегетациония период, при три температурни прага 5°C, 7°C, 10°C са дефинирани въз основа на средните денонощни темератури измерени на клматичните станции Хвойна(720м н.в.) и Чепеларе(1150м н.в.) и метеорологичната станция Рожен(1750м н.в.). Тези метрики са сравнени с фенологичните метрики на растителната покривка, за начало на вегетационния период, определени посредством скороста на изменение на кривината на логистичната крива, описваща изменението на индекса на листаната плош през вегетационния период. За целта е използван продукта LAI/ FPAR MODIS. Изследван е периода 2000- 2011г. за района на Централни Родопи. За двата вида метрики са определени температурните суми, при които започва вегетационния период.

VALIDATION OF MODIS SPRING LAND SURFACE PHENOLOGY WITH GROUND BASED TEMPERATURE METRICS IN CENTRAL RHODOPE **MOUNTAINS, SOUTH EASTERN EUROPE, 2000-2001**

George Letchov¹, Eram Artinyan²

¹Agricultural University, Plovdiv, Dept of Math and Physics ²National Institute of Meteorology and Hydrology - Regional Centre, Plovdiv e-mail: letchov@gmail.com

Keywords: land surface phenology metrics, temperature-based metrics, growing degree days, green up onset, start of growing season

Abstarct: The aim of this study is the relationship between temperature-based metrics and satellitebased spring vegetation phenology metrics in Central Rhodope Mountains. Temperature-based metrics at 5°C, 7°C, 10°C thresholds are defined based on the mean diurnal temperatures at Hvoyna, Chepelare and Rozhen meteorological stations. These metrics are compared with Land Surface Phenology metrics- green up onset, calculated applying curvature change approach to MODIS global LAI/ FPAR product data sets for the period 2000 – 2011. Temperature sums on the day of onset of the growing season for both metrics are calculated.

Въведение

Добре известен е фактът, че сезонните температурни промени и вариации на климата в умерените географски ширини, всяка пролет отключват растежните механизми в растенията и ги управляват целогодишно. Растенията са най-чувствителни към промените на климата и поради тази причина могат да се използват като индикатори на климатичните промени. Малките промени в температурата, водят до промени в настъпване на основни фази на морфологично развитие на растенията, т.е. до промени във фенологичния календар на растенията.

Съществуват два вида метрики за определяне продължителността на вегетациония период в развитието растителността: климатични и фенологични. Климатичите метрики се дефинират посредством минималните или средните денонощни температури, докато фенологичните метрики регистрират настъпващите морфологични изменения в развитието на растенията: събуждане на листните пъпки, появата на 1-ви лист, разлистване, масов цъфтеж и достигане на зрялост, пожълтяване на листата, и приключване на листопада. Проследяването на тези събития върху големи площи е невъзможно със средствата на традиционната фенология- необходими са голям брой фенологични станции, разположени често пъти в трудно достъпни региони. През последните години възникна ново направление във фенологията, известно като фенология на растителната покривка (Land Surface Phenology -LSP). LSP изучава сезонните изменения на растителната покривка, посредством спътникови дистанционни наблюдения на земната повърхност.

Основните фенологични метрики определени посредством сателитни дистанционни наблюдения през пролетния сезон са [1]: (1) начало на раззеленяването, денят от началото на годината (DOY- Julian day of year) на който се отключва фотосинтетичната активност; (2)стабилизиране на раззеленяването- DOY, когато скоростта на развитие на растителната покривка е максимална; (3)зрялост, DOY, когато раззеленяването достига максимум. Аналогични метрики се въвеждат за описание на периода на листопад. LSP метриките се определят, анализирайки изменението на вегетационните индекси LAI, EVI, NDVI и др... получени като продукти от сателитните дистанционни наблюдения на растителната покривка. Съществуват различни методи за дефиниране на LSP метриките: като прагови стойности, инфлексни точки, точки свързани със скоростта на изменение на вегетационните индекси.

В последните години има силен интерес към нарастването на продължителността на вегетационния период в Северното полукълбо, в резултат на повишаването на температурата на въздуха, свързано с климатичните промени [2], [3]. Удължаването на вегетациония период се дължи по-скоро на по-ранното настъпване на пролетта, отколкото на закъснение в настъпването на есента. Със средствата на традиционната фенология бе установено, че в Европа разлистването и цъфтежа на растенията настъпват между 1.4–3.1 дена на десетилетие по-рано, и с 1.2–2.0 дена на десетилетие по-рано в Северна Америка [4]. Анализът [5] на връзките между климатичната дефиниция на продължителността на вегетациония период, като темепературен праг, приложен към минималната и средната денонощни температури и фенологичните фази, показва че датите на последен пролетен мраз $T_{min} < 0$ °C (<-3 °C и <-5 °C) настъпват по-рано средно с 0.24 (0.23 and 0.32) дена на година. Денят от годината когато средните денонощни температури трайно превишават 5°C (7°C и 10 °C) също настъпва по-рано, но с 0.13 (0.21 и 0.09) дена на година.

Целта на настоящето изследване е да сравни климатичните, температурно- базирани метрики за начало на вегетационния период (start of growing season- SGS) и LSP метриките, резултат от дистанционните наблюдения на развитието на РП и да установи връзките между тях.

Данни и метод

Изследван регион

Настоящето изследване е проведено в горските масиви на Централни Родопи (42.0190N, 24.6849E; 42.0263N, 24.6751E). Надморската височина в региона се изменя от 500 до 1900м, като източната част е по-ниска от останалата.

Ниските елевации (500- 800м) се доминират от смесени широколистни листопадни гори Quercus pubescens, Q. virgiliana, Carpinus betulus, Fr. excelsior L., Tilia и вечнозелени храсти Juniperus oxycedrus, докато на големи височини (над 800м н.в.) доминантни са Fagus sylvatica, Pinus sylvestris and Picea.

Климатични данни

В района има една метеорологична станция и две климатични станции на НИХМ към БАН с продължителни серии измервания, покриващи изследвания период 2000- 2011г.. Това са климатичните станции Хвойна (719м н.в.) и Чепеларе (1150м н.в.) и метеорологичната станция Рожен (175м н.в.). За всяка от станциите са формирани серии от данни включващи средно денонощните температури и сумата на валежите.

Средните денонощни температури за периода 2000- 2011г. са: 9.46 °C (Хвона - Hv), 7.16°C (Чепеларе- Ch), 5.21°C (Рожен- Ro). Най-студеният месец е януари, със средни температури, съответно: -3.7°C(Hv), -2.3°C(Ch), -0.5°C(Ro). Максималните средни месечни температури са: 19.6°C (Hv), 16.6°C(Ch), 14.7°C(Ro). Разпределението на температурните градиенти в региона е отместено в посока на отрицателните градиенти: -0.6°C/100м до -0.4°C/100м, както температурните инверсии не са рядко явление, особено в началото и края на вегетационния период.

LSP данни

За определяне на началото на вегетационния период е използван продукта FPAR/ LAI (ESDT: MOD15A2) с резолюция 1км и композиран на всеки 8 дена от спектрорадиометъра MODIS на борда на сателитите на NASA - Terra(EOS AM) и Aqua (EOS PM), за периода 2000-2011. Отчетени са флаговете за качество на данните, които съпровождат продукта MOD15A2.

Анализирани са 3 групи от по 5 участъка, всеки включващ по 100ха гори, разположени на надморска височина, близка до тази на трите метеорологични станции. Основен принос във фенологията на РП дава динамиката на широколистните листопадни гори. Те са разпространени до 1500м н.в.. В по-високите части, гората е смесена и над 75% от площите са заети от вечнозелена иглолистна растителност, предимно смърч. Ето защо LSP метриките са изследвани за участъци, разположени в широколистния листопаден пояс, до 1500м н.в..

Температурно базираните метрики за начало на вегетациония период, основаващи се на един температурен праг.

Нека T_k е средната денонощна температура за *k*-тия ден и T_b е праговата температура. За начало на вегетационния период се взема първият от 6 последователни дни със средни температури по-високи от праговата температура, т.е. $T_k > T_b$ [6]. Обикновено $T_b = 5^{\circ}$ С, но често при дефиниране на началото на вегетационния период, в климатологията се използват и други прагови температури. Ето защо, в настоящето изследване сме използвали три температурни прага $T_b = 5$, 7 и 10°С и сме пресметнали SGS за всеки температурен праг, за всяка година и за всяка станция по отделно. Средната надморска височина на участъците е използвана за определяне на температурите на ниво пиксел, като:

$$T_{pixel} = T_k + (dT/dh) (h_{pixel} - h_k)$$

където h_k – надморска височина на станция (k), h_{k+1} - надморска височина на станция (k+1), h_{pixel} - надморска височина на участъка(пиксела), T_k е температурата от k-та метеорологична станция, (dT/dh)- градиента на температурата между станции (k) и (k+1), ($h_k \le h_{pixel} \le h_{k+1}$).

Дефинирането на вегетационния сезон посредством един температурен праг, понякога може да даде подвеждащи резултати [7]. Ето защо при използването на такъв тип метрики се препоръчва предварително изглаждане на данните [5], като се прилага метода на подвижните средни за 7 дневен период. Така изгладените данни са използвани за определяне началото на вегетационния сезон, при трите температурни прага $T_b = 5, 7$ и 10°С.

LSP метрики, получени в резултат на анализ на времевите серии за LAI. За всеки участък е разработен логистичен модел на изменението на LAI (индекса на листната площ), въз основа на продукта MODIS LAI/FPAR. След което, началото на вегетационния период е определено, като денят от годината, в който скоростта на изменение на кривината на логистичната крива достига максимум [1]. Логистичният модел на изменение на индексът на листната площ е от вида:

(1)
$$y(t) = \frac{c}{1 + e^{a+bt}} + d$$
, a>0, b < 0, c >0, d > 0

където *t* е времето, измервано в дни от началото на годината, y(t) е LAI в момента от време *t*, *a* и *b* са параметри, *c*+*d* е максималната стойност на LAI, и *d* е фонова компонента, обикновено свързана с приноса на вечнозелената растителност. Кривината \mathcal{K} на логистичната крива (1) е:

(2)
$$\mathcal{K} = \frac{b^2 c z (1+z) (1+z)^3}{\left[(1+z)^4 + (bcz)^2 \right]^{3/2}}$$

(3)

а скоростта на изменение на \mathcal{K} , т.е. \mathcal{K} ', е [1]:

$$\mathcal{K}' = b^{3}cz \left\{ \frac{3z(1-z)(1+z^{3})[2(1+z^{3})+b^{2}c^{2}z]}{[(1+z)^{4}+(bcz)^{2})]^{5/2}} - \frac{3z(1-z)(1+z^{3})[2(1+z^{3})+b^{2}c^{2}z]}{[(1+z)^{4}+(bcz)^{2})]^{5/2}} \right\}$$

Началото на вегетационния период се определя, намирайки локалните екстремуми на скоростта на изменение \mathcal{K} на кривината на логистичната крива (1).

температурни суми (degree days- dd). Температурните суми в дните на настъпване на вегетационния период са определени като:

$$(4) TS = \sum_{t_0}^m R_b(x_t)$$

(5)
$$R_b(x_t) = \begin{cases} 0 & \text{if } x_t \le TS_b \\ (x_t - TS_b) & \text{if } x_t > TS_b \end{cases}$$

където *m* е денят от годината, в който започва вегетационния период, *TS* е температурната сума в началото на вегетационния период, x_t средната денонощна температура; TS_b е праговата температура и t_0 е денят от началото на годината, от който се започва натрупване на температурните суми, R_b дава градусите натрупани в деня *t*.

В настоящето изследване $TS_b = 0^{\circ}$ С, а температурните суми се натрупват от началото на годината, $t_0 = 1$ януари.

Резултати и дискусия

SGS като температурен праг

Анализът на стандартната климатична дефиниция за начало на вегетационния активния период, като датата с температури над 5°С в 6 последователни дена показва, че през последното десетилетие (2000- 2011), началото на вегетациония период. се отмества към покъсни дати при станциите на по-големи надморски височини, като на Чепеларе закъснението е с +1.28дена/година, а на Рожен +0.73 дена/година. На станция Хвойна (710м) има слабо изразен тренд към по-ранна пролет (-0.26/дена/година). Както се вижда (Таблица 1), различните температурни прагове използвани за дефиниция на началото на активния сезон, дават различни като посока тенденции. Тези тенденции обаче не са статистически значими, поради голямата вариабилност на началото на активния сезон през годините. Изходните данни, въз основа на които са направени оценките в Таблица 1 са предварително изгладени, прилагайки 7 дневни подвижни средни.

Таблица 1. Начало на вегетационния период (SGS) и температурните суми(TS) (след 1 –ви януари при прагова температура $TS_b = 0^{\circ}$ C). SGS се дефинира като първият от 6 последователни дни със средни температури по-високи от праговата температура. (SE- стандартната грешка).

Station	SGS, DOY	SE, days	Trend days/year	R	R ²	F-test	p- value	TS, dd	SE, dd
Hv5	74	3	0.318	0.10	0.01	0.109	0.748	144	16
Ch5	93	4	-0.108	0.03	0.00	0.010	0.921	148	16
Rho5	113	4	1.860	0.53	0.28	3.887	0.077	160	20
Hv7	87	4	-0.528	0.16	0.02	0.250	0.628	220	25
Ch7	105	4	2.073	0.52	0.27	3.782	0.080	216	24
Rho7	125	5	1.734	0.39	0.15	1.779	0.212	226	21
Hv10	105	4	2.035	0.52	0.27	3.728	0.082	370	36
Ch10	131	3	-0.049	0.02	0.00	0.004	0.953	419	37
Rho10	143	5	-2.570	0.56	0.32	4.676	0.056	363	49

С увеличение на надморската височина (710- 1750м), началото на активния сезон закъснява с 38 дена (Таблица 1), т.е. средно с 3.68 дена при увеличаване на надморската височина с 100м. Този резултат се получава и при трите температурни прага използвани за дефиниране на началото на активния сезон, съответно 5, 7 и 10°С. Закъснението е по-голямо във височинния пояс 500- 1200м, и е от 4.2 дена/100м, докато над 1200м закъснението е от 3.31 дена/100м. Трябва да се отбележи, че началото на активния сезон при прагова температура $T_{\rm b}$ =10°С, при по- малките надморски височини е по- голямо- 6 дена/100м до 1200м н.в. и само 2 дена/100м над 1200м н.в..

Средните за изследвания период температурни суми *TS*, необходими за започване на вегетационния период при трите прагови температури, са съответно 151dd (при $T_b = 5^{\circ}$ C), 221dd (при $T_b = 7^{\circ}$ C) и 384dd (при $T_b = 10^{\circ}$ C). Температурните суми са акумулирани при прагова температура от $TS_b = 0^{\circ}$ C. Необходимите температурни суми, варират слабо с надморската височина. При $T_b = 7^{\circ}$ C относителната грешка е 2.28%, като тя е най-голяма 7.95% при $T_b = 10^{\circ}$ C. Това показва, че трябва да се използват по-ниски температурни прагове при дефиниране на началото на вегетационния период.



Фиг. 1. Начало на вегетационния период при температурен праг *T_b* =5°C



Фиг. 2. Средни температурни градиенти (°С./100m) в началото на вегетационния период (2000- 2011г). Ну- Хвойна, Ch-Чепеларе, Ro- Рожен

начало на вегетационния период, определено посредством дистанционни наблюдения (MODIS LAI data set)

Началото на вегетационния период (t1), определено анализирайки продукта LAI/FPAR, получен посредством сателитни дистанционни наблюдения на растителната покривка с помоща на спекрорадиометъра MODIS за периода 2000- 2011 година е дадено в Таблица 2. Денят от началото на годината, в който настъпва пролетта е определен като момента от време, в който скоростта на изменение на кривината на логистичната крива достига максимална стойност. Фоновата компонента d в логистичния модел (1) е определена, като средната стойност на индекса на листната площ в периода на покой- месеците декември от предходната година и януари, февруари и средата на март от текушата година. В таблицата са дадени съответните температурни суми (*TS*) акумулирани при три температурни прага $TS_b = 0$ °C, 5°C и 10°C. В таблицата са представени и сумата на валежите от началото на годината до датата на настъпване на пролетта на трите надморски височини, на които са разположени метеорологичните станции. Началото на активния сезон закъснява с 22 дена на надморска височина Рожен(1750м) спрямо Хвойна (720м), т.е. имаме закъснение от 2.75 дена/100м н.в.. Основната част от закъснението се получава в участъците с по-ниска н.в.. Градиентът между Хвойна и Чепеларе е -4,64 дена/100м, докато между Чепеларе и Рожен е само -0.6 дена/ 100м, като сме отчели факта че изследваните участъци се намират на около 1500м н.в., а не на височината на станция Рожен (1750м). Причините за това са няколко. Фенологията на шитоколистните листопадни гори се различава съществено от фенологията на вечн озелените иглолистни гори. Над 1500м преобладават вечнозелени иглолистни гори, в които широколистната листопадна компонента варира между 0 и 25%. Втората причина са температурните градиенти в региона. На фигура 2 са показани средните за изследвания период температурни градиенти между метеорологичните станции Хвойна, Чепеларе и Рожен в началото на вегетационния период. Температурните градиенти Ch-Hv варират между (-0.61) и (-0.70°С/100м) и са по големи от градиентите в по-високата част на планината, където те са от порядъка на (-0.46 °C/100м), като в периода на реализиране началото на активния сезон (*t1*) съгласно дистанционните наблюдения, температурния градиент Ro-Ch е много по-малък, само (-0.33°C/ 100м).

Таблица 2. Начало на вегетационния период (t1), определен посредством дистанционни наблюдения и температурните суми TS в начало на вегетационния период при различни температурни прагове. РР – сумата на валежите до началото на вегетациония период, SE- стандартна грешка, SD- стандартно отклонение.

Мотрики	Хвойна			Чепеларе			Рожен		
метрики	mean	SE	SD	mean	SE	SD	mean	SE	SD
t1	103	4	13	123	4	15	125	3	9
$TS(TS_b = 0^{\circ}C)$	369	42	147	387	32	111	248	18	63
$TS(TS_b = 5^{\circ}C)$	115	20	69	105	18	62	57	13	46
$TS(TS_b = 10^{\circ}C)$	20	6	20	17	5	18	10	6	20
PP. mm	164	18	62	254	29	102	320	32	109

Температурните суми при които започва пролетта са пресметнати при три температурни прага (Таблица 2). Началото на сезона в диапазона елевации 700- 1200м започва при достигане на температурни суми от около 380dd, докато в интервала 1150- 1500м н.в., вегетациония период започва при 248dd., отчетени при прагова температура $TS_b = 0^{\circ}$ С. Праговата температура зависи от зависи от вида на растителността и локалната топография и климат. От Таблица 2 се вижда че с увеличаване на праговата температура, вариацията на температурните суми нараства, като при надморски височини под 1150м н.в. вариацията е с постоянна големина и нараства забележимо при 1500м.

Изводи:

Сравняването на температурно базираните метрики за начало на сезона с LSP мериките, получени посредством дистанционни наблюдения на РП показва, че:

- през последното десетилетие 2000- 2011 не се наблюдават статистически значими тенденции към отместване началото на вегетационния период към по-ранни или по-късни дати; Началото на вегетационния период варира силно, независимо от типа метрики.

- температурно базираните дефиниции за начало на активния сезон дават 3.7 дена на 100м закъснение в SGS, което е с 1.5 дена на 100м по голямо в сравнение със закъснението пресметнато въз основа на дистанционите наблюдения.

- на по-малките надморски височини (700 - 1200м), където РП е по-хомогенна и преобладават широколистните листопадни гори и двата вида метрики дават съпоставими резултати- закъснение от 4.65м на всеки 100м. Изключение прави само началото на активния сезон при температурен праг $T_b=10^\circ\text{C}$ с градиент от 6 дена на 100м при елевации до 1200м н.в..

- температурните суми, при които настъпва началото на сезона в рамките на даден тип метрика не зависят от надморската височина, с изключение на началото на сезона на 1500м н.в. определено посредством дистанционни наблюдения. Тук се наблюдава значимо различие, което по всяка вероятност се дължи на наличието на съществени масиви вечнозелена растителност. Това налага допълнителни наблюдения на място.

Заключение

Слабите връзки между температурно- базираните метрики и LSP метриките, показват че температурата не е единствената причина, която определя настъпването на пролетта в региона. По всяка вероятност имат значение дните с мраз предшествуващи началото на вегетационния период, както и влагообезпеченста. При сравняването на двата вида метрики трябва да се има в предвид хомогенността на РП. В смесените горски масиви LSP метриките силно се изкривяват и правят невъзможно валидирането на LSP метриките [8], сравнявайки ги с температурно базираните метрики.

Литература:

- 1. Zhang, X, FriedIMA, Schaaf C. B., Strahler A. H., Hodgesa J. C. F., Feng Gaoa, Reedb B. C., Huete A. (2003). Monitoring vegetation phenology using MODIS, Remote Sensing of Environment 84 (2003) 471–475.
- 2. K e e I I n g, C D, C h i n F J S, W h o r f T P. (1996). Increased activity of northern vegetation inferred from atmospheric CO2 measurements. *Nature* **382**: 146–149.
- 3. Myneni, RB, Keeling CD, Tucker CJ, Asrar G, Nemani RR. (1997). Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981 to 1991. Nature 386: 698–702.
- 4. Walther, GR, Post E, Čonvey P, Menzel A, Parmesan C, Beebee TJC, Fromen tin JM, Hoegh-Guldberg O, Bairlein, F. (2002). Ecological responses to recent climate change. Nature 416: 389–395.
- 5. Menzel, A., Jakobi G, Ahas R, Scheifinger H and Estrella N., (2003). Variations of the climatological growing season (1951–2000) in Germany compared with other countries, Int. J. Climatol. 23: 793–812, DOI: 10.1002/joc.915
- 6. P r o j e c t t e a m ECA&D, Royal Netherlands Meteorological Institute KNMI. EUMETNET/ECSN optional programme: 'European Climate Assessment & Dataset (ECA&D)', Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD), Version : 10.4, Project number: EPJ029135, Date : September 19, 2011
- 7. B r I n k m a n n W A R. 1979. Growing season length as an indicator of climate variations? Climatic Change 2: 127–138.
- 8. F I s h e r, J. I., R i c h a r d s o n A. D. and M u s t a r d J. F. (2007). Phenology model from surface meteorology does not capture satellite-based greenup estimations, Global Change Biology, 13, 707–721

ПОЛЕВИ СПЕКТРОМЕТРИЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА СКАЛИ

Деница Борисова

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките e-mail: dborisova@stil.bas.bg

Ключови думи: физични принципи, спектрометрични измервания, скали и минерали

Резюме: Използването на дистанционните изследвания в науката и практиката започва още с разработването и конструирането на апаратура за провеждането на изследвания на обекти от разстояние като не се нарушава тяхната цялост. В тази работа областта на изследване е геологията. Основната цел при дистанционните изследвания в геологията е да се определи какъв е химичният състав на изследваните обекти, които попадат в полезрението на използваната апаратура при лабораторни, полеви дистанционни измервания на отразената слънчева радиация, и каква е структурата на химичните съединения и състоянието на елементите в тях, т.е. да си отговорим на въпроса: "Какъв вид е скалата?". Полевите спектрометрични изследвания на скали са проведени с цел да се събере, състави и допълни каталог със спектрални характеристики на различни типове скали за тяхното надеждно разпознаване и установяване на техния минерален и химичен състав. Основните физични принципи, на които се базират експериментите са: разсейване, поглъщане (абсорбция) и отражение на слънчевата радиация във видимия диапазон на електромагнитния спектър (ЕМС). Полевите спектрални измервания са осъществени с проектирания и конструиран в секция "Системи за дистанционни изследвания" към ИКИТ-БАН спектрометър ТОМС (Тематично Ориентиран Многоканален Спектрометър). Получените спектрални резултати от изследванията са сравнени с аналогични данни от спектрални библиотеки и съответстват по вид на отражателните спектри в същия диапазон от ЕМС, получени с други спектрометри.

FIELD SPECTROMETRIC MEASUREMENTS OF ROCKS

Denitsa Borisova

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: dborisova@stil.bas.bg

Keywords: physical principles, spectrometric measurements, rocks and minerals

Abstract: Application of remote sensing in science and practice begins with the development and design of equipment for carrying out research of objects remotely and without disturbing their integrity. In this paper, area of study is geology. The main goal in remote sensing in geology is to determine what is the chemical composition of the objects and structure of these chemicals within the field of view of the instrument either determined with a remote sensor in the lab, and on the field. Or in other words: "What kind of rock am I looking at?" Field spectrometric studies of rocks were performed to collect, compile and complete index with spectral characteristics of different rock types for the reliable detection and identification of their mineral and chemical composition. The experiments are based on main physical principles such as light scattering, absorption of light, and reflection of light in the visible range of the electromagnetic spectrum (EMS). Field spectral measurements were carried out with the TOMS (Thematically Oriented Multi-channel Spectrometer) designed and constructed in Remote Sensing Systems Department at SRTI-BAS. The results were compared with similar data from spectral libraries. They correspond to the shape of reflectance spectra in the same range of EMS obtained with other spectrometers.

Въведение

Дистанционните изследвания за множество задачи в науката и практиката започват с разработването и конструирането на подходящата за провеждането на тези изследвания апаратура. Изучават се различни типове обекти от разстояние като не се нарушава тяхната цялост. В тази работа областта на изследване е геологията, в частност – петрографията. Една от основните цели при дистанционните изследвания в тази област е да се определи какъв е химичният и минералният състав на изследваните обекти, които попадат в полезрението на използваната апаратура при лабораторни, полеви дистанционни измервания на отразената светлина, и каква е структурата на химичните съединения и състояниета на елементите в тях, т.е. да си отговорим на въпроса: "Какъв вид е скалата?". Полевите спектрометрични изследвания на скали са проведени с цел да се събере, състави и/или допълни каталог със спектрални характеристики на различни типове скали за тяхното надеждно разпознаване и установяване на техния минерален и химичен състав. Основните физични принципи, на които се базират проведените експериментални измервания са: разсейване, поглъщане (абсорбция) и отражение на слънчевата радиация във видимия диапазон на електромагнитния спектър (EMC). Апаратурата, с която са осъществени полевите спектрални измервания, е спектрометър Тематично Ориентиран Многоканален Спектрометър (TOMC). Той е проектиран и конструиран в секция "Системи за дистанционни изследвания" към ИКИТ-БАН. Работният диапазон на спектрометъра е (400-900) nm. Получените данни първо са обработени с алгоритми за предварителна обработка и след това са сравнени с аналогични данни от спектрални библиотеки. Резултатите съответстват на получените с други спектрометри.

Физични принципи

Основните физични принципи, на които се базират проведените експериментални измервания са: разсейване, поглъщане (абсорбция) и отражение на слънчевата радиация във видимия диапазон ЕМС. Две основни дефиниции, които се отнасят за проведените измервания:

- Скалите са естествени минерални агрегати и така се разглеждат при проведените експерименти;
- Използва се уравнението на Хапке за моделиране на коефициента на отражение (r_λ) при открити скали [1]. Смисълът на това моделиране е, че с познаването на известни оптични константи на различните минерали, на ъгъла на падналата слънчева радиация и на енергията на достигналата до изследвания обект слънчева радиация, може да се моделира спектралният коефициент на отражение на скалите с различни размери на минералните зърна и с различно минерално съдържание.



Фиг. 1. Физични процеси в плътна прозрачна плоско-паралелна пластина

Какво става със слънчевата радиация, когато достигне до скалата? При достигане до изследвания обект (в случая – скалите) радиацията едновременно се разсейва като се отразява от минералните зърна и се пречупва през минералните зърна, и същевременно се поглъща (абсорбира) от минералните зърна. В този смисъл протичат едновременно физични процеси (Фиг.1.), за които са в сила съответните физични закони и зависимости, като:

• Закон на Буге-Ламберт (експоненциален закон на абсорбция):

$$(2) I = I_0 e^{-kx}$$

където: *I* – интензитет на погълнатата слънчева радиация, [W/sr]; *I*₀ – интензитет на падналата слънчева радиация, [W/sr]; *k* – коефициент на поглъщане (k = 4K/ λ), [m⁻¹]; *x* – разстоянието, на което интензитетът намалява е-пъти, [m].

• Интензитет на отразената слънчева радиация I₂, [W/sr]:

(3)
$$I_2 = I_0 \left(\frac{n-1}{n+1}\right)^2$$
, където
(4)
$$R = \left(\frac{n-1}{n+1}\right)^2,$$

като в уравнение (4) **R** се нарича коефициент на отражение, определя се за два вида среди и не зависи от посоката на разпространение, а **n** е относителният индекс на пречупване на отразяващата среда.

• Спектрален коефициент на отражение (измерен в полеви условия):

(3)
$$r_{\lambda} = L_{\lambda} / L_{calib}$$

представлява критерий за способността на една повърхност да отразява слънчевата радиация, който критерий е равен на съотношението на отразената слънчева радиация от изследвания обект за всяка дължина на вълната L_{λ} , [W/(m².sr] към отразената слънчева радиация от калибрирана референтна повърхност за същата дължина на вълната L_{calib} , [W/(m².sr] в еднакви усповия на провеждане на измерванията. Изчертана като функционална зависимост на r_{λ} от λ получената графика се нарича спектър или спектрална крива, или спектрална отражателна характеристика.

При анализа на получените криви графики се наблюдават характерни пикове, които се дължат на различни причини. Каква са причините за абсорбцията? Протичат два типа процеси: електронни и вибрационни.

I. Електронни процеси

- Ефект в полето на кристала: Един електрон преминава от по-ниско на по-високо енергийно ниво чрез абсорбция на енергия, равна на един фотон. Проявява се при Ni, Cr, Co, Fe и абсорбционните ивици са тесни;
- Пренос на заряд: Един електрон се превръща в йон или лиганд чрез абсорбция на енергията на един фотон. Това води до широки абсорбционни ивици в ултравиолетовия (UV) и видимия (VIS) диапазон от ЕМС. Това определя червения цвят на железния окис;
- Зони на проводимост: Фотон с определена енергия причинява преместване на електрон в кристалната решетка на някои вещества. Това явление е характерно за диелектрици и се наблюдава във VIS и близкия инфрачервен (NIR) диапазони от EMC. Това е причината за жълтия цвят на сярата.

Резултатът от тези електронни процеси в отражателните спектри на някои вещества е представен на Фигури 2(а-в).



II. Вибрационни процеси

При тези процеси връзките между атомите в молекулите трептят с честота, която зависи от вида на тези връзки и от атомните маси. Някои вещества имат съществени за разпознаването им вибрационни абсорбционни ивици, като например: вода, хидроксилни групи, карбонати, фосфати, борати, арсенати и други.

Материали и методи

Апаратурата, с която са проведени полевите спектрометрични измервания, е Тематично Ориентиран Многоканален Спектрометър – ТОМС (Фиг.3). Той е проектиран и конструиран в секция "Системи за дистанционни изследвания" (СДИ) към ИКИТ-БАН в сътрудничество с държавния университет в щата Алабама, САЩ [4-5]. Основното измерително устройство на полевия спектрометър ТОМС е USB2000 (Фиг.3). Работният диапазон на спектрометъра е (400-900) nm. В получените данни чрез алгоритми за предварителна обработка [6-7] са въведени радиометрчни, калибровъчни и статистически корекции, което е осъществено със софтуера на спектрометъра.



Фиг. 3. Полеви Тематично Ориентиран Многоканален Спектрометър (ТОМС)

Като част от предварителната обработка на получените данни в Таблица 1 е представена необходимата допълнителна информация за GPS-координатите на точките на измерване (GPS), атмосферните условия (atm) на измерване при полевите експерименти, времето за провеждане на едно измерване (t_i), броя на статистически усреднените спектри (λ_n) и разстоянието от обекта до входната оптика (H_{oo}).

Обект на измерване	GPS	atm	t _i , ms	λη	H _{oo} , cm
Монцонити и мъх	N42°35'18" E23°17'34"	Ясно, сянка	10	100	10
Гранити и мъх	N42°09'14" E23°19'53"	Ясно, сянка	10	100	10
Квацдиорити и мъх	N43°07'39" E23°08'04"	Ясно, сянка	10	100	10

Един възможен краен резултат от анализа на данните е определянето на отделен клас обекти, попадащи напълно или частично в полезрението на използвания спектрометър ТОМС. Установяването на стойността на дяловото участие на отделния клас с необходимата статистическа достоверност, е съществена задача при анализа на получените данни. За да се реализира тази задача, скалните обекти се разглеждат и изследват като естествени минерални агрегати (смеси). Обединени са в четири основни групи смеси (Фиг. 4):



Фиг. 4. Четири основни групи смеси

- Линейна (площна) смес: Обектите в полезрението на сензора са оптически различими.
 В този случай сумарният коефициент на отражение за всяка дължина на вълната представлява линейна комбинация от коефициентите на отражение за всеки обект, умножен по дела, с който този обект участва в цялата наблюдавана площ;
- Вътрешна смес: Отделните вещества са като агрегат (например минералните зърна в скалите или почвите). В този случай сумарният коефициент на отражение е нелинейна комбинация от коефициентите на отражение за всяко от тях;
- Припокриваща се смес: Веществата се припокриват едно спрямо друго. Всеки слой ще има различна оптична плътност с различни оптични свойства;
- Молекулярна смес: Смесването се наблюдава на молекулно ниво (например разтвори).
 Сумарният коефициент на отражение е нелинеен.

Друг фактор, който влияе върху спектрометричните измервания, е зърнестата структура на скалите, т.е. размера на минералните зърна. Разсейването на слънчевата радиация се провявява на повърхността на минералите и скалите, докато абсорбцията – вътре в тях. Дребнозърнестите минерали/скали имат по-високи стойности на отражението във VIS-NIR диапазон на EMC, отколкото едрозърнестите (Фиг. 5).



Фиг. 5. Спектрални характеристики на разнозърнест пироксен

Получените и обработени данни са сравнени с аналогични данни от спектрални библиотеки. Спектралните библиотеки представляват колекции от спектри за множество минерали и скали, получени с измерватална апаратура с висока радиометрична и спектрална разделителна способности. Събраните спектри могат да бъдат сравняване с други спектри, за да бъдат по-точно идентифицирани обектите на сравнителните изследвания. Особено важно е да се отчете, че данните от различните спектрометри трябва да се сравняват само, когато са преобразувани до критерия за сравнимост - коефициента на отражение. Такива спектрални библиотеки са в основата за сравнителни дистанционни изследвания на скални обекти.

Резултати

На Фигури 6(а-в) са представени спектралните характеристики на изследваните скали.



Фиг. 6а. Отражателни спектри на монцонити и мъх, Витоша, Алеко



Фиг. 6б. Отражателни спектри на гранити и мъх, Рила, Кирилова поляна



Фиг. 6в. Отражателни спектри на кварцдиорити и мъх, Западна Стара планина

Заключения

- Отражателните спектри на скалите в настоящето изследване представляват линейна комбинация от коефициентите на отражение за отделните минерали, т.е. като линейна площна смес от скалообразуващите ги минерали.
- Изследваните скали със среднозърнеста структура имат стойности на спектралния коефициент на отражение между 20% и 40%.
- Получените със спектрометъра ТОМС отражателни характеристики на изследваните скали, съответстват по вид и стойности на спектралния коефициент на отражение в същия диапазон от ЕМС с данните от аналогични спектрометри, записани в известните спектрални библиотеки.

Благодарности: Работата е финансирана по Договор И01/8 с ДФНИ.

Литература:

- 1. H a p k e, B. Bidirectional reflectance spectroscopy 1. Theory. J. Geophys. Res., 86, 3039-3054, 1981.
- 2. K i n g, T. and W. R i d I e y. Relation of the spectroscopic reflectance of olivine to mineral chemistry and some remote sensing implications. J. Geophys. Res., 92, 11457-11469, 1987.
- 3. C I a r k, R., G. S w a y z e, A. G a I I a g h e r, T. K i n g, W. C a I v i n. The U. S. Geological Survey, Digital Spectral Library: Version 1: 0.2 to 3.0 μm, U.S. Geological Survey, Open File Report 93-592, 1326,1993.
- 4. P e t k o v, D., H. N i k o l o v, and G. G e o r g i e v. Thematically Oriented Multichannel Spectrometer (TOMS). Aerospace Research in Bulgaria, 20, 51-54, 2005.
- 5. P e t k o v, D., A. K r u m o v, H. N i k o l o v, G. G e o r g i e v. Multichannel nadir spectrometer for thematically oriented remote sensing investigations. Proceedings of SES 2005, 227-231, 2005.
- 6. A t a n a s s o v, V., and G. J e I e v. Algorithm for dark current characterization of imaging spectrometer. Aerospace Research in Bulgaria, 19, 77-83, 2004. A t a n a s s o v, V., G. J e I e v, and L. K r a I e v a. Imaging spectrometer data correction. Scientific Conference with International Participation "Space, Ecology, Safety – SES'2005", Varna, Bulgaria, Conference Proceedings, Book 1, 221 – 226, 2005.

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА СТЕПЕНТА НА ГЕОЛОЖКА ОПАСНОСТ В ИЗТОЧНИТЕ РОДОПИ ЧРЕЗ ПРИЛАГАНЕ НА МЕТОДА НА РАЗМИТАТА ЛОГИКА (FUZZY LOGIC)

Георги Желев

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките e-mail: gjelev@space.bas.bg

Ключови думи: геоложка опасност, Източни Родопи, размитата логика (Fuzzy Logic), ГИС-база

данни

Резюме: Процесите, протичащи в литосферата, с чието действие пряко се застрашава животът на хората и изградените от тях материални ценности съставляват геоложката опасност. Пространственото дефиниране на рисковите геоложки процеси в настоящото изследване се базира на многофакторен анализ и метода на размитата логика. Като главни фактори са изведени способността на геоложката основа на разрушаване, характеристиката на пространственото разпределение на земната покривка, речната мрежа, действителните наклони на склоновете, хоризонталното и вертикално разчленение на релефа, климатична обстановка, сеизмично райониране и др. Чрез прилагане на метода на размитата логика е определено тяхното комбинирано влияние и териториално съчетание, като основният критерий при определяне на райони с различна степен на геоложка опасност. Съставената ГИС-база данни за изследвания района в Източните Родопи включва референтен набор от растерни и векторни данни, данни от дистанционните изследвания и данните от теренни наблюдения. Генерирани са 16 растерни слоя, които участват като базови при прилагане на метода на размитата логика. Като краен резултат е съставена "Карта на потенциалните райони на геоложка опасност" с три степени на геоложка опасност.

FUZZY LOGIC BASED METHOD FOR ASSESSMENT OF GEOLOGICAL HAZARDS IN THE EASTERN RHODOPE MOUNTAINS

Georgi Jelev

Space Research and Technology Institute - Bulgarian Academy of Sciences e-mail: gjelev@space.bas.bg

Keywords: geological hazard, Eastern Rhodope, Fuzzy logic, GIS-data base

Abstract: The processes in the lithosphere which directly threaten the lives of people and their property are referred to as geologic hazards. The spatial determination of geological risk in this study is based on multicriteria analysis and fuzzy logic method. As major factors are derived: susceptibility of rocks to weathering, spatial distribution of land cover, river network, actual slope gradients, relief amplitudes, density of river network, climate conditions, seismic zoning and other factors. By applying fuzzy logic their combined influence and spatial combinations are determined as a main criterion for delineation of areas with varying degrees of geologic hazard. The GIS database generated for the area of the Eastern Rhodope includes a reference set of raster and vector data, data from remote sensing and data from field observations. Sixteen raster lavers are generated, which act as base for applying the fuzzy logic. The final result is a map of areas of potential geological hazards with three degrees of geological hazards.

Природни рискови процесите, протичащи в литосферата, с чието действие пряко се застрашава животът на хората и изградените от тях материални ценности съставляват геоложката опасност.

В България са описани близо 100 вида природни опасности, 60 от които са геоложки опасности, като 24 от тях се наблюдават в района на изследване. Те са неравномерно разпределени както пространствено, така и времево и са с различна степен на въздействие.

Сложната геоложка обстановка, специфичните климатични условия и активната антропогенна дейност в района на изследване, предопределят развитието на почти целия спектър от природни бедствия. По начин на проявление геолого-геоморфоложките рискови фактори включват разрушителни процеси с внезапно действие или с периодично активиране, процеси и явления с непрекъснато действие и процеси и явления, водещи до внезапни рискови ситуации. Природните бедствия са обвързани помежду си и често едно води второ и трето след себе си (И. Бручев и др., 1994; Г. Мардиросян, 1993, 1995, 1999, 2006; Geohazard Map of the Balkans, 2008; Г. Мардиросян и др. 2010; Е. Иванова и др. 2010; Р. Берберова, 2012, 2012а и др.).

В Източните Родопи наличието на редица резервати ("Вълчи дол", "Женда", "Чамлъка" и "Борово") и защитени местности ("Юмрук скала", "Рибино" и др.), (*Г. Железов, 2002*) предопределят установяването на териториалния обхват и степените на геоложки опасности.

С прилагане на метода на размитата логика може да се определят райони с различна степен на геоложка опасност (проявата на различни видове рискови геоложки процеси) чрез анализиране на тяхното комбинирано влияние и териториално съчетание (*P. Champati ray et al., 2007; B. Стоянов и др., 2007; Srivastava V. et al., 2010; L. Pashova, 2010; E. Sujatha et al., 2011; Pl. Zlateva et al., 2011a, 2011b и др.).*

Пространственото дефиниране на рисковите геоложки процеси в настоящото изследване се базира на многофакторен анализ и метода на размитата логика. Като главни фактори са изведени способността на геоложката основа на разрушаване и дезинтеграция, сеизмичната активност, характеристика на пространственото разпределение на земната покривка, речната мрежа, действителните наклони на склоновете, хоризонталното и вертикално разчленение на релефа, климатична обстановка и др.

Определяне на теглото на членството на тези фактори се определя чрез използване на линейна функция на принадлежност и чрез експертна оценка, базираща се на три съображения: тежестта на последствията (загуба на човешки живот, телесни повреди, имуществени щети), честотата на възникване на събитието, както и трудностите при предотвратяване или намаляване на последиците от него. Най-големите тежести са на земетресения, свлачищата, следвани от ерозия, селеви потоци и т.н.

1. Район на изследване

Източните Родопи заемат по-малка част от Рило-Родопския масив и обхващат 5 839 km². Изследваният район попада в южната част на Източни Родопи и е с площ – 3 365 km².

По-големи населени места са Кърджали, Крумовград, Момчилград, Джебел, Ардино, Маджарово, Неделено и др. Релефът е с нископланински (полупланински) (близо 43% от общата площта) и хълмист (53% от общата площта) характер. Средната надморска височина е едва 320 m, като от север на юг надморската височина се повишава. Главна река и с най-голямо значение за морфохидрологията на района е р. Арда с дължина (по талвега на язовирите) от около 150 km. В района изцяло попадат водосборите на нейните най-големи десните притоци - реките Върбица (дължина 98 km) и Крумовица (дължина 59 km). Язовирите *Кърджали, Студен кладенец* и Ивайловград са най-големите водни обекти в изследвания район (Фиг. 1.).

2. Цел и задачи.

Основната цел е:

Определяне на степента на геоложка опасност в изследваната територия чрез прилагане на метода на размитата логика.





Фиг. 1. Местоположение и координати на изследвания район

Основни задачите са:

- ✓ Определяне и избор на източници и видове данни.
- ✓ Предварителна обработка на входните данни (георефериране, орторектификация и трансформиране).
- ✓ Формиране на файлова ГИС-база данни в ArcGis среда.
- ✓ Прилагане на анализи и методи в среда на ArcGIS
- ✓ Избор на фактори, влияещи на геоложката опасност и определяне теглата им на влияние.
- ✓ Прилагане на метода на размитата логика (Fuzzy Logic).
- ✓ Интерпретация на получените резултати.

3. Методика на работа

За решаване на целите и задачите, настоящето изследване е базирано на научния метод, като систематичен начин за придобиване на знания. Изследването е проведено и организирано в ArcGIS среда. Използваните методи и анализи са част от ArcGIS платформата (Фиг. 2.).

Първата стъпка от методиката на работа е избор и източници на данни (Фиг. 3.). Основните критерии са:

- Да имат пряко или косвено влияние върху геоложката опасност;
- ✓ Да покриват изцяло района на изследване;
- ✓ Лесно да се обработват и извлича цифрова информация от тях;
- ✓ Да са актуални;
- Да са общодостъпни и максимално евтини;

Като **втора стъпка** от методиката на работа е събирането на входните данни и тяхната подготовка за въвеждане в ГИС-база данни. Входните данни основно са поделени на архивни, от външни източници и от теренни наблюдения (Фиг. 2.). В тази стъпка данните се трансформират изцяло в цифрови (топографските и тематични карти се сканирани).

Трета стъпка е формиране на файлова ГИС-база данни. Тя е създадена в среда на ArcGIS в координатна система WGS 84, проекция UTM, зона 35N. Състои се от референтен набор от растерни и векторни данни, данни от дистанционните изследвания и данните от теренни наблюдения (*Г. Желев, 2002, 2006*). Създадени и въведени са в ГИС-базата данни 18 векторни и 20 растерни слоеве с техните име, тип на обектите и атрибутивни данни, както и три слоя с космически изображения. Към ГИС-базата данни са добавени таблични и текстови данни от теренните наблюдения, както и фотоснимки на характерни обекти.

Четвърта стъпка е прилагане на анализи и методи в среда на ArcGIS. Използвани са редица инструменти и функции за трансформиране, привързване, векторизирне и генерирани на нови слоеве:

- ✓ 3D Analyst Tools Raster Reclass;
- ✓ Analysis Tools Extract; Overlay;
- ✓ Conversion Tools To Raster;
- ✓ Data Management Tools Database; Features; Fields; General; Generalization; Georeferencing; Joins; Projection and Transformation; Table; Topology;
- ✓ Spatial Analyst Tools Surface; Extraction; Hydrology; Interpolation; Overlay.

Прилагане на метода на размитата логика (Fuzzy Logic)

От ГИС-базата данни са избрани 16 тематични слоя, които са определени като преки фактори за геоложка опасност. Допълнително 5 от тях са преработени и са генерирани нови тематични слоеве. За целите на прилагане на метода на размитата логика, всички слоеве са трансформирани в растерни с еднакъв размер на клетката – 30х30 m и пълно покритие на района на изследване (Фиг. 4.). Използвани са ортофото снимките и наземните данни за поточното локализиране и разпознаване на обекти и за верифициране на резултатите. Използваните тематични слоеве отразяват влиянието на ендогенните и екзогенни процеси и антропогенното въздействие при определяне на степените на геоложката опасност.

Като факторите, влияещи на степента на геоложка опасност са определени следните тематични слоя:

1) Литоложки единици. Те са генерирани от тематичния слой "Геология" (Фиг. 4.) и са един от важните фактори за геоложката опасност. Разнообразието на литоложки единици и силната геоложка фрагментираност на района предопределят развитие на процеси и явления, водещи до висока степен на геоложка опасност.

Разнообразните гнайси, шисти, амфиболити и ултрабазити, изграждащи метаморфната рамка са здрави, издръжливи на ерозия скали, но при наличие на напуканост предопределят развитието на свлачища, срутища и каменопади. В териториите заети от различните

палеовулкански комплекси, лавовите потоци и различните субвулкански тела и дайки са поиздражливи на ерозия и образуват позитивни форми на релефа, по периферията, на които се развиват скални венци, срутища и каменопади. Развитите между тях пирокластити, епикластити и различни седименти определят територии със силна степен на площтна и линейна ерозия, а заедно със съвременните алувиални, делувиални, колувиални и пролувиално-делувиални наслаги, генерирани от силната водна ерозия в района, водят до бързо затлачване на разположените в района язовири – яз.Кърджали, яз.Студен кладенец и по течението на р.Арда, разположения извън изследваната територия яз.Ивайловград.

Теглото на влияние на литоложките единици е определено на базата на експертна оценка и е показано в Табл.1.



Фиг. 2. Схема на методиката на изследване



Фиг. 3. Видове данни и източници¹

¹ Наличните данни са от Научно информационен комплекс (НИК) към ИКИТ, създаден по договор: НИК-03/2007 сключен между фонд "Научни изследвания" към МОН и ИКИТ – БАН, "Изграждане на научноинформационен комплекс за аерокосмически полигони на територията на Р България.", р-л проф. д-р Евгения Руменина, 2007-2009.



Фиг. 4. Структурна схема на използваните тематични слоеве от ГИС-базата данни при прилагане на метода на размитата логика (Fuzzy Logic)

N	ō	Оператори в метода на размитата логика (Fuzzy Logic)	Членство		Nº	Оператори в метода на размитата погика (Fuzzy Logic)	Член
1	Лит	голожки единици		9	Спъ	нчева радиация (WH/m ²)	
	1	Водни площи	0	-	1	66 856 316 200	
	2	Неспоени седименти	0.1				
	2	(Алувии и делуви)	0.2		2	316 299 - 365 717	0.
	3	Гранити и диорити	0.2		3	365 717 - 403 369	0.
	5	Уптрабазити гнайси шисти	0.4		4	403 369 - 433 961	0.
	6	Пирокластити	0.6		5	433 961 - 462 200	0.
	7	Седименти	0.7		6	462 200 - 488 085	0.
	8	Неспоени седименти (склонови)	0.8		7	488 085 - 513 971	0.
2	Бус	þер около разломите (m)	-		8	513 971 - 542 210	0.
	1	Останала територия	0		9	542 210 - 572 802	0
	2	Отсед, разсед (200)	0.8		10	572 902 666 022	0.
	3	Пластична зона на срязване (500)	0.7	10	10	572 802 - 808 932	
_	4	Разлом с неизяснен характер (150)	0.6	10	Дъл	ючина на почвения профил (cm)	r
3	1.20	стота на линеаменти (ор./кт)	0		1	Плитки (0-25)	0.
	2	1	0		2	Средни (25-50)	0.
	2	2	0.1		3	Дълбоки (50-100)	0.
	4	3	0.2	44	Сеи	змично райониране	
	5	4	0.4	11	(сте	пен по Медведев-Шпонхойер-Карни	ік)
	6	5	0.5		1	VII	0
	7	6	0.7		2	VIII	0
	8	7	0.9	12	Гъс	тота на изворите (бр./km²)	
4	Рел	еф (надморска височина в m)			1		
	1	Равнинен (0-200)	0		-	0	
	2	Хълмист (200-600)	0.3		2	1	0
	3	Планински (600-1000)	0.6		3	2	0.
	4	Среднопланински (>1000)	0.9		4	3	0.
;	Изл	южение на склона (°)			5	4	0.
	1	Равно	0.1		6	5	0.
	2	Север (0-22.5), (337.5-360)	0.8		7	6	0
	3	Североизток (22.5-67.5)	0.5		0	6	0.
	4	Изток (67.5-112.5)	0.3		8	7	0.
	5	Югоизток (112.5-157.5)	0.2		9	8	0.
	6	Юг (157.5-202.5)	0.1		10	> 9	1
	7	Югозапад (202.5-247.5)	0.2	13	Нак	лон на склона, срязан от пътната м	оежа (°)
	8	Запад (247.5-292.5)	0.4		1	0-3	C
	9	Северозапад (292.5-337.5)	0.7		2	3-15	0
2			0.1		3	45.05	0
	2	3-7	0.1		3	10-20	0.
	3	7-15	0.3		4	>25	0.
	4	15-20	0.5	14	Зем	но покритие	
	5	20-25	0.6		1	Изкуствено създадени,	0
	6	25-30	0.8		_	неселскостопански зелени площи	
	7	>30	0.9		2	водни площи	0
,	Ber	отикалното разчленение на релефа (m	/km²)		3	Селскостопански площи	0.
	1	<50	, 0		4	Горски и полуестествени площи	0.
	2	51 -100	0.1		5	Хетерогенни селскостопански	0
	3	101 -150	0.2		5	площи и трайни насъждения	0
	4	151 - 200	0.4		6	Течащи потоци	0
	5	201 - 250	0.5		7	Антропогенни площи	0
	6	251 - 300	0.6		8	Открити площи	0.
	7	301 - 400	0.7		0	Мини сметиша и строежи	0
	8	401 - 500	0.8	45	5		0
	9	> 500	0.9	15	год	ишна сума на валежите (mm)	1
В	Xor	оизонталното разчленение на релефа	(km/km²)		1	600-700	0.
	1	< 0.50	0.1		2	700-800	0.
	2	0.51 -1.00	0.2		3	800-1000	0.
	3	1 01 -1 50	0.2		4	> 1000	0
	4	1 51 - 2 00	0.0		Pas	ПИКА МЕЖДУ ГОДИШНАТА СУМА НА ВАЛА	житеи
	+	2 01 - 2 50	0.4	16	ИЗПА	аряемостта (mm)	
	5	2.01-2.00	0.0		1	>0	0
	0	2.01 - 3.00	0.7		2	0 10 200	
	· ·	3.01 - 3.30	0.0		2	0 д0 -200	0.
	Ő	> 3.30	0.9	1	13	-200 до -300	I 0.

Табл. 1. Теглата на влияние (членството) за всеки от факторите като оператори в метода на размитата
логика (Fuzzy Logic)

Членство

0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.6 0.7 0.8 0.9 1

0.6 0.4 0.2

0.7 0.8 0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.6 0.7 0.8 0.9 1

0 0.3 0.7 0.9

0

0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8

0.5 0.6 0.7 0.8

0.3 0.5 0.8

2) Буфер на влияние около разломите (m). Наличието на различни разломни нарушения в района предопределят разхлабени зони податливи на ерозия и хоризонтални и вертикални движения. Влиянието на тези зони е отразено със създаване на буфер на влияние около разломите. Този фактор е генериран от тематичния слой "Линеаменти" от ГИС-базата данни (Фиг. 4.). Определени са буфери на влияние за отседите и разседите - 200 m, за пластичните зони на срязване - 500 m и Разлом с неизяснен характер – 150 m, като тегловите коефициенти са определени на базата на експертна оценка и са показани в Табл.1.

3) Гъстота на линеаменти (бр./km²). От космическите изображения са дешифрирани линейности между цветовите контрасти, между тексурните характеристики, както и праволинейни речни долини и линейности в релефа, праволинейни геоложки и литоложки граници и др. Гъстота на линеаментите определя разхлабени, рискови зони, а концентрация на различни по вид линейности определя зони на геоложка опасност. Този фактор е генериран от тематичния слой "Линеаменти" от ГИС-базата данни (Фиг. 4.). Теглото му на влияние е определено чрез използване на функции за принадлежност - Fuzzy Membership от инструмента Spatial Analyst Tools и е показано в Табл.1.

4) Видовете релеф (планински среднопланински, хълмист и равнинен) влияят върху проявата на геоложка опасност. Надморска височина играе роля върху регионалното изменение на средния многогодишен отток в района, който е един от най-високите в страната (География на България, ч.3, 2002). Този фактор е генериран от тематичния слой "Цифров модел на релефа" от ГИС-базата данни (Фиг. 4.). Теглото му на влияние е определено на базата на експертна оценка и е показано в Табл.1.

5) Изложение на склоновете (°). Изложението е важен морфометричен показател, който отразява влиянието на слънчевото греене, евапорацията, наличната влажност, регионални и локални ветрове и др., като по този начин се явява един от факторите, влияещи на геоложка опасност. Генериран е от тематичния слой "Цифров модел на релефа" от ГИС-базата данни (Фиг. 4.). Теглото му на влияние е определено чрез използване на функции за принадлежност - Fuzzy Membership от инструмента Spatial Analyst Tools и е показано в Табл.1.

6) Наклон на склоновете (°) заедно с изложението играе значителна роля при оценката на стабилността на склоновете и са важни морфометрични показателя. Той е генериран от тематичния слой "*Цифров модел на релефа*" от ГИС-базата данни (Фиг. 4.). Теглото му на влияние е определено чрез използване на функции за принадлежност - Fuzzy Membership от инструмента Spatial Analyst Tools и е показано в Табл.1.

В табл. 2. са дадени характерните форми на релефа и процеси, протичащи при различните наклони на склона.

Наклон на склона (∘)	Форми на релефа		Типове процеси		
равнина, речни тераси, билни		ина, речни тераси, билни	Без ерозионни процеси, акумолационни процеси; (равнина, речни		
0-3°	заравнености и техногенни заравнености		тераси, билни заравнености и техногенни заравнености).		
3-70			Долна граница на подножието, браздова (струйчата) ерозия		
51	подножие		(начало на подножието)		
7-15∘			Горна граница на подножието, (ровини)		
15-20		полегат	Гравитационно-аквални процеси (флувиални (постоянно течащи		
20-25	ЮН	стръмен	води) и склонови процеси)		
25-30	В много стръмен изключително стръмен		Гравитационни процеси (срудища, каменовали)		
>30			правитационни процеси (срутища, каменопади)		

Табл. 2. Типове процеси и форми на релефа спрямо наклона на склона
(География на България, ч.3, 2002)

7) Вертикалното разчленение на релефа (m/km²) дава възможност за определяне на типа и характера на релеф, очертава територии с различна скорост на вертикално издигане, глобалните или регионални блокови структури. Пространствено очертава различните релефни форми (долини, котловини, депресии, плата, ридове и др.). Полето на вертикалното разчленение представлява пластиката на релефа като функция от различията в типа и знака на вертикалните деформации на отделните земекорни блокове, които изграждат изследвания район, както и от литологията на скалите, които изграждат водосборните басейни. Този фактор също е генериран от тематичния слой "Цифров модел на релефа" от ГИС-базата данни (Фиг. 4.). Теглото му на влияние е определено чрез използване на функции за принадлежност - Fuzzy Membership от инструмента Spatial Analyst Tools и е показано в Табл.1.

8) Хоризонтално разчленение на релефа (km/km²). Изучаването на интензивността на ерозионното разчленение на релефа на база морфометричните методи има важно значение за прогнозни оценки за възможното проявление на съвременните морфогенетични процеси и представлява обективен морфометричен фактор, позволяващ

отделянето на площи, подложени на различни видове геопасности. Картата представлява графичен израз на пластиката на релефа като функция от скулптурните (екзогенните) процеси. Та отразява и гъстотата на речната и/или овражна мрежа. Генерирана е от тематичния слой *"Речна мрежа"* от ГИС-базата данни (Фиг. 4.). Теглото на влияние на този фактор е определено чрез използване на функции за принадлежност - Fuzzy Membership от инструмента Spatial Analyst Tools и е показано в Табл.1.

9) Слънчева радиация (слънчево греене) (WH/m²). Карта на глобалната слънчева радиация представлява слънчево греене на определен район и се изчислява въз основа на метода и алгоритъма на полусферична видимост (Hemispherical Viewshed Algorithm), разработен от Р. М. Rich през 1990 г., и доразвит през 2000-2002 г. (*ArcGIS Help*). Картата на глобалната слънчева радиация пространствено очертава и дава възможност да се анализира въздействието на слънчевите лъчи за дадена географска област за определени периоди от време. Общият размер на радиация, изчислена за определено място, или район се дава като глобална радиация. Изчисляването на директното, дифузното и глобално слънчево греене се прави за всяко характерно място или за всяко място от топографската повърхност и представлява карта на глобалната слънчева радиацията за цялата географска област. В настоящата работа е изчислена глобалната слънчева радиация от тематичния слой "Цифров модел на релефа" от ГИС-базата данни (Фиг. 4.) за цялата територия, за цялата 2012 година. Теглото на влияние на този фактор е определено също чрез използване на функциите за принадлежност (Табл.1.).

10) Дълбочина на почвения профил (ст). В изследваната територия преобладават предимно плитки излужени канелени горски почви, по-малко плитки кафяви горски. По протежението на речните долини преобладават алувиални и алувиално-ливадни, песъчливи и песъчливо-глинести почви. Те са образувани при по-сух климат. Върху тях има нискостеблена горска и храстова растителност (кафяв габър, космат дъб, драка и др.). В обезлесените терени почвите са ерозирани. Плитките ерозирани почви благоприятстват за по-бързото проникване на повърхностните води в дълбочина като по този начин се засяга стабилността на склона. Пясъчните почви често се влагонаситени поради относително висока порьозност и пропускливост, което води до високо налягане на водата в порите и приплъзгане при по-стръмните склонове. Дебелината на неконсолидирани седименти също е важен параметър.

Този фактор е генериран от тематичния слой *"Почви"* от ГИС-базата данни (Фиг. 4.). Теглото му на влияние е определено на базата на експертна оценка и е показано в Табл.1.

11) Сеизмично райониране (степен по Медведев – Шпонхойер - Карник). Земетръсната активност на територията на страната и близките й околности е една от найизявените прояви на съвременната регионална геодинамика. Неотектонските движения на Балканския полуостров са контролирани от екстензионния колапс на късно алпийския ороген и са под влиянието както на процесите протичащи зад Егейската дъга, така и на сложните вертикални и хоризонтални движения в Панонския регион (*Сеизмично райониране..., 2009*). Сеизмичната активност е важен фактор при определяне на геоложката опасност. Районът на изследване попада в зони с седма и осма степен по данни от картата на "*Сеизмично райониране на основните индустриални зони в България по области и райони за развитие*", *2004 г.* (Фиг. 4.). Теглото му на влияние е показано в Табл.1. и е определено на базата на експертна оценка.

12) Гъстота на изворите (бр./km²). Броят на изворите на km² дава косвена информация за подпочвените води и тяхното пространствено разположение. Този фактор е използван поради сравнително лесното му получаване от разположението на изворите (тематичен слой "Извори"), отцифровани от топографските карти (Фиг. 4.). Гъстотата на изворите заедно с хоризонталното разчленение на релефа са факторите, отразяващи влиянието на повърхностните и подпочвени води в района. Теглото му на влияние е определено чрез използване на функции за принадлежност - Fuzzy Membership от инструмента Spatial Analyst Tools (Табл.1.).

13) Наклон на склона, срязан от пътната мрежа (°) Този фактор и донякъде фактора земното покритие са единствените фактори отразяващо антропогенното влияние в района. Пътната мрежа е врязана в склоновете и по този начин нарушава естествения им наклон като предизвиква свлачища, срутища и каменопади. За да се отрази това въздействие е определен среза на склона в една буферна зона около пътя. Ширината на буферната зона зависи от класа път и е: 1 000 за Г^{ви} клас път, 500 m за II^{-ри} клас и БДЖ линия, 300 m за III^{-ти} клас, 250 m за IV^{-ти} клас и 200 m за V^{-ти} клас. За калкулирането на този

фактор са използвани тематичните слоеве "Пътна мрежа" и "Наклон на склона" (Фиг. 4.). Теглото му на влияние е определено на базата на експертна оценка и е показано в Табл.1.

14) Земно покритие. Този фактор единствен е получен от външна ГИС-база данни – "Corine Land Cover" (Фиг. 4.). Данните са обобщени по отношение антропогенното натоварване на района от една страна и природната компонента – от друга. Като главни характеристики на фактора са изкуствено създадени неселскостопански зелени площи, водни площи, селскостопански площи, горски и полуестествени площи, хетерогенни селскостопански площи и трайни насъждения, течащи потоци, антропогенни площи, открити площи и площи заети с мини, сметища и строежи. Теглото му на влияние е определено чрез използване на функции за принадлежност - Fuzzy Membership от инструмента Spatial Analyst Tools (Табл.1.).

15) Годишна сума на валежите (mm). Този фактор отразява влиянието на климатичните условия в района. Дава пространственото разпределение и количеството на падналите валежи, които са основен източник на подхранване на повърхностните води. Те от своя страна са фактор при генериране на част от георисковите процеси, като селеви потоци, срутища, свлачища, водна ерозия и др. Теглото на влияние е определено чрез използване на функции за принадлежност - Fuzzy Membership от инструмента Spatial Analyst Tools (Табл.1.). Данните са взети от картата на годишната сума на валежите в България за периода 1931-1970 г. - Агроклиматичен атлас на България /1982 г./ от сайта *http://www.vodite.com*.

16) Разлика между годишната сума на валежите и изпаряемостта (mm). Този фактор отразява количеството останала в повърхностния вода. Тя е фактор при активиране на свлачищни процеси, карстови процеси, водна и мразова ерозия и др. Теглото на влияние е определено чрез използване на функции за принадлежност (Табл.1.). Данните са взети от картата на разликата между годишната сума на валежите и изпаряемостта в България за периода 1931-1970 г. - Агроклиматичен атлас на България /1982 г./ от сайта *http://www.vodite.com*.

Краен резултат

Като краен резултат е определена степента на геоложка опасност (Табл.3.) и е създадена карта на потенциалните райони на геоложка опасност (Фиг.5.) чрез използване на метода на размитата логика (Fuzzy Logic).

При определяне на степента на геоложка опасност е анализирана връзката на взаимодействие между всичките по-горе изброени 16 фактора с помощта на функцията за наслагване Fuzzy Overlay от инструмента Spatial Analyst Tools в ArcGIS среда. Отделните слоеве се комбинират чрез подхода FuzzySum, който се основава на теория на множествата и е един от специфичните подходи за определяне на взаимодействието между факторите в Fuzzy Overlay анализа.

	СТЕПЕН НА ГЕ	ОЛОЖКА ОПАСНОСТ	площ		Висока 24.63 %
Nº	СТЕПЕН	СТОЙНОСТ НА FUZZYSUM	(km²)	(%)	Средна 47.76 %
1	СЛАБА	2.8-5.8	929.19	27.61%	
2	СРЕДНА	5.8-6.7	1607.35	47.76%	Спаба
3	ВИСОКА	6.7-9.9	828.76	24.63%	27.61 %

Табл. 3. Характеристика на степента на геоложка опасност

Верификация на резултатите е направена чрез използване на Картата на геоложката опасност в България (*И. Бручев и др., 1994, 2001*), Картата на разпространение на свлачищата в България (*I.Bruchev et al.,2007*) и съпоставяне с данни от терени наблюдения² и картирани свлачища в изследваната територия (*А. Гиков, 2010; А. Гиков и др., 2010*). Като

² Командировките са финансирани по проекти:

Геоекологично изследване на опасните природни процеси и интегрална оценка на риска за нуждите на регионалното управление Договор № НЗ 1514/05 с Национален фонд "Научни изследвания" - МОН Ръководител: проф. д.г.н. Хернани Спиридонов, 2005–2009 г.;

Геоекологични изследвания на опасни природни процеси с използване на дистанционни и наземни методи и геоинформационни технологии, Договор между Институт по геоекология – РАН и ИКИ-БАН (XII. 2004–XII. 2007), ръководител от българска страна: проф. д.г.н. Хернани Спиридонов, ръководител от руска страна: ст.н.с. д.г.м.н. Владимир Макаров, 2004-2007.

основа са използвани ортофото изображенията от географската информационна система на Министерство на регионалното развитие и благоустройството (ГИС-МРРБ) (http://gis.mrrb. government.bg/MRRB/)³.



Фиг. 5. Карта на потенциалните райони на геоложка опасност

Изводи

Използването на метода на размитата логика (Fuzzy Logic) при определяне на степента на геоложка опасност има редица предимства, но и някои недостатъци. Основните предимства са, че осигурява ефективни методи за анализиране на системи, които са много сложни и не могат да се анализират с математически методи. Позволява правилата за вземане на решения да се разглеждат като обща база от правила, дефинирани на основата на експертно мнение или с помощта на функции за принадлежност. Позволява обработка на разнородна по вид и размах информация и не на последно място интеграция в географските информационни системите (*ArcGIS Help*).

Главните недостатъци са трудността да се оцени функцията на принадлежност, различни варианти за тълкуване на правилата на размитата логика и дефузификацията на изхода (получения краен резултат) и необходимостта на експертно знание за изследвания проблем.

При получената карта на потенциалните райони на геоложка опасност с приоритетно влияние са факторите отразяващи склоновите процеси, в резултат на което добре се очертават (*висока степен на опасност*) границите на свлачищата, скалните венци, районите с активна водна ерозия и дълбоко всечени речни долини, както и тектонски активните райони. По-слабо се очертават районите с ветрова ерозия, което е резултат най-вече на липса на климатични данни отразяващи фактора ветрове. Слабо е засегната и опасността затлачване на язовири, което също е резултат от липса (сравнително скъпа) информация за твърдия отток на реките в района на изследване.

При използване на повече данни отразяващи по-пълно геоложките, а и природните рискови процеси може да се детайлизират потенциалните райони на геоложка опасност. Същото се отнася и при прецизиране на функции за принадлежност и експертните оценки на факторите на влияние.

Благодарности

Изказвам благодарности на организациите, ръководителите и екипите на договорите, от където са получени данните и са финансирани проведените командировки за да бъде възможно настоящето изследване.

³ Ортофото снимките са предоставени от Министерство на земеделието и храните.

Командировките са финансирани по проекти:

Геоекологично изследване на опасните природни процеси и интегрална оценка на риска за нуждите на регионалното управление Договор № НЗ 1514/05 с Национален фонд "Научни изследвания" - МОН Ръководител: проф. д.г.н. Хернани Спиридонов, 2005–2009 г.;

Геоекологични изследвания на опасни природни процеси с използване на дистанционни и наземни методи и геоинформационни технологии, Договор между Институт по геоекология – РАН и ИКИ-БАН (XII. 2004–XII. 2007), ръководител от българска страна: проф. д.г.н. Хернани Спиридонов, ръководител от руска страна: ст.н.с. д.г.м.н. Владимир Макаров, 2004-2007.

Данните са предоставени от:

Сателитните изображения са предоставени за ползване по договор НИК-03/2007 сключен между фонд "Научни изследвания" към МОН и ИКИТ – БАН, "Изграждане на научноинформационен комплекс за аерокосмически полигони на територията на Р България.", р-л доц. д-р Евгения Руменина, 2007-2009.

Ортофото снимките са предоставени от Министерство на земеделието и храните.

Литература:

- 1. Берберова, Р., 2012. Анализ на природните бедствия в българия за периода 2004-2008 г., сборник доклади SES 2011, стр. 267-275.
- 2. Берберова, Р., 2012а. Уязвимост на България от природни бедствия, сборник доклади SES 2011, стр. 276-282.
- 3. Бручев, И. (ред.), 1994. Геоложката опасност в България, Карта и обяснителен текст към карта в М 1:500 000, Изд. на БАН, 143 с.
- 4. Бручев, Ил., Г. Франгов, Й. Янев, 2001. Катастрофални явления в Източните Родопи. Минно дело и геология, кн.6, стр. 33-36.
- География на България, 2002. Физическа и социално-икономическа география, 2002., част 1, част 3, Физическа география, под ред. И. Копралев, М. Йорданова, Ч. Младенав, изд. ФорКом, 2002, стр.760.
- Гиков, А., 2010. Използване на дистанционни данни за изучаване на свлачища (на примера на свлачището при Генерал Гешево – Източни Родопи), Sixth Scientific Conference with International Participation "SES 2010" Proceedings, 2011, pp. 260-269, ISSN 1313-3888. http://www.space.bas.bg/SENS/ses2010/4_ERM/9.pdf.
- Гиков, А., Х. Спиридонов, Г. Желев, 2010, Изследване на свлачищните процеси между селата Устрен и Генерал Гешево, Източни Родопи, Sixth Scientific Conference with International Participation "SES 2010" Proceedings, 2011, pp. 373-380, ISSN 1313-3888. http://www.space.bas.bg/SENS/ses2010/4_ERM/12.pdf.
- Железов, Г., 2002. Биогеографска спецификация на моделни райони в Източни Родопи, Проблеми и перспективи за развитие на Източни Родопи, ун.и-во "Св.Кл.Охридски", С., стр 21-26.
- Ж е л е в, Г., 2006. Структура на ГИС-проект за геоморфоложко изследване на вулканогенни структури в Източни Родопи, Book of Abstracts "SENS'2006" with International Participation, 2006, Варна, [CD-ROM], s.2.,No13, ISBN: 954-438-485-5, стр.74.
- 10. Ж е л е в Г., 2002. Структура на ГИС проект за геоморфоложко изследване на Стръмниришката вулкано-тектонска морфоструктура - Девета национална конференция с международно участие по съвременни проблеми на слънчево-земните въздействия, София, с.133-136.
- 11. И в а н о в а , Е., Р. Н е д к о в . 2010. Изследване на рисковите морфодинамични процеси в района на Огражден и Малешевска планина на базата на спътникови и GPS данни. Екологично инженерство и опазване на околната среда, 9, кн.1, София, с. 17–24
- 12. Мардиросян, Г., 1993. От космоса срещу екологичните катастрофи, Изд. БАН, София, 210 с.
- 13. Мардиросян, Г., 1995. Екокатастрофи (Природни екологични катастрофи). Изд. къща ВАНЕСА, 240 с.
- 14. Мардиросян, Г., 1999. Природни екокатастрофи и тяхното дистанционно аерокосмическо изучаване. Акад. издат. "Проф. Марин Дринов", 368 с.
- 15. Мардиросян, Г., 2006. Природни бедствия и екологични катастрофи изучаване, превеция, защита. Акад. издат. "Марин Дринов", 372 с.

- 16. Мардиросян, Г., Ж. Жеков, 2010. Аерокосмическите технологии за изучаване на природните бедствия, 20th Anniversary International Scientific Conference, 3th 4th June 2010, Stara Zagora, BULGARIA, Volume VII, Technical studies, стр. 38-50.
- 17. Сеизмично райониране на Република България, съобразено с изискванията на Еврокод 8 и изработване на карти за сеизмичното райониране с отчитане на сеизмичния хазарт върху територията на страната, окончателен отчет по договор ГФИ 07-03, рл Д.Солоков, Геофизичен институт – БАН, София, 2009, стр.79.
- 18. Стоянов, В., П. Златева, Г. Киров, К. Стоянов, 2007. Приложение на размитата логика при прогнозиране на потенциалните загуби от природни бедствия, Сб. Докл. От Втора национална научно-практическа конференция по управление в извънредни ситуации и защита на населението, 9 ноември 2007 г. БАН, София, стр. 214-224.
- 19. Bruchev, I., N. Dobrev, G. Frangov, P. Ivanov, R. Varbanov, B. Berov, R. Nankin, M. Krastanov, 2007. The landslides in Bulgaria factors and distribution. GEOLOGICA BALCANICA, 36. 3—4, Sofia, Decemb. 2007, pp. 3-12.
- 20. Champati ray P., S. Dimri, R. Lakhera, S. Sati, 2007. Fuzzy-based method for landslide hazard assessment in active seismic zone of Himalaya, Landslides (2007) 4, pp.101-111 DOI 10.1007/s10346-006-0068-6.
- 21. Geohazard Map of the Balkans, (Albania, Bulgaria, Kosovo, Macedonia, Montenegro and Romania), Scale 1:1 000 000, 2008. by Betim Muco and Georgi Alexiev, Shyqyri Aliaj, Zenun Elezi, Bogdan Grecu, Neculai Mandrescu, Zoran Milutinovic, Mircea Radulian, Boyko Ranguelov, Defrim Shkupi http://setimes.com/cocoon/setimes/xhtml/bg/features/setimes/articles/2008/05/05/reportage-01
- 22. Srivastava V., H. Srivastava, R. Lakhera, 2010. Fuzzy gamma based geomatic modelling for landslide hazard susceptibility in a part of Tons river valley, northwest Himalaya, India, Geomatics, Natural Hazards and Risk, 1:3, 225-242
- 23. S u j a t h a E . , V . R a j a m a n i c k a m , 2011. Landslide susceptibility mapping of Tevankarai Ar sub-watershed, Kodaikkanal taluk, India, using weighted similar choice fuzzy model, Nat Hazards 59, pp. 401–425
- 24. Pashova, L., PI. Zlateva, M. Kouteva-Gentcheva, 2010. An approach to comprehensive information systematisation for complex risk analysis of the natural hazards, In: Proc. of 6th Int. conf.Global Changes and Regional Development, Sofia, 16 - 17 April 2010, GGF, Sofia University "St. Kliment Ohridsky", pp. 30-36.
- 25. Z I a t e v a, P I., L. P a s h o v a, K. S t o y a n o v, D. V e I e v, 2011a. Fuzzy Logic Model for Natural Risk Assessment in SW Bulgaria, 2011. In: Proc. of 2nd International Conference on Education and Management Technology IPEDR vol.13 (2011) © (2011) IACSIT Press, Singapore, pp. 109-113.
- 26. Zlateva Pl., L. Pashova, K. Stoyanov, D. Velev, 2011b. Social Risk Assessment from Natural Hazards Using Fuzzy Logic, International Journal of Social Science and Humanity, Vol. 1, No. 3, September 2011, pp. 193-198.

Списък на използваните в работата по-важните интернет страници:

http://www.bg.wikipedia.org - Уикипедия, свободна енциклопедия.

- http://www.bsdi.asde-bg.org/earthquakes.php Българска инфраструктура за пространствени данни (БИПД), "Сеизмично райониране на основните индустриални зони в България по области и райони за развитие." 2004 г.
- http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-2006-clc2006-100-m-version-12-2009 Европейската агенция по околна среда

http://www.eros.usgs.gov/ - USGS Center for Earth Resources Observation and Science (EROS);

http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp/search.jsp - ASTER Global DEM.

- http://www.gis.mrrb.government.bg/MRRB/ Географска информационна система на Министерство на регионалното развитие и благоустройството (ГИС-МРРБ)
- http://www.help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/How_solar_radiation_is_calculated/009z00 0000tm000000/ - ArcGIS Help
- http://www.vodite.com HWI Consulting Хидрогеология, водоснабдяване, дренажни системи, замърсяване на подземни води, геотермална енергия
- http://www.vodite.com/razlika%20P-potETR_BG.jpg Разлика между годишната сума на валежите и изпаряемостта в България за периода 1931-1970 г., Агроклиматичен атлас на България /1982 г./
- http://www.vodite.com/valeji_BG_1931_70.jpg Годишна сума на валежите в България за периода 1931-1970 г. - Агроклиматичен атлас на България /1982 г./
- http://www.web.uni-plovdiv.bg/vedrin/details/K-35-087-2.html Векторна топографска карта на България

СПЕКТРАЛНА РАЗДЕЛИТЕЛНА СПОСОБНОСТ НА ВИДЕОСПЕКТРОМЕТРИЧНИ СИСТЕМИ

Валентин Атанасов, Георги Желев

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките e-mail: vatanassov@space.bas.bgg

Ключови думи: спектроскопия, видеоспектрометри, спектрална разделителна способност.

Резюме: В работата са разгледани основните функции и параметри определящи спекралната разделителна способност на една видеоспектрометрична система. На базата на получени лабораторни резултати са формулирани изисквания за определяне на спекралната разделителна способност на видеоспектрометрична система

SPECTRAL RESOLUTION OF IMAGING SPECTROMETRIC SYSTEMS

Valentin Atanassov, Georgi Jelev

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: vatanassov@space.bas.bg

Keywords: spectroscopy, imaging spectrometers, spectral resolution.

Abstract: In this paper are discussed the basic functions and parameters for revealing and determining spectral resolution of imaging spectrometric systems. On the basis on laboratory obtained results are formulated the essential requirements for spectral resolution of an imaging spectrometric system.

1. Въведение

Видеоспектрометричните системи се наложиха като основно средство за изследване на земната повърхност. Една от най-важните характеристики, с които се описва подобна система е характеристиката спектрална разделителна способност. Тя е основна характеристика и в найголяма степен от нея зависят спектралните характеристики на получаваните изображения и от там точното определяне на спектралните характеристики на изследваните обекти [1].

Съществуващата необходимост от добро разделяне и регистриране на спектралните съставни на изследваните обекти е свързана с изисквания за изобразяване с висока разделителна способност на пространствените елементи от изображението [2, 3, 4]. Следователно високата спектралната разделителна способност диктува и високи изисквания към пространствената разделителна способност на видеоспектрометричните системи. Огромният потенциал на получаваните от видеоспектрометрите спектрални изображения доведе до разработване на прибори с висока спектрална и пространствена разделителна способност – т. нар. хиперспектрални системи [5].

Спектралната разделителна способност на една система определя броя на спектрални канали, в които сензорът може да получава отразено електромагнитно излъчване. Но броят на каналите не е единственият важен аспект на спектралната разделителна способност. Позицията на групи канали в електромагнитния спектър също е важна. В зависимост от броя спектрални канали може да бъде разделена на:

- висока спектрална разделителна способност: - nX100 канала, т.нар. хиперспектрални прибори;

- средна - nX10 канала;

- ниска - 3-5 канала.

2. Определяне на спектралната разделителна способност

Както споменахме, истинската спектрална разделителна способност зависи не само от броя на спектралните канали, а от действителната оптична разделителна способност на системата. Тя може да бъде определена чрез получаване на т.нар. спектрална функция на отговор на прибора - spectral response function (SRF). Спектралната функция на отговор е използвана за описание на реакцията на инструмента при входно въздействие лъчение с тясна честотна лента (фиг. 1 ляво). В повечето случаи спектралната функция може да бъде апроксимирана с Гаусов модел или полиноминална апроксимация (фиг. 1 дясно) [6].



Фиг. 1. Илюстрация на определяне на спектралната разделителна способност посредствам спектрална функция на отговор SRF (spectral response function) фиг.1а, експериментално получена спектрална функция на отговор SRF на видеоспектрометрична система фиг.1б.[6]

Следните термини са използвани най-често при описание на спектралната разделителна способност и характеризация на спектралните качества на системата:

– спектрален дискретизиращ интервал, отнасящ се до отделяне на две съседни спектрални линии;

- широчина Δλ на спектрален канал;
- позиция λ_{оі} на спектрален канал;
- пикселна дисперсия Δλ/пиксел [6, 7].

Тези характеристики точно определят спектралната разделителна способност на прибора и могат да бъдат използвани както поотделно, така и в комбинация .между тях.

2.1. Спектрален дискретизиращ интервал

Спектралният дискретизиращ интервал се определя от разстоянието (в единици дължина на вълната) $\Delta\lambda_R$ между две съседни спектрални линии, разделени от прибора. Найшироко разпространен критерий за определяне на спектралния дискретизиращ интервал е критерия на Релей [6], според който две съседни спектрални линии с интензитет $I_{max,1} = I_{max,2}$ могат да бъдат разделени, ако намаляването на интензитета на тези линии е по-голямо от 19% (Δ I_{decrease} \geq 19%). Фиг. 2 показва измерен спектрален дискретизиращ интервал на прибора, съгласно критерия на Релей, $\Delta\lambda_R = 2$ nm.



Фиг. 2. Спектрални функции на отговор на видеоспектрометър ((Δλ_{in}=1.65nm, λ₀₁=550nm, λ₀₂=552nm), определящи спектралния. дискретизиращ интервал

2.2. Широчина на спектрален канал

Спекралната разделителна способност [6] в направление перпендикулярно на направлението на движение на носителя определена чрез широчината на спектралния канал на прибора по критерия FWHM (full width at half maximum) $\Delta \lambda_{\text{FWHM}} = 4$ nm (фиг.1 дясно).

2.3. Позиция на спектрален канал

Функциите на спектрален отговор за всеки канал, покриваща целия спектрален диапазон, може да бъде получена чрез измерване през определени спектрални интервали (фиг. 5) и последваща интерполация на получените данни. Имайки предвид основното уравнение на дифракционна решетка и факта, че комбинацията от дифракционна решетка и ССD матрица притежава точна геометрична подредба, то разпределението на центровете на дължините на вълните на каналите е функция на линейната позиция върху елементите на матричната структура [7].



λ

Фиг. 3. Реакция на видеоспектрометър при входни въздействия с централни дължини на вълната λ_{01} 500nm и λ_{02} 600nm

2.4. Пикселна дисперсия

Пикселната дисперсия и спектралната разделителна способност са свързани еднозначно посредством функционалните характеристики на един спектрален прибор. При измерената широчина на спектрален канал $\Delta\lambda_{FWHM} = 4$ nm (фиг.4) покриваща 10 пиксела на матрицата, пикселната дисперсия $\Delta\lambda$ /pixel = $\Delta\lambda_{FWHM}/10 = 4/10 = 0.4$ nm.

Други допълнителни данни с които трябва да разполагаме за една по пълна характеризация на спектралната разделителна способност на хиперспектрална видеоспектрометрична система са:

- неточна спектрална регистрация (spectral misregistration) – вариации на централната дължина на вълната на каналите като функция пространствените пиксели, изразяваща се в: - smile ефект

	and the second se	
	And and a second s	
	the state of the second se	
and the second se	and the second	
NUMBER OF THE OWNER OF THE OWNER OF THE OWNER.	section in the section of the section of the	
Accession of the second s		
Construction of the Area of the Ar		

Фиг. 4. Експериментално получено спектрално изображение - smile ефект

- misalignment ефект.



Фиг. 5. Експериментално получено спектрално изображение - misalignment ефект

Следователно е необходимо да разполагаме с карта на измервания на спектралната разделителна способност по пространствената ос **x** за множество дължини на вълната в спектрално направление.

3. Изводи

1. Определянето на спектралната разделителна способност е един от най-важните етапи при характеризацията на видеоспектрометрична система.

2. Необходимо е да отбележим, че независимо от многото изброени параметри, дефиниращи спектралната разделителна способност на една спектрометрична система, то точното и описание е валидно само за много добре настроена система.

3. Спектралната разделителна способност като една от най-важните характеристики на видеоспектрометрична система до голяма степен определя и областите на приложение на такава система.

Благодарности

Работата е извършена по проект ДФНИ-И01/8/2012, финансиран от Фонд Научни Изследвания, Министерство на образованието, младежта и науката, Република България.

Литература:

- 1. S I a t e r, Ph., N. Remote Sensing. Optics and Optical Systems. Addison-Wesley Publishing Company. 1980.
- A t a n a s s o v, V., B. P e e v, N. V a s s i l e v, V. V a s s i l e v, V. S. B o y c h e v a. A Description of an Imaging Spectrometer Model. Seventh International Conference on Remote Sensing for Marine and Coastal Environments, 20 – 22 May 2002, Miami, Florida.
- 3. P e t k o v, D., G. G e o r g i e v, H. N i k o l o v. Tematically oriented multichannel spectrometer /TOMS/. Aerospace Research in Bulgaria, No 20, 2005. pp.51-54.
- Борисова, Д., Сравнение между отражателните спектри на гранити получени с различна спектрометрична апаратура. ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", Vol. 50, Part I, Geology and Geophysics, 2007.
- 5. A t a n a s s o v, V. I., B. B. P e e v, N. N. V a s s I I e v, V. K.V a s s I I e v Hyperspectral Imaging Spectrometer as a Power Tool for Ecological Monitoring. Journal of Balkan Ecology, vol.4, № 2, 2001. pp. 168 – 170.
- 6. А танасов, В., Б Пеев, Н. Василев, В. Василев. Спектрална и пространствена разделителна способност на модел на видеоспектрометър. Седма национална конференция с международно участие "Съвременни проблеми на слънчево-земните въздействия", София, ноември 2000, Сборник доклади, стр. 151-154.
- 7. S c h a e p m a n, M. E. Calibration of a Field Spectroradiometer. University of Zurich, Zurich, Switzerland, 1998.

PORTABLE 3D MAGNETOMETER FOR LOCAL GEOMAGNETIC FIELD DISTURBANCE MEASUREMENTS

Boyan Benev, Alexey Stoev, Penka Stoeva

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

Keywords: Magnetic field, magneto-resistive technology, USB interface

Abstract: A new portable digital 3D magnetometer, based on the Anisotropic Magneto-resistive (AMR) technology is developed. The compact design makes the instrument easy in use in both the laboratory and in the field environment. Communication through a fast USB 2.0 interface allows the use of μ Meter in a combination with different portable devices. Preliminary analysis of the measurement accuracy shows that the resolution of 2nT with sampling rate of 0.1Hz is achievable.

ПОРТАТИВЕН 3D МАГНИТОМЕТЪР ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ЛОКАЛНИ СМУЩЕНИЯ В ГЕОМАГНИТНОТО ПОЛЕ

Боян Бенев, Алексей Стоев, Пенка Стоева

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

Ключови думи: Магнитно поле, магниторезистивна технология, USB интерфейс

Резюме: За нуждите от измерване на слаби магнитни полета в лабораторни и в полеви условия е разработен компактен и изключително лесен за ползване преносим магнитометър. Комуникацията с персоналния компютър се осъществява посредством USB 2.0 интерфейс, което прави възможно използването на магнитометъра с различни съвременни мобилни устройства. Първоначалният анализ показва постигната точност на измерванията от около 2nT при честота на самплиране 0.1Hz.

Introduction

For the purposes of weak magnetic fields measurement in the laboratory and in the field environment a compact and extremely easy to use portable magnetometer is developed - Fig. 1. μ Meter is a digital 3D magnetometer, which measures the magnitude and direction of the magnetic field intensity simultaneously on three axes x, y, z. It is based on the HMC5883L integrated circuit of the Honeywell International Inc. The device communicates with the PC via USB 2.0 interface, receives commands and sends the resulting measurement data which are displayed on the computer screen and saved on the hard disk for further processing and storage.



Fig. 1. µMeter

Device structure and operation

The basic scheme of the magnetometer is shown in Fig. 2. Operation of the device is controlled by a microcontroller with integrated USB module that receives information from the computer containing the parameters of the current measurement, converts them into low-level commands and send them back to the HMC5883L chip via standard I2C interface. After completion of the current measurement, HMC5883L sends raw data as 12-bit values back to the MCU that performs primary processing and along with the current temperature value, obtained from the internal temperature sensor, sends them to the PC where the graphical interface application, responsible of the magnetometer management is installed.



Fig. 2. Magnetometer basic scheme

Magnetometer has eight measurement ranges from ± 1 G to ± 8 G. The resolution for a single measurement (no averaging) in the most sensitive range reaches 500µG (50nT). Deviations in linearity are not to exceed 0.1% in the full-scale of the given range. Data acquisition rate reaches 200 readings per second.

Internally HMC5883L is a complex hybrid integrated circuit comprising several distinct components: a sensor analogue part and a subsystem to manage it, 12-bit ADC, MCU interface part responsible for communication with the microcontroller - Fig. 2. The analog part consists of three separate (one for each axle) differential magneto-resistive bridges. Magneto-resistive elements are implemented as thin-film strips of nickel-iron ferromagnetic (Permalloy) material (similar to that used in the well-known magnetic tape recording) applied directly on the silicon substrate. Originally, magnetic domains in each such element are oriented in the same direction and have a given conductivity so the bridge is balanced. When external magnetic field is applied, domains reposition and thus change their resistance. As a consequence, the bridge becomes unbalanced. This change is amplified by differential amplifier and is fed to the input of the internal 12-bit ADC. So the value of imbalance, which is a function of the external magnetic field has been digitized. After each measuring cycle the magnetic domains in the resistive elements need to be repositioned towards the initial zero direction. That is what the internal Set / Reset circuit is responsible of. It creates an artificial magnetic field by short electrical current pulses in both directions and thus sets the domains in their zero direction. All this is packed into a tiny 3x3 mm plastic body, allowing the use of HMC5883L in applications with an extremely compact design.

The software is developed in C# for .NET Framework and works under MS Windows. USB protocol is conformable to Human Interface Device (HID) standard. This is an important advantage, which eliminates the need of a special driver installation. HID devices use preinstalled driver by default, available in any modern operating system. The program sets the parameters of the magnetometer operation as range, mode of averaging, single or continuous measurement. The resulting data are displayed numerically and graphically in real time. The program allows acquired data to be written in a standard text file format with the user specified path on the system local hard drive.

First measurements and results

Two data sets measured with the magnetometer are shown on Fig.3 and Fig.4. The first one demonstrates local geomagnetic field intensity during period of two days and is taken on 06-07 November

2012 in Cairns, Australia in the course of solar eclipse scientific expedition. A detailed data analysis is subject to the future work. The second one shows local geomagnetic perturbation during 01-03 December 2012 in Stara Zagora, Bulgaria. Data are taken in the center of the city, near to one of the main crossroads. Sharp peaks correspond to transitions of heavy trucks and buses in the vicinity of the instrument.



Conclusion

A new portable USB digital 3D magnetometer is developed. Preliminary analysis of the measurement accuracy shows that the resolution of 2nT with sampling rate of 0.1Hz is achievable. µMeter is suitable for use in magnetic and geomagnetic studies and environmental monitoring.

As a future work we are intended to develop an accurate method for instrument calibration and to provide a detailed study of the magnetometer own noise and its properties.

References:

- 1. Caruso, M. J., T. Bratland, Dr. C. H. Smith and R. Schneider, "A New Perspective on Magnetic Field Sensing," Sensors, December 1, 1998, http://www.sensorsmag.com/. 2. Honeywell, "HMC5883L Datasheet," 2010, http://www.honeywell.com/.
- 3. Honeywell, "AN212 Handling of Sensor Bridge Offset," Application Notes, 2010, http://www.honeywell.com/.
- 4. Honeywell, "AN215 Cross Axis Effect for AMR Magnetic Sensors," Application Notes, 2010,
 - http://www.honeywell.com/.

ПОНИЖЕНИЕ НА ОЗОНОВОТО СЪДЪРЖАНИЕ НАД БЪЛГАРИЯ ПРЕЗ ПРОЛЕТТА НА 2011 Г.

Богдана Мендева¹, Боян Петков^{1,2}

¹Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките ²Институт за атмосферни науки и климат (ISAC), Италиански национален съвет за научни изследвания (CNR), Болоня, Италия e-mail: bmendeva@abv.bg

Ключови думи: Общо съдържание на озона (ОСО), Арктическа озонова загуба, спътникови измервания.

Резюме: Изследвано е влиянието на Арктическата озонова загуба през зима-пролет 2011 върху общото съдържание на озона (ОСО) над България. За целта са използвани данни от Ozone Monitoring Instrument (OMI) на борда на спътника EOS-Aura.

Общото съдържание на озона над Стара Загора (42°25' N, 25° 37' E), България през месеците март и април 2011 г. е сравнено с усредненото такова за тези месеци през периода 2006-2010 г. Резултатите показват, че в началото на април 2011 г., започва едно рязко намаление на ОСО от порядъка на 15 – 18 % спрямо средното за предходния 5-годишен период. На 9 април 2011 г. е регистриран минимум в ОСО - 303 DU (Dobson units). Понижението на озоновото съдържание през април 2011 г. е 7 – 12 % спрямо средните стойности за периода 2006-2010 г.

DECREASE IN OZONE OVER BULGARIA IN THE SPRING 2011

Bogdana Mendeva¹, Boyan Petkov^{1,2}

¹Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences ²Institute of Atmospheric Sciences and Climate, National Research Council, Bologna, Italy e-mail: bmendeva@abv.bg

Keywords: Total ozone content (TOC), Arctic ozone loss, satellite measurements.

Abstract: The impact of the Arctic ozone loss in winter-spring 2011 on the total ozone content (TOC) over Bulgaria is investigated. For this purpose data from Ozone Monitoring Instrument (OMI) onboard the EOS-Aura satellite are used.

The total ozone content over Stara Zagora ($42^{\circ}25'$ N, $25^{\circ}37'$ E), Bulgaria in March and April 2011 is compared to the average TOC for those months in the 2006-2010 period. The results show that in early April 2011 a sharp ozone decrease of 15-18% with respect to its mean value determined over the previous five-year period began. On 9 April 2011 a TOC minimum – 303 DU (Dobson units) is registered. The decrease in ozone in April 2011 is 7 – 12 % compared to the average TOC for 2006-2010.

Увод

Въпреки, че озонът се съдържа в земната атмосфера в малки количества, той играе ключова роля в енергийния баланс на планетата чрез участието си в радиационните процеси [1]. От друга страна, той има биологично значение поради силното поглъщане на по-късовълновата УВ слънчева радиация, увреждаща живите организми на Земята.

Химичното унищожаване на озона възниква в двете полярни области в местната зимапролет. В Антарктида пълното унищожаване на стратосферния озон води до озонова дупка всяка година, докато в Арктика загубата на озон е много силно променлива и досега е много поограничена. Едно Арктическо събитие "нисък озон" може лесно да бъде издухано на юг от ветрове на голяма височина и да се появи над населените райони на Северна Америка, Европа и Азия. По този начин стотици милиони хора, а също така животните и растенията, ще бъдат изложени на опасни нива на ултравиолетовите слънчеви лъчи. Такова унищожаване на озона над Арктика в началото на 2011 г. е, за пръв път в наблюдателните записи, сравнимо с това в озоновата дупка над Антарктида. Необикновено дълготрайните условия на студ в Арктическата ниска стратосфера са довели до устойчиво повишаване на озоноразрушаващите форми на хлор и до безпрецедентната загуба на озон, която надвишава 80% над 18-20 km височина [2].

Силното изтъняване на озоновия слой, появило се в района на Арктика през зимапролет на 2011 г., е има значителен ефект на намаляване на озоновото съдържание на пониски ширини в Западна Европа, което е регистрирано от десетки наземни станции.

Апаратура и методи

Целта на настоящия доклад е да изследва влиянието на Арктическата озонова загуба през зима-пролет 2011 върху общото съдържание на озона (ОСО) над България. За това са използвани данни за ОСО над Стара Загора (42° 25' N, 25° 37' E), България от Ozone Monitoring Instrument (OMI) на борда на спътника EOS-Aura.

ОМІ е спектрограф, насочен в надир, който измерва отразената от земната атмосфера и повърхност слънчева радиация с дължина на вълната в интервала 270-500 nm със спектрална резолюция от около 0.5 nm. Зрителният ъгъл на телескопа - 114° отговаря на ивица върху повърхността с ширина 2600 km, което позволява измервания с ежедневно глобално покритие. Уредът има 2 канала – UV (270-380 nm) и VIS (350-500 nm). Измерването на пълния спектър в тези интервали дължини на вълните с висока резолюция позволява да се възстанови съдържанието на някои атмосферни газове, в това число и озона.

Анализ на данните и резултати

Резултатите от редица наземни станции показват, че озоновото съдържание над Западна Европа е значително повлияно от Арктическата озонова загуба. Намаляващата фаза на озоновия стълб започва на 20 - 25 март 2011 г. над областта с координати 10° W – 20° Е и 40° N – 60° N, движейки се от север на юг. Целият този район е обхванат от изтъняването на озоновия слой, показвайки стойности на озоновото съдържание с 15 - 20 % по-ниски от наблюдаваните през предходните години. Това събитие продължава и през следващите 2 седмици, след което зоната с по-ниско съдържание на озон се премества към Югоизточна Европа.

На фиг.1 е показано общото съдържание на озона над Стара Загора, България през месеците март и април 2011 г., сравнено с усредненото такова за тези месеци през периода 2006 - 2010 г. по данни от ОМІ.

Вижда се, че към 8 април 2011 г., започва едно рязко намаление на ОСО над България от порядъка на 55 – 69 DU, което съставлява 15 – 18 %, спрямо средното за предходния 5-годишен период. На 9 април 2011 г. е регистриран минимум в ОСО - 303 DU. През останалата част от април 2011 г. нивата на озона са в интервала 326 - 353 DU, докато в предходните години те варират между 344 DU и 386 DU. Понижението на озоновото съдържание през април 2011 г. е 7 – 12 % спрямо средните стойности за периода 2006-2010 г.

Тези резултати показват, че въздействието на Арктическата озонова загуба върху количеството на озона е достигнало през пролетта на 2011 г. територията и на България.



Фиг. 1. Общото съдържание на озона над Стара Загора през март-април 2006-2010 (○) и 2011 г. (■).

Заключение

За последните години са регистрирани три по-стабилни аномалии на озона в полярните ширини – през 2000, 2005 и 2011 г. Особено студените арктически вихри, настъпили през тези зими, са предизвикали по-дълбоко от обикновеното изтъняване на озоновия слой в северната полярна област, което е нарушило поведението на озоновото съдържание на средни ширини [3,4].

Основната характеристика, различаваща реакцията на озона на средни ширини на Арктическата озонова загуба,е периодът,когато се проявява такава реакция.През 2000 и 2005 г. средноширочинният озон е бил нарушен по време на съществуването на полярния вихър и след неговото унищожаване е последвало обичайното поведение на ОСО. През 2011 г. озоновото съдържание в средноширочинните райони на Западна Европа е повлияно след разрушаването на полярния вихър. Освен това, събитието на намаление на озона през 2005 г. се е появило много по-рано, отколкото това през 2011 г., показвайки минимум в ОСО почти един месец преди съответния минимум през 2011 г.

Литература:

1. B r a s s e u r, G.P. and S. S o I o m o n. Aeronomy of the Middle Atmosphere. Springer, pp. 443-531, 2005.

- 2. M a n n e y, G.L., M. L. S a n t e e, M. R e x et al., Unprecedented Arctic ozone loss in 2011. Nature, v. 478, pp. 469-477, 2011.
- 3. Hauchecorne, A., S. Godin, M. Marchand, B. Hesse, and C. Souprayen. Quantification of the transport of chemical constituents from the polar vortex to midlatitudes in the lower stratosphere using the high-resolution advection model MIMOSA and effective diffusivity, et al., J. Geophys. Res., 107(D20), 8289, doi:10.1029/2001JD000491, 2002.
- 4. Koch, G., H. Wernli, S. Buss et al., Quantification of the impact in mid-latitudes of chemical ozone depletion in the 1999/2000 Arctic polar vortex prior to the vortex breakup. Atmos. Chem. Phys. Discuss., 4, pp. 1911–1940, 2004.

КОМПЛЕКСНО ИЗМЕРВАНЕ НА СВЕТЛИННИ ИЗЛЪЧВАНИЯ В АТМОСФЕРАТА ВЪВ FUV ДИАПАЗОН

Веселин Ташев, Ангел Манев

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките e-mail: veselinlt@abv.bg

Ключови думи: Фотоелектронен умножител, слаби светлинни потоци, първични преобразуватели

Резюме: Измерването се извършва в 3 независими канала за да се измерят едновременно спектралните линии La емисия с дължина 121.6 нм, и излъчените от кислорода емисии на OI 130.4 nm и 135.6 nm. Като сензор за измерване на тези много слаби светлинни потоци е използван висококачественния фотоелектронен умножител R10825. Той е с много висока чувствителност, голямо усилване и в същото време работния му диапазон е разположен в далечния ултравиолетов спектър. Когато светлинния поток стане толкова слаб, че върху катода падат единични фотони, то в изхода на ФЕУ се получават импулси отдалечени един от друг. Тогава падащото количество светлина е директно пропорционално на броя на импулсите получени в изхода на ФЕУ. Тази техника е известна като Метод на броене на фотони и е използвана за усилване и обработка на електрическите сигнали в уреда.

COMPLEX MEASUREMENT OF WEAK LIGHT EMISSIONS INTO THE ATMOSPHERE IN THE FAR UV RANGE

Veselin Tashev, Angel Manev

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: veselinlt@abv.bg

Keywords: High sensitivity photomultiplier, light flows with very low amplitude, primary converters

Abstract: Measurement is performed in 3 independent channels to simultaneously measure of spectral lines $L\alpha$ emission 121.6 nm, and emitted from the oxygen emission OI 130.4 nm and 135.6 nm. As a sensor for measuring such weak light fluxes used high performance Photomultiplier R10825. He has very high sensitivity, high gain and its working range is located in the far ultraviolet spectrum. When the light beam becomes so weak that fall on the cathode single photons, then the output of the FEU receive impulses away from each other. Then the number of output pulses is in direct proportion to the amount of incident light. This technique is known as the method of counting photons and is used for amplification and processing of electrical signals in the unit.

Въведение

Като най-външен слой на атмосферата, геосферата е подложена на интезивна слънчева радиация и космически лъчения, в резултат на което се наблюдават различни явления като магнитни бури, светещи облаци, наличието на плазмен слой, кръгов ток състоящ се в 80% от протони на H+, O+, N+, He+ O2+, H2+ и др. Резонансният преход 2P-2S на атомния водород (Lα емисия с дължина 121.6 нм) е най-силната и открояваща се емисия в слънчевия FUV спектър. Измерването на Lα емисията с дължина 121.6 нм дава важна информация за протичащите физични и химични процеси в пространството на гекороната. На фиг. 1 е показана спектрално моделираната ултравиолетова аврорална емисия на геокороната.



FUV Auroral Spectrum

Фиг. 1. Аврорален спектър на геокороната

Радиационният поток на L α емисията се състои от директна L α емисия, както и от такава получена от резонансното разсейване от водородните атоми в атмосферата. Освен това значителен интерес предизвикват и излъчените от кислорода емисии на OI 130.4 nm и 135.6 nm. Едновременното наблюдение на трите емисии дава допълнителна информация за протичащите процеси в магнитосферата, както и възможност за моделиране на пространствено изображение.

2. Общи изисквания

Измерването на слаби потоци светлина, особено в ултравиолетовия диапазон е свързано с решаването на много проблеми. Един от най-важните е разработването или намирането на висококачествен фабричен сензор за преобразуване на светлината в електрически сигнал. Този сензор трябва не само да е извънредно чувствителен, но в същото време тази чувствителност трябва да е разположена в ултравиолетовия диапазон. Внимателния подбор на подобен сензор е една много деликатна задача поради противоречивите изисквания към параметрите на прибора и високата му цена. Друг важен проблем е доставката на оптичен филтър за разделяне на емисиите OI 130.4 nm и 135.6 nm.

3. Уред за измерване на светлинни потоци с много нисък интензитет

Уредът съдържа 3 електронни фотоумножителя (photomultiplier tube), които се използват като сензори за първично преобразоване на La радиацията и емисиите OI 130.4 nm и 135.6 nm в електричен сигнал. Електронните фотоумножители (ФЕУ) са подбрани със спектрална чувствителност в диапазона 115 - 190 nm, която съответства на изброените по-горе спектрални емисии. На входа на всеки от електронните фотоумножители е поставен оптичен филтър за отделяне на съответните емисии.

Подобни идеи са имали и авторите на проекта "TWINS-LAD mission" 2005 г.[6]. Тъй като доставката на оптични филтри с много тясна лента на пропускане е много трудна задача, в този проект са изпозвани 2 Лайман алфа детектора (LAD) за измерване на Лайман алфа емисията и спектрофотометър с микроканална пластина (MCP) за измерване на OI 130.4 nm и 135.6 nm.

Електронните фотоумножители се използват за да превърнат светлинния поток в електрически сигнал – ток или напрежение. Когато светлинния поток е много слаб и върху катода падат единични фотони, в изхода на ФЕУ се получават импулси отдалечени един от друг. Тогава падащото количество светлина е директно пропорционално на броя на импулсите получени в изхода на ФЕУ. Тази техника е известна като Метод на броене на фотони. [5] Един от най-важните фактори, когато се използва метода за броене на фотони е квантовата ефективност (QE). Това е вероятността определено количеството фотоелектрони, да бъдат емитирани, когато на фотокатода, попадне 1 фотон. При положение, че на фотокатода попадне един фотон, числото на емитираните първични фотоелектрони може да бъде само 1 или 0. Тогава квантовата ефективност се отнася за коефициента на средния брой на емитираните фотоелектрони от фотокатода за единица време, към средния брой фотони, попадащи върху фотокатода за същото време.

Амплитудата на тока в изхода на електронния фотоумножител в режим на броене на фотони е извънредно малка. Това изисква усиването на изходния импулс да стане със специален усилвател – импулсен, с голямо усилване и нисък собствен шум. На фиг. 2 е показана блок-схемата за измерване на светлинни потоци с използване метода на броене на импулси.



Фиг. 2. Блок-смема на измерване на слаб светлинен поток по метода на броене на фотони

В края на всеки блок на фиг. 2 са дадени сигналите, които се получават в изхода му. Тъй като сигнала от изхода на електронния фотоумножител е много слаб той трябва да се усили от импулсен предусилвател. Така усиления импулс се подава на Дискриминатор. Дискриминаторът сравнява входния импулс с две опорни напрежения и ги разпределя на две групи. Едната група импулси е с по-ниска, а другата с по-висока амплитуда от опорните напрежения. Импулсите с по-ниски амплитуди се елиминират от по-ниското референтно ниво на дискриминатора (LLD) и в повечето случаи импулсите с по-високи амплитуди се елиминират от по-високото референтно ниво на дискриминатора (ULD). Импулсите по-ниски от нивото (LLD) трябва да се отстранят, защото те са възникнали в резултат на шум. От компаратора намиращ се в изхода на Дискриминатора излизат импулси с ниво TTL. Тези импулси допълнително се преобразуват от Формирователя на импулси като правоъгълни за да бъдат правилно прочетени от брояча.

4. Изисквания към сензора за измерване на слаби светлинни потоци, използващ метода на боене на фотони

4.1. Спектрален отклик и квантова ефективност.

Спектралния отклик на електронния фотоумножител трябва максимално да съответства на дължината на вълната на светлинния поток в случая 121.6 nm, 130.4 nm и 135.6 nm.

Квантовата ефективност трябва да бъде максимално висока, особенно при по-слабите сигнали.

4.2. Чувствителност на катодното излъчване.

Чувствителността на катодното илъчване влияее върху квантовата ефективност и затова тя трябва да е максимално висока.

4.3. Ефективност на събирането (СЕ).

Тази характеристика е много важна ако се използва метода на броене на фотони. Колкото величината е по-голяма това означава по-малка загуба на сигнал. Ефективност на събирането зависи от формата на фотокатода, динодната структура и разпределението на напрежението между самите диноди.

4.4. Шум

В електронния фотоумножител могат да възниктат различни шумове, дори когато той се намира в пълна тъмнина. Могат да се предприемат различни мерки, така че тези шумове да се минимизират.

5. Избор на електронни модули

За първичен преобразовател на светлина в импулси избираме електронния фотоумножител R10825, производство на фирмата Hamamatsu. Той се използва за измервания на ултравиолетова радиация. Електронния фотоумножител R10825 има следните по-важни характеристики:

- Sprectral Response от 115 до 195 nm,

- Maximum Response 130 nm,
- Quantom Efficiency при 121 nm 23,5%,
- Усилване 4x106, Anode Dark Current 0.3 nA,
- Operating Temperature from -30 to + 50 oC,

Електронния фотоумножител R10825 отговаря на всички изисквания съгласно точка 4.

За предусилвател е избран усилвателя C5594, а за устройството за броене на фотони C3866. И двата модула са производство на фирмата Hamamatsu напълно съвместими с електронния фотоумножител R10825.

8. Разчет на електрическата схема на уреда за измерване на лъчението L α .

Електрическата схема за един канал на уреда (Лайман алфа) е показана на фиг. 3.



Фиг. 3. Електрическа схема на канала за измерване на лъчението La.

От спектъра в ултравиолетовата част на геокороната знаем, че на височина от около 100 км спектралната линия SI Lyman alpha е много тясна, а освен това, близо до нея има и други спектрални излъчвания с кореспондиращ интензитет. Поради тази причина Лайман-алфа лъчението влиза в колиматор през оптичен интерференчен филтър с лента на пропускане около 10 nm (FWHM) центрирана приблизително на 120 nm. Колиматора е направен от почернен алуминий със шестоъгълни клетки материал (порест) с дължина 2.54 см и стъпка на клетката 1.53 мм, определяща почти цилиндрично зрително поле. След това Лайман-алфа лъчението се детектира с електронен фотоумножител (ФЕУ) и се усилва от предусилвател. Същата схема се използва и за другите 2 канала на 130.4 nm и 135.6 nm.

Използването на предусилвател се налага поради ниския изходен сигнал от ФЕУ и съгласуване на импеданса. Изходния сигнал от фотоумножителя в режим на броене на фотони се пресмята по следния начин:

Единичния фотоелектрон, който се емитира от фотокатода има заряд q= 1.6x10⁻¹⁹[C]. Тъй като усилването на ФЕУ е µ = 4x10⁶, анодния изходен заряд се дава от:

(1)
$$Q = q \times \mu = 1.6 \times 10^{-19} [C] \times 4 \times 10^{6} = 6.4 \times 10^{-13} [C]$$

Ако широчината на изходния импулс на изхода на ФЕУ е t=100 ns тогава за пика на изходния ток lp се получава:

(2)
$$Ip = \frac{q \times \mu}{t} = \frac{6.4 \times 10^{-13} [C]}{100 \times 10^{-9} [s]} = 6.4 \times 10^{-6} [A]$$

Като имаме в предвид посоката на потока от електрони получаваме lp = -6.4×10^{-6} [A]. Ако товарното съпротивление или входния импеданс на прилежащия усилвател е 50 Ω , то входния импулс има пиково напрежение :

(3)
$$Vin = Ip \times Rin = -6.4 \times 10^{-6} [A] \times 50 [\Omega] = -320 \times 10^{-6} [V]$$

При коефициент на усилване на импулсния предусилвател 10 (максималния е 63), получаваме в изхода му:

(4)
$$Vout = -320 \times 10^{-6} [V] \times 10 = -3200 \times 10^{-6} [V] = -3.2[mV]$$

Дискриминатора в броячното устройство работи с нива на дискриминация от -0,5mV до -16 mV. Изходното напрежение на предусилвателя е -3.2 mV, и се намира точно в необходимия диапазон. От изхода на броящото устроство на фотони излизат формирани импулси с ТТЛ ниво, подходящи като вход на всеки стандартен брояч.

Изходната честота на импулсите от броящото устройство е пропорционална на интензивността на светлинното лъчение и се определя от брояча на цифрови импулси.

9. Заключение

Едновременното наблюдение на трите емисии дава допълнителна информация за протичащите процеси в магнитосферата, както и възможност да се разбере как заредените частици, магнитните и електрически области си взаимодействат едни с други и как това взаимодействие е промодулирано от външното влияние като например слънчевия вятър и магнитните полета.

Литература:

- Guineva, V., Witt G., Gumbel J., Khaplanov M., Werner R., Hedin J., Neichev S., Kirov B., Bankov L., Gramatikov P., Tashev V., Popov M., Hauglund K., Hans en G., IIstad J., Wold H., Lyman-alpha Detector, Designed for Rocket Measurements of the Direct Solar Radiation at 121.5 nm, International Symposium on Recent Observations and Simulations of the Sun-Earth System (ISROSES), Varna, Bulgaria, September 17-22, 2006, Abstracts, p.50
- T h r a n e, E .V., I. N y b e r g, B. N a r h e i m, Measurements of the Extinction of Solar Hydrogen Lyman-α in the Mesosphere, Internal Report E-230, Norvegian Defense Research Establishment (FFI), Norway, 1974
- 3. Th r a n e, E.V., A. J o h a n n e s s e n, A Measurement of the Extinction of Solar Hydrogen Lyman-alpha Radiation in the Summer Arctic Mesosphere, JATP, v.37, pp.655-661, 1975
- 4. Th r a n e, E.V., B.G r a n d a l, O.H a g e n, F.U g l e t v e i t, Measurements of Lyman-α Extinction and Energetic Charged Particle Precipitation during the European Winter Anomaly Campain 1975-76, J.Geophys., v.44, pp.99-106, 1977
- 5. H A M A M A T S U "Pfoton counting, using Photomultiplier Yubes.
- H. U. N a s s, J. H. Z o e n n c h e n, G L a y, H. J F a h r, The TWINS-LAD mission: Observations of terrestrial Lyman alpha – fluxes, Inst. for Astrophysics and Space Research, University of Bonn, Received: 6 December 2005

REMOTE SENSING OF SPECTRAL RESPONSES OF PLANTS TO ADVERSE ENVIRONMENTAL CONDITIONS

Dora Krezhova¹, Svetla Maneva², Nikolai Petrov², Vera Alexieva³, Irina Moskova³

¹Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences ²Institute of Soil Science "Nikola Pushkarov" – Bulgarian Academy of Agriculture ³Institute of Plant Physiology and Genetics – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: dkrezhova@stil.bas.bg; svenma@abv.bg

Keywords: hyperspectral reflectance, chlorophyll fluorescence, viral infection, Tomato mosaic virus (ToMV), Nicotiana tabacum L.

Abstract: This research outlines the ways for detecting and recognizing plant stress caused by adverse environmental conditions by combining hyperspectral reflectance data between 450 and 850 nm and chlorophyll fluorescence data between 600 and 900 nm. Young tobacco (Nicotiana tabacum) plants, cv. Nevrokop 1146, infected with Tomato mosaic virus (ToMV) were investigated. The spectral reflectance of healthy and infected plants was taken by a portable fibre-optics spectrometer. The fluorescence data were collected with the same spectrometer using UV-blue excitation. Statistical analysis, derivative and spectral normalization procedures were used to account for differences in spectral properties of the plants. The red edge position in the reflectance spectra of infected leaves was determined to be shifted to the shorter wavelengths, which is a reliable indicator for presence of a stress in plants. These results are in agreement with serological analyses carried out using DAS-ELISA test for the viral infection assessment.

ДИСТАНЦИОННИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА СПЕКТРАЛНИТЕ ОТГОВОРИ НА РАСТЕНИЯТА НА НЕБЛАГОПРИЯТНИТЕ УСЛОВИЯ НА ОКОЛНАТА СРЕДА

Дора Крежова¹, Светла Манева², Николай Петров², Вера Алексиева³, Ирина Москова³

¹Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките ²Институт по почвознание "Никола Пушкаров" – Селскостопанска академия ³Институт по физиология на растенията и генетика – Българска академия на науките e-mail: dkrezhova@stil.bas.bg; svenma@abv.bg

Ключови думи: отразена радиация, флуоресценция на хлорофила, вирусна инфекция, вирус на доматената мозайка (ВДМ), Nicotiana tabacum L.

Резюме: Това изследване очертава начините за откриване и разпознаване на стрес в растенията, причинен от неблагоприятни условия на околната среда чрез комбиниране на хиперспектрални данни за отразена радиация между 450 и 850 nm и флуоресценция на хлорофила между 600 и 900 nm. Изследвани са млади тютюневи (Nicotiana tabacum) растения, сорт Неврокоп 1146, заразени с вируса на доматената мозайка (ToMV). Спектралната отражателна способност на здравите и заразените растения е регистрирана с преносим спектрометър с гъвкав световод. Флуоресцентните данни са получени със същия спектрометър като е използван източник за възбуждане в UV и синята област на спектъра. Статистически анализ, първа производна и спектрална нормираща процедура са използвани за отчитане на разликите в спектралните свойства на заразените листа е отместена към по-късите дължини на вълната, което е надежден показател за наличие на стрес в растенията. Тези резултати са в съответствие със серологичния анализ, проведен чрез теста DAS-ELISA за оценка на вирусната инфекция.

Introduction

Recent researches in remote sensing have demonstrated the advances and merits of hyperspectral data in the environmental monitoring and sustainable agriculture. A large variety of applications includes classifying vegetation species and type, quantification of agricultural crops,

detecting crop stress and disease, identifying plants affected by contaminants, demonstrating sensitivity to plant nitrogen content, characterizing wetlands, mapping invasive species, biophysical and biochemical modeling, etc. The need for significant improvements in quantifying, modeling, and mapping of plant chemical, physical, and water properties is more critical than ever before in order to improve our understanding of the Earth and to achieve sustainable development [1].

Nowadays remote sensing techniques allow presymptomatic monitoring of changes in the physiological state of plants nondestructively. In this respect, spectral reflectance and chlorophyll fluorescence have proved their potential by detecting stress-related changes in the pattern of light emission from plant leaves. These techniques can be applied on scales ranging from on ground to airborne remote sensing. The effective use of remote sensor systems in resource management, agriculture and environmental monitoring requires an understanding of the nature and limitations of the high-resolution remote sensing data and of various strategies for processing and interpreting it [2]. In developing the necessary knowledge base, the ground-based measurements are the expedient source of information.

Vegetation analysis using remotely sensed data requires knowledge of the structure and function of vegetation and its reflectance properties. Spectral behavior of vegetation depends on the nature of the vegetation itself, its interactions with solar radiation and other climate factors, and the availability of chemical nutrients and water within the host medium (usually soil) [3]. The spectral properties of the leaves are usually directly related with the surface characteristics, leaf structure, water and chlorophyll content [4]. The pigments are critical to the function and health of vegetation although the relative concentrations of these pigments in vegetation can vary significantly. Vegetation with a high concentration of chlorophyll is generally very healthy, as chlorophyll is linked to photosynthetic rates. On the other hand, carotenoid and anthocyanin pigments often appear in higher concentrations in vegetation that is less healthy, typically due to stress or the onset of senescence (dormant or dying vegetation that appears red, yellow, or brown).

In the visible (VIS) spectral range, the main signal comes from the absorption of incident radiation by the leaf pigments chlorophyll, carotenoids, and anthocyanins. In the near-infrared (NIR) range, the primary contribution comes from the absorption of water. The reflectance in the shortwave infrared range is partially determined by water, but the reflectance also receives significant contributions from the reflectance of nitrogen and various forms of carbon [5].

A small percent of ultraviolet and VIS light absorbed by plant's pigments is re-emitted at longer wavelengths as fluorescence in blue, green, red and far-red bands. As this process is in competition with photosynthesis, the efficiency of the photochemistry of the plant, i.e. its physiological status, can be probed by means of chlorophyll fluorescence signal. It allows distinguishing normal from stressed condition in intact plant material [6].

Vegetation stress is the result of complex physiological processes. Stress symptoms show up as photosynthesis decline (strain phase). With the persistence of the stress (i.e. pollution, water deficiency, diseases), stress induced mechanisms become dominant and give rise to acute or chronic injury (damage phase), depending on the stress tolerance threshold [7]. The plant response to stress implies biochemical and morphological changes during this phase that is therefore irreversible. Monitoring vegetation stress in time and space is necessary to improve the sustainable use of environmental resources. The possibility to detect early plant response to stress before the damage occurs, during last decade has driven most research in vegetation stress detection [8].

This article aims to highlight the efficiency of application of the techniques of hyperspectral reflectance and chlorophyll fluorescence for detecting changes in the physiological state of plants arising from adverse environmental conditions.

Plant material

Inoculation of the plants with ToMV

Nicotiana tabacum plants, cv. Nevrokop 1146, grown in a greenhouse under controlled conditions (22-25°C, humidity 75-85%, photoperiod of 16/8 h, light intensity 3000–4000 lux) were investigated. At growth stage of 4-6 expanded leaf the tobacco plants studied were inoculated with Tomato mosaic virus (ToMV). The plants were inoculated with one gram infected leaves homogenized in 1 ml 4°C 0.1M potassium-sodium buffer, pH 8.0, with 0.2% Na₂SO₃ and 0.2% Ascorbic acid. Before virus inoculation the plants were darkened and dusted with carborundum 400-600 mesh [9]. Inoculations were performed by gently rubbing the leaves with this homogenate. After 3-5 minutes the plants were washed with water. Spectral measurements of the leaf reflectance and fluorescence have been carried out on randomly harvested leaves from young healthy and infected tobacco plants on the 7th day after inoculation. A few of the investigated leaves with different symptoms of the effect of the ToMV are shown in Fig. 1.



Fig. 1. Two pairs of investigated tobacco leaves: a) healthy and b) infected with ToMV

Methods

Spectral reflectance was collected in the VIS and NIR spectral ranges (450-850 nm) at a spectral resolution of 1.5 nm in 1170 spectral wavebands using a portable fiber-optics spectrometer USB2000 (Ocean Optics, USA). For leaf reflectance measurements a halogen light source was used. The spectral reflectance characteristics (SRC) were obtained as a ratio of the intensity of leaf reflected light to the light reflected from a diffuse reflectance standard for each wavelength in VIS and NIR ranges.

Chlorophyll fluorescence measurements were carried out by the same spectrometer in the spectral range 600-900 nm in 915 spectral wavebands. As a source of actinic light a LED diode emitting monochromatic light in the blue spectral range with light output maximum at 470 nm was used. The abaxial side of the leaves is irradiated with actinic light and the exited fluorescence is measured from the adbaxial leaf surface.

Serological method DAS-ELISA (Double Antibody Sandwich Enzyme-Linked Immunosorbent Assay) was applied according to the method of Clark and Adams [10] for determination of virus concentration. The analysis was made on the 7th day after inoculation using a commercial kit (LOEWE Biochemica GmbH, Sauerlach, Germany) with polyclonal IgG, specific for ToMV.

All samples were crushed in extraction buffer containing 1% PVP (polyvinyl pyrrolidone) at a ratio 1:10. Plates were incubated 16 hours at 4° C. After washing three times were added alkaline phosphatase conjugate for ToMV and plates remained four hours at 37° C. We used as a substrate para-nitrophenyl phosphate (Sigma) in diethanolamine buffer (pH 9.8) at a ratio 1mg/1ml. The reaction takes place in daylight and at room temperature. The reaction was stopped with 3N NaOH. The reaction has been measured with Multimode Detector (DTX 880) at a wavelength of 405 nm.

Leaf reflectance, fluorescence, and sample collection for serological analysis have been completed at approximately the same time and on the same subset of leaves for each plant.

Data analysis

Statistical analysis was conducted using the STATISTICA software (Version 6.1, StatSoft Inc. Tulsa, Oklahoma, USA, 2002). The Student's t-criterion was applied for determination of the statistically significance of differences (p<0.05) between the means of sets of the values of the reflectance and chlorophyll fluorescence of control and infected plants. The reflectance analysis has been performed in spectral ranges: green (520-580 nm), red (640-680 nm), red edge (680-720 nm) and NIR (720-770 nm) at ten wavelengths ($\lambda_1 = 475.22$ nm, $\lambda_2 = 489.37$ nm, $\lambda_3 = 524.29$ nm, $\lambda_4 = 539.65$ nm, $\lambda_5 = 552.82$ nm, $\lambda_6 = 667.33$ nm, $\lambda_7 = 703.56$ nm, $\lambda_8 = 719.31$ nm, $\lambda_9 = 724.31$ nm, and $\lambda_{10} = 758.39$ nm) chosen to be positioned uniformly over the investigated ranges [7]. The fluorescence spectra have been analyzed in five characteristic spectral bands: the middle of the forefront, first maximum, middle between first and second maximum, second maximum, and the middle of the rear slope.

Derivative analysis of spectral reflectance was used primarily to locate the position and height of the inflection point of the red edge. The first derivative has been calculated using a first-difference transformation of the reflectance spectrum according to Dawson and Curran, 1998 [11]. In this case, the red-edge peak in the derivative spectra was composed of a peak maximum usually between 680 and 740 nm.

Results

The averaged spectral reflectance characteristics over 25 measurements of the healthy and infected tobacco leaves are shown in Fig. 2. It is seen that the values of SRC of infected with ToMV leaves are higher in the green, red and red edge position (REP) ranges and are lower in NIR. These changes in the reflectance values call for changes in physiological state of the plants.



Fig. 2. Averaged spectral reflectance characteristics of control (thick line) and infected with ToMV tobacco leaves (thin line)

Tomato mosaic virus (ToMV) is one of the highly infectious viruses that are very easily spread from plant to plant by contact. It can survive for long periods in crop debris and on infected equipment. Although this virus affects field crops, it is more often a problem in greenhouse crops where plants are generally grown at a higher density and handled more frequently. ToMV infects a wide range of hosts, including crop plants, weeds and ornamentals.

Table 1.	p-values of the	e Student's	t-criterion	in the case	of tobacco	leaves ir	nfected with	ToMV
		o otaaonto		111 110 0000	01 100000	104100 11	nootoa ma	

Pairs	Control		ToMV
compared	mean	р	mean
λ_1 / λ_{1c}	6,539	0.040	7,345
λ_2/λ_{2c}	6,941	0.003	8,176
λ_3 / λ_{3c}	20,157	0.001	26,627
λ_4 / λ_{4c}	28,684	0.000	32,189
λ_5 / λ_{5c}	26,907	0.001	33,512
λ_6 / λ_{6c}	6,739	0.001	8,764
λ_7 / λ_{7c}	30,717	0.000	38,00
λ_8 / λ_{8c}	53,044	0.411	53,805
λ_9 / λ_{9c}	57,983	0.203	56,691
λ ₁₀ / λ _{10c}	66,935	0.001	61,102

The symptoms caused by ToMV can vary considerably with the strain of virus, time of infection, variety, temperature, light intensity and other growing conditions. Foliar symptoms include mosaic, mottling, leaf distortion (Fig.1) and sometimes leaf death and defoliation.
The changes between SRC of control and infected tobacco leaves were assessed by statistical analysis using the Student t-criterion. The statistical significance (p-level) and means of the sets of data at ten investigated wavelengths are given on Table 1. The SRC of infected with ToMV leaves differed statistically significant (p<0.05) against the SRC of control leaves in eight of investigated wavelengths with the exception of two within the NIR region.

The first derivative analysis of the SRC of control and infected leaves was applied to assess the position of the inflection points in the red edge region. The derivatives of the averaged SRC of two groups in the 680-780 nm range, where the maximums are located, are shown in Fig. 3. The maximum of the derivative of healthy (control) leaves is located at 699.52 nm while for the group of leaves infected only with ToMV the maximums occur at 695.14 nm.



Fig. 3. Maximum of the first derivative on SRC of control and infected with ToMV tobacco leaves

The average fluorescence spectra over 20 controls and 20 infected with ToMV leaves are displayed in Fig. 4. All spectra are normalized to their second spectrum maximum which in this case coincide with the wavelength $\lambda = 738$ nm. Changes in the spectra of infected plants against the controls were predominantly observed in the arising forefront. The curve of the average leaf fluorescence spectra of inoculated plants differed against the control curve significantly within the spectral range 630-740 nm which is a sign of alterations that have occurred in the physiological state of the plants. These results are in agreement with the findings concerning the changes in the leaf spectral reflectance of the same tobacco plants, treated with ToMV.



Fig. 4. Averaged normalized fluorescence spectra of control (thick line) and infected with ToMV tobacco leaves (thin line)

The serological analysis by DAS-ELISA (OD 405 nm) yielded a positive result for presence of an extensive viral infection of the leaf sample of cv. Nevrokop 1146 on the 7^{th} day after inoculation with ToMV. The extinction value of 2.45 is approximately twelve times higher than the negative control value (K-) 0.127. OD is the optical density (absorbance).



Fig. 5. DAS-ELISA of leaf samples from tobacco plants, cv. Nevrokop 1146, infected with ToMV.

Legend: 1 – leaf sample taken on the 7th day after virus inoculation (2.45), 2- healthy plant (0.211), 3 – negative control (0.127), 4 – positive control (1.85), 4 – buffer control (0.073)

Conclusions

This article emphasized the efficiency and sensitivity of the remote sensing techniques, hyperspectral reflectance and chlorophyll fluorescence, for monitoring of the natural resources and preservation of the Earth's ecosystems. Our results demonstrate the great potential of these methods for assessing changes in various biophysical and biochemical properties of plants in response to the adverse environmental conditions, as well as for making timely management decisions for the rational use and preservation of the vegetable ecosystems.

References:

- 1. G o e t z, S. Recent advances in remote sensing of biophysical variables: An overview of the special issue. Remote Sensing of Environment, 79, pp. 145-146, 2002.
- 2. K e r r, J. T. and O s t r o v s k y, M. From space to species: ecological applications of remote sensing. Trends in Ecology and Evolution, 18, pp. 299-305, 2003.
- 3. C o I o m b o, R., M e r o n i, M., M a r c h e s i, A., B u s e t t o, L., R o s s i n i, M., G i a r d i n o, C., and P a n i g a d a, C. Estimation of leaf and canopy water content in poplar plantations by means of hyperspectral indices and inverse modeling. Remote Sens. Environ. 112, pp.1820-1834, 2008.
- Daughtry, C. S. T., Walthall, C. L., Kim, M. S., de Colstoun, E. B., and McMurtrey, J. E. (2000). Estimating corn leaf chlorophyll concentration from leaf and canopy reflectance. Remote Sens. Environ. 74, pp. 229-239.
- 5. Z a r c o-Te j a d a, P. J., M i I I e r, J. R., M o h a m m e d, G. H., N o I a n d, T. L., and S a m p s o n, P. H. Vegetation stress detection through chlorophyll a+b estimation and fluorescence effects on hyperspectral imagery. Journal of Environmental Quality, 31, pp. 1433-1441, 2002.
- G r a c e, J., N i c h o l, C., D i s n e y, M., L e w i s, P., Q u a i f e, T., and B o w y e r, P. Can we measure terrestrial photosynthesis from space directly, using spectral reflectance and fluorescence? Global Change Biology 13, pp. 1484-1497, 2007.
- K r e z h o v a, D., E. K i r o v a, T. Y a n e v, and I. I i e v. Effects of salinity on leaf spectral reflectance and biochemical parameters of nitrogen fixing soybean plants (Glycine max L.), 7th General Conference of the BPU, Greece, AIP Proceedings, ISSN: 0094-243X, pp. 694-699, 2009.
- 8. Meroni, M., Picchi, V., Rossini, M., Cogliati, S., Panigada, C., Nali, C., Lorenzini, G., and Colombo, R. Leaf level early assessment of ozone injuries by passive fluorescence and photochemical reflectance index. International Journal of Remote Sensing, 29, pp. 5409-5422, 2008.
- 9. N o o r d a m, D. Identification of plant viruses-methods and experiments. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, the Netherlands, pp. 207, 1973.
- 10. C I a r k, M. F. and A d a m s, A. N. Characterization of the microplate method of enzymelinked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. Gen Virol, 34, pp. 475-483, 1977.
- 11. D a w s o n, T. P., and P. J. C u r r e n. A new technique for interpolating the reflectance red edge position. Int. J. Remote Sensing, 19, pp. 2199-9, 1998.

SES 2012 Eighth Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, SAFETY 4 - 6 December 2012, Sofia, Bulgaria

ЦИФРОВ МОДЕЛ НА ПЪРВАТА БЪЛГАРСКА СТОЛИЦА И ВОЕНЕН ЛАГЕР НА ХАН АСПАРУХ КРАЙ НИКУЛИЦЕЛ

Иван Димитров

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките e-mail: idimitrov@space.bas.bg

Ключови думи: Хан Аспарух, Онгъл, Никулицел, цифров модел

Резюме: Представен е подход за създаване на цифров модел на първата българска столица и военния лагер на хан Аспарух край с. Никулицел, Румъния. Представени са географски и топографски карти като източник на информация за предложения цифров модел.

DIGITAL MODEL OF THE FIRST BULGARIAN CAPITAL AND KHAN ASPARUH'S MILLITARY CAMP NIAR NIKULICEL

Ivan Dimitrov

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: idimitrov@space.bas.bg

Keywords: Khan Asparuh, Ongal, Nikulitcel, digital model

Abstract: The paper presents an approach to create a digital model of the first bulgarian capital and κhan Asparuh's millitary camp near Nikulitcel, Romania. By the creation of the model are used geographical and topographic maps as information sources.

Въведение

В настояще време става все по-очевидно, че изследването на исторически и археологически обекти, събирането на данни, формализирането и последващият анализ са немислими без използване на компютърна техника, сателитни системи за точно позициониране (GPS), космически методи за дистанционни изследвания и специализиран софтуер за създаване на цифрови модели. Наличието на разнородна информация от различни източници, времеви периоди, точност и достоверност изисква прилагане на комплексни методи за събиране, оценка, класификация, архивиране и анализ на данните.

За правилното пространствено и времево разполагане на събраните данни се предвижда да се създаде ГИС продукт на базата на топографски карти, ръкописи, старопечатни книги, отчети от археологически проучвания, сателитни снимки, цифров модел на релефа и векторни информационни слоеве. През 1981 г. е основана Научна група по аероархеология (Aerial Archaeology Research Group - AARG) [14]. В България аналогични методи и средства използват изследователски колективи от Нов български университет. Софийски университет и институти на БАН (Национален институт по геофизика, геодезия и география, Национален Археологически институт с музей, Институт за космически изследвания и технологии - ИКИТ). В Румъния ползвател на аналогични системи е Института за културно наследство на Румъния в Букурещ (Institutul de Memorie Culturala). Там е разработена и внедрена информационна система за културните паметници на област Тулча. Трябва да се отбележи, че в нея не е отразен военният лагер на хан Аспарух.

Цифров модел на първата българска столица и военен лагер на хан Аспарух

Историческите факти, свързани със създаването на българската държава и периода на управление на хановете Аспарух и Тервел са слабо отразени във византийските хроники и съвременните български исторически изследвания. Византийските хронисти са ни оставили

кратко описание на местонахождението на Аспаруховия военен лагер. Това описание предизвиква много спорове в научните среди. Фортификационното съоръжение край с.Никулицел, област Тулча при устието на р. Дунав, се счита за лагер на хан Аспарух и е първата българска столица на Балканите (Фиг.1). В северната част на лагера (местността Бял камък) се намира съвременна кариера за добив на инертен материал. Част от фортификацията е безвъзвратно унищожена. Подобна съдба са имали и столиците Плиска и Преслав. Варовиковите и мраморни материали от тях са използвани за строителството на жп-линията Варна-Русе и за добив на вар в многобройните варници. В последните няколко години край с. Никулицел се изграждат инсталации за нови енергийни източници и се извършва усилена урбанизация на региона. Тези факти са в основата на идеята за създаване на цифров исторически архив и модел на Аспаруховия лагер край с. Никулицел и запазване на историческото наследство на България. За създаване на цифровия модел ще се използват топографски карти [1-7], цифров височинен модел [8], отчети от археологически проучвания[9,10], старопечатни книги, ръкописи, сателитна информация и снимки. Всеки информационен източник представя с различна степен на подробност военния лагер на хан Аспарух до с.Никулицел. На някои от топографските карти [2,5] лагерът е отбелязан като "Вал на Траян". Фортификацията е изследвана от съвременни български и румънски учени [11, 12,13]. Пълно изследване и картографиране на цялото отбранително съоръжение е извършено през 1917 година от Карел Шкорпил [9, 10]. В отчета за проучването той отбелязва, че Никулицелския лагер е Аспаруховият лагер "Онгъл". Лагерът има обща площ над 50 кв. км. и периметър над 30 км., а вътрешните укрепления (вкл. и дворецът на хана) имат обща площ над 8 кв. км. и периметър над 3,4 км. Това е най-голямото фортификационно съоръжение в историята на българската държавност.

Въпреки извършените изследвания от Карел Шкорпил и от съвременните румънски и български научни екипи, липсва единен информационен продукт, отразяващ първата българска столица и военен лагер на хан Аспарух. Съществуват изолирани архивни информационни единици в хранилища, разпръснати в различни точки на света: САЩ, Румъния, Русия, България, Турция, Гърция, Австрия, Унгария и Сърбия.

Основен източник на информация за Аспаруховия военен лагер представляват географските и топографски военни карти, отразяващи делтата на река Дунав. Сред тях особено значими са румънските и руски военни топографски карти, характеризиращи се с висока точност и степен на подробност. Германските военни карти се явяват обновено копие на румънските топографски карти и потвърждават отбелязаните важни особености [2]. Австроунгарските военни топографски карти от края на 19 и началото на 20 век са първите точни и детайлни свидетелства за местоположението, размера и особеностите на Аспаруховия военен лагер [1].

Делтата на река Дунав се характеризира с голяма динамика и през изминалите векове се е премествала от юг на север. Някой от нейните ръкави са се запълвали с изнесен материал, появявали са се нови ръкави след пролетните наводнения и се е формирала динамична ръкавна структура. Влияние върху делтата има и сеизмичната активност в близки региони. Тази динамика е намерила отражение в много старинни географски и мореходни карти от отминали столетия. Сред тях трябва да отбележим точните и детайлни карти на Пири Реис (Хаджи Мухиддин Пири ибн Хаджи Мехмед, 1480-1555 г.) (Фиг.5) в неговия забележителен труд "Военноморска навигация" (Kitab-и Bahriye) [21]. В картите са отразени ръкави на река Дунав, намиращи се между съвременните градове Тулча и Констанца. Тези ръкави не съществуват към днешен ден, но подтвърждават отразеното във византийските хроники преминаване на река Дунав от армията на Аспарух след сражението край с.Никулицел (вероятно в месността Чилик дере край с.Телита). Този факт на преминаване на реката е повод за много спорове в научните среди за местоположението на Аспаруховия военен лагер. Подобна структура на делтата е отразена и в географските карти на Абрахам Ортелиус (Фиг.2) [20] – (Abraham Ortelius, 1527 – 1598). На тях е отразен триъгълен остров, ограден от река Дунав и Черно море с разположени възвишения в северозападната му част. Островът достига до днешния град Констанца. Интересна карта ни е оставил руският императорски военен топограф ВЕЛТМАН Александр Фомич [1800-1870], който картографира новозавоюваните от империята земи на Бесарабия (Фиг.6) през началото на 19 век [19]. На картата ясно е изобразен ръкав на река Дунав, който се влива до град Констанца. Между него и другите съвременни ръкави е изобразена и надписана месността "остров Певце". Това е ясно свидетелство за точното разположение на въпросния остров, наличие на възвишиния в него и разположения централно военен лагер на Аспарух. То напълно отговаря на отразеното в известните арменски географски хроники от 7-ми век разположение на остров Певки. Подобно разположение е изложил в своя забележителен труд българският професор д-р Георги Балтаков [18].

Особено място сред другите карти заемат румънскити военни топографски карти от началото и края на 20 век. Те се характиризират с голяма детаилност и точност на изобразената информация. Безценни като източник на информация са картите с мащаб 1:20 000 от 1917 г., на които е изобразен външният вал на Аспаруховия лагер край с.Никулицел (Фиг.3), част от вътрешната валова структура и основите на две големи постройки (Фиг.4) с размер 100 на 200 м. [17]. Една от тях е изследвана от Карел Шкорпил, описана в неговия археологически отчет и отбелязана на румънските карти като "Цитаделата". Шкорпил предполага, че това са останките от двореца на Аспарух [10], но навярно и на Тервел (б.а.). Другата постройка е разположена до връх Траян, извън вътрешната валова структура и навярно е използвана за отбранително съоръжение на северната част на военния лагер и за войскова казарма [17]. До този момент не е отразявана в научни изследвания.

Събраната информация от различни картографски източници дава възможност с помощта на "мозаечния метод" да се формира максимално достоверна информационна картина при недостиг на пълна и систематизирана априорна информация. За нейното правилно архивиране и формализиране е необходимо да се създаде комплексна среда за управление на база данни и изобразяване на информационните слоеве. Това ще позволи да се събира необходимата информация за захранване на бъдещия цифров модел, да се формират изисквания към него, да се събират и класират нови данни след създаване на модела.

Заключение

Създаването на цифров модел на първата българска столица и военен лагер на хан Аспарух край с.Никулицел, област Тулча-Румъния, известен като център на историческата местност Онгъл, дава възможност за информационно обобщаване, тематично разполагане в пространството и времето на разнородна по вид, тип и подробност информация. Моделът ще подпомага бъдещи археологически и исторически изследвания, запазване на историческото наследство на България, ще послужи при обучение на нови научни кадри и създаване на други информационни продукти, свързани с военния лагер на хан Аспарух и първата българска столица.





Фиг. 2



Фиг. З



Фиг. 4



Фиг.5



Фиг. 6

Литература:

- 1. Австро-Унгарска топографска карта, мащаб 1:200 000,1901.
- 2. Военна топографска карта, Генерален щаб на Вермахта, мащаб 1:25 000, 1941.
- 3. Военни топографски карти, Генерален щаб на Съветската армия, мащаб 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1 000 000, 1984.
- 4. Карта на Армейски инженерен корпус, картографска служба на САЩ, мащаб 1:250 000, 1956.
- 5. Военна топографска карта, Генерален щаб на САЩ, мащаб 1:250 000, 1943.
- 6. Топографска карта на Румъния, мащаб 1:100 000, 1997 година.
- 7. Карта на с.Никулицел и околностите, Румъния, мащаб 1: 5 000
 - http://bg.wikipedia.org/wiki/Файл:Niculitel_khan_Asparuh_fortress_partial_plan.jpg
- 8. Цифров височинен модел SRTM, ASTER.
- 9. Карта на археологически изследвания и разкопки, Карел Шкорпил, 1917.
- 10. ЦВА, ф.40, оп.II, а.е. 987 (Издадени в сборник: "Научна експедиция в Добруджа 1917, под ред. на проф. П. Петров, Университетско издателство "Св. Климент Охридски").
- 11. L a u r e n t l u, R. Începuturile evului mediu (secolele VII X) la sud de Dunare: Dobrogea si NE Bulgariei, Universitatea Bucurestiy, Facultatea de Istorie, Rezumat, 2010.
- 12. B a j e n a r u, C. Fortificatii minore in spatuil Balcano-Dunarean de la diocletian la Iustinian, Universitatea din Bucuresti, Rezumat, 2010.
- 13. А т а н а с о в, Г. "Българи и хазари през ранното Средновековие", ТанНакРа, София, 2003, стр. 92-113.
- 14. П р а х о в, Н. Международна конференция на Научна група за аероархеология, Българско е-Списание за Археология, 1/2011, http://be-ja.org , 159-162 с.
- 15. Димитров, И. Никулицел-военен лагер на Хан Аспарух, SES 2011, Seventh Scientific Conference with International Participation, Space-Ecology-Safety, Sofia, Bulgaria, 29 November 1 December 2011 (предадено за печат).
- 16. D i m i t r o v, I. Niculitel The First Capital of Danubian Bulgaria, European SCGIS Conference with International Participation, Best practices: Application of GIS technologies for conservation of natural and cultural heritage sites, Sofia, Bulgaria, May 21-23, 2012.
- 17. Топографска карта на Румъния, мащаб 1:20 000, 1917.
- 18. Балтаков, Г. Долината на река Дунав между Джерпад и Черно море през последните триста хиляди години, сп. "Георгафия'21"- ISSN 1312-6628, №4, 2005.
- 19. В е льтман, А. Карта на Бесарабия, 1820
- 20. Ортелиус, А. Атлас на света, 1572.
- 21. Реис, П., Военноморска навигация (Kitab-I Bahriye), 1521.

МОДИФИЦИРАНИ ИНСТРУМЕНТИ И АЛГОРИТМИ ЗА РАБОТА С БАЗА ДАННИ. УЕБ-БАЗИРАНИ СИСТЕМИ ЗА МОНИТОРИНГ НА ОКОЛНАТА СРЕДА

Пламен Тренчев, Мария Димитрова, Румен Недков, Пламен Христов, Марияна Захаринова

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките e-mail: ptrenchev@space.bas.bg

Ключови думи: мониторинг, околна среда, java аплети, база данни

Резюме: За Съвременните уеб-базирани системи за мониторинг са динамични по своя характер. Те дават възможност за многопластово изпълнения на задачи благодарение на ефективно изградената архитектура, осигуряват взаимодействие между различни приложения и сложни структури от данни, предоставят удобен и бърз потребителски интерфейс

Уеб-базираните системи за мониторинг, които са достъпни от произволна точка посредством интернет и които не са ограничени до определена операционна система или конкретен специализиран софтуерен пакет, нито от специфични изисквания за мощна хардуерна конфигурация, в последно време стават все по-популярни в различни сектори. Това изисква създаването на ефективна архитектура на системата сървър – клиент, която да осигури голяма гъвкавост и независимост на системата за мониторинг.

При стандартната архитектура двата основно компонента са клиент и сървър. Ключов елемент от работа по изграждането на една такава система за мониторинг е да се осигури коректното изпълнение на различни задачи като получаването и съхраняването на данни, синхронизиране на базата данни, създаване на бърз е ефективен механизъм за трансформиране на различни пакети данни и др. Ето защо от съществена важност е да се разбере механизма, по който се осъществява обмяната на потока от данни. Сървъра комуникира с клиентските заявки предимно през НТТР протокол най-често посредством серийни Java обекти, правейки по този начин удобно интерпретирането на получените данни от други уеб-базирани приложения.

Това, което е необходимо за потребителя, е предоставянето на бърз и лесен достъп до различен тип данни за околната среда, получени от различни източници, с различна честота и обем. Поради това системата трябва непрекъснато да е в състояние да чете получаваните потоци от данни за околната среда от различните източници и да ги съхранява на различни места. Освен това тя трябва да предоставя уеб-базиран потребителски интерфейс, който да позволява на съответните потребители достъп до архивирана информация посредством инструменти за графична визуализация. Всички тези изисквания и нива на обслужване могат безпроблемно да се осъществят с Јаvа аплет технологията, в резултат на което се получава платформено-независим графичен потребителски интерфейс, достъпен през интернет. Това премахва необходимостта от непрекъснато обновяване, надграждане и управление на приложения, тъй като аплетите се намират на централен сървър и по този начин потребителят винаги използва последната налична версия. Нещо повече, аплетите се изпълняват автоматично от самия потребителски браузър без необходимост от непрекъсната настройка на специфични параметри или променливи.

Тъй като все повече софтуерни приложения улесняват и разширяват уебвъзможностите, Java се превърна в един от най-мощните и гъвкави програмни езици във всички сектори на софтуерните разработки. Това важи особено много за уеб-базираните софтуерни системи и едни от първите направления, в които те са налагат, са мониторинг на околната среда, водите, климата. И не на последно място – Java е сравнително лесен за използване, изключително гъвкав и надежден програмен език, което прави софтуерните разработки по-ефективни. В повечето обектно-ориентирани програмни езици механизмът за зареждане на съответните класове е статичен. Това означава, че конкретен клас се зарежда при стартиране на програмата и след това се съхранява активно в паметта в случай на бъдеща употреба. При динамичните езици, като Java, всеки Java клас може да бъде зареден в Java интерпретатора по всяко време. Обектите, отговорни за зареждането на конкретен клас, прочитат съответния класфайл при първата заявка. Java аплет технологията работи на този принцип, като зарежда необходимия аплет директно върху HTTP протокола.

Аплетите са Java програми, които се стартират в браузър. Името на съответния аплет е поставено в уеб-страница и посочва програмата, която може да го стартира. Когато потребителят извика страницата, аплета автоматично се изтегля от сървъра, на който се намира, и се зарежда на клиентската машина. Тъй като аплета се изтегля през интернет, той се проектира да бъде с малки размери или съставен от отделни модули с цел съкращаване на времето за изтегляне.

Java аплет технологията е част от езика Java и поради това всички необходими класове се намират в стандартен Java архив.

Java Servlet технологията от своя страна осигурява на уеб-разработчиците сравнително прост и същевременно мощен механизъм за разширяване на възможностите на даден уеб сървър. Servlet-а може да се разглежда като аплет, който се зарежда на сървъра. Тя дава възможност да се изграждат платформено-независими уеб-базирани приложения. Почти всички уеб-сървърни продукти поддържат тази технология.

Сървърът е основната компонента в една уеб-базирана система за мониторинг. Той трябва да е надежден, да осигурява широк набор от функции и методи за управление, да позволява бързо зареждане и визуализация на пространствена и описателна информация, както и да дава възможност за кеширане на пакети от данни, което увеличава скоростта на изпълнение и облекчава работата с статична информация.

Друго съществено предимство на уеб-базираната система за мониторинг е, че тя позволява многопотребителски достъп от произволен компютър посредством браузър и интернет. При една добре структурирана архитектура един сървър може да приеме множество заявки и всяка заявка да се третира индивидуално.



Фиг. 1. Трислойна архитектура на уеб-базирана система за комуникация

ИНТЕГРИРАНИ WEB-БАЗИРАНИ СИСТЕМИ ЗА МОНИТОРИНГ НА ОКОЛНАТА СРЕДА

Пламен Тренчев, Румен Недков, Мария Димитрова, Пламен Христов, Ива Иванова, Марияна Захаринова, Деян Гочев

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките e-mail: ptrenchev@space.bas.bg

Ключови думи: ГИС-слоеве, мета-данни, уеб-базирани приложения

Резюме: За да бъдат максимално ефективни, уеб-базираните системи за мониторине трябва да бъдат лесни и удобни за използване от широк кръг потребители, да осигуряват точен анализ и визуализация с помощта на взаимодействащи си инструменти и приложения чрез интернет.

Интегрираните системи за мониторинг на околната среда са комплекс от инструменти, методи и средства за наблюдение и изследване на съществуващите взаимовръзки и измененията в различните компоненти, обусловени от вътрешни и външни най-често нелинейни по своя характер въздействия, в локален и/или глобален мащаб.

Съществува наистина голям потенциал в съвместното използването на уеб-базирани ГИС и он-лайн инструменти за анализ на изображения. Комбинираната мощ от натрупаната база данни посредством техниките за дистанционни изследвания и инструментите за геопространствен анализ с помощта на интернет може значително да редуцира стойността и количеството работа, характерни при традиционните методи за мениджмънт и мониторинг на околната среда.

Интегрирането на уеб-базирани ГИС и инструменти за дистанционни изследвания предоставя значителни предимства спрямо традиционните изследователски методи за мониторинг. Последните използват много големи по обем изображения, което изисква сериозен хардуерен и софтуерен ресурс, както и значително количество време за тяхната обработка и анализ. Само добре обучени специалисти с необходимите познания и умения могат да имат достъп и да боравят с геопространствени данни и изображения посредством специализиран софтуер. От друга страна, уеб-базираната структура акцентира върху потребителски-ориентираните услуги, класифицираните мрежови среди, комуникационните протоколи, клиент-сървър изчислителните модели, което дава уникална дълбочина на получената информация.

Интегрирана уеб-базирана архитектура най-често се постига чрез комбиниране на три компонента на ГИС-услуги: структура от база данни и многослойна услуга на търсене, прецизен информационен дисплей, инструменти за пространствен анализ.

Уеб-базираната структура от данни позволява на потребителя да се ориентира в съдържанието на мета-данните. Тук основното изискване е да се създаде стандартизиран формат за ГИС-слоевете и дистанционните изображения, който да позволява интегрираната им употреба.

Втората компонента изисква наличие на множество интегрирани сървъри за карти и сървъри за изображения. Тук ключовият момент е създаване на ефективен уеб-базиран механизъм за интегрирано представяне на различните по характер изображения, както и клиент-сървър комуникационен протокол.

Инструментите за пространствен анализ са свързващото звено в концепцията за интегрираните уеб-базирани системи за мониторинг. Съществуват множество Java-базирани аналитични инструменти, които имат за цел да осигурят гъвкави и многостранни възможности за сравнителен анализ.

Необходимо е наличието на независима връзка между отделните компоненти в интегрираната система. И тъй като системата е уеб-базирана, и трите компонента е необходимо да бъдат достъпни посредством стандартен интернет браузър, който служи като редактор на изображения с лесен и удобен за използване интерфейс.

Предимствата на интегрираните уеб-базирани системи са няколко: натрупване на различни по характер наблюдения, архивиране и моделиране на данните, удобен потребителски дисплей, дават възможност за анализ и визуализация посредством взаимодействащи си инструменти. За създаването на уеб-базирани модули с аналитични функции софтуерните разработчици е необходимо да изберат универсална програмна среда. Съществуват няколко програмни езика – Java, C#, ActiveX контрол, поддържащи приложения, които не са зависими от платформата. Налице е добър потенциал да се използват тези програмни езици за създаване на многостранни уеб-базирани инструменти за ГИС-анализ и дистанционни изображения. За пълното интегриране на последните, разбира се, е необходимо да се решат няколко технически въпроса. Така например, програмният интерфейс и споделените библиотеки за уеб-базираните ГИС-приложения трябва да са различни от приложенията за дистанционните методи. Уеб-базираните ГИС най-често стъпват на векторни изчисления и взаимовръзката между пространствените характеристики. Програмните приложенията за целите на дистанционните изследвания изискват сложни двумерни графични функции. За ефективната комуникация между тези графични функции и уеб-базираните ГИСмодули е необходимо разработването на стандартизирани програмни интерфейси или обектноориентирани компоненти. Много софтуерни компании и ГИС-разработчици са насочили усилия в последно време за намиране на по-добри решения в тази посока.

Друго предизвикателство е извършването на балансирани изчисления между клиентската машина и сървъра. Тъй като по същество ГИС анализа и процесите на обработка на изображения при дистанционните методи изискват сериозна компютърна мощ, от съществено значение е изборът на машината, която да извърши основните изчислителни задачи. Тук подходите са два – клиентски и сървърен. При сървърният подход се използва сървъра за изпълнение на основните изчислителни задачи. При клиентският подход основните изчислителни задачи. Ма изпълнение на основните изчислителни задачи. При клиентският подход основните изчислителни задачи. При клиентският подход основните изчислителни задачи. При клиентският подход основните изчислителни задачи и пространствените анализи се извършват на клиентската машина. АсtiveX контролите и редица Java-аплети са добър пример за подобен тип решение.

Бързото развитие на цифровите технологии, сателитните комуникации, високоскоростните интернет връзки, многопрофилните цифрови изображения, дистанционните методи за изследване дава възможност да се организират и управляват огромни цифрови ресурси по един изключително бърз и ефективен начин, което от своя страна позволява извършването на надежден и своевременен анализ при мониторинга и управлението на природните ресурси със значително по-ниски финансови параметри. Session 4

Ecology and Risk Management

Chairman: Prof. Garo Mardirossian Secretary: Tsveta Srebrova, MS

THE EU 7FP PROJECT ENCLOSE – PARTNER BALCHIK MUNICIPALITY

Boyko Ranguelov¹, Stoyan Petkov², Nadia Marinova³

¹Mining and Geology University ²Balchik Municipality ³New Bulgarian University e-mail: branguelov@gmail.com

Keywords: CO2 decrease, Balchik, new transport technologies

Abstract: The new and modern tools about CO_2 decrease are discussed from point of view of ENCLOSE Project considering possibilities to apply and perform soft measures and SULP in Balchik city. The last advanced technologies like electric vehicles and combined – electric-gas autos are presented. New technologies like satellite images and Google Earth software are applied to assess the distances between the supplied facilities and the transport routes. CO_2 decrease is assessed by non direct measurements just following methodology of the ENCLOSE leading partners in the filed of urban logistics.

Introduction

The Project **ENCLOSE** (ENergy efficiency in City LOgistics Services for small and mid-sized European Historic Towns) is a part of **IEE** (Intelligent Energy Europe) program. The official starting date is 03rd May 2012, duration: 30 months, Project Coordinator: MemEx Srl, Livorno (Italy), Funding from EU: 75%, Consortium: 16 EU partners from 13 different countries.

The urban energy-efficient transport themes addressed by the project are:

- needs, requirements, options and priorities of European small-/mid-size historic towns, demonstrating and assessing feasible and sustainable solutions leading to tangible and measurable changes in behaviour and impacts of logistics;
- qualifying the demand of Local Authorities and municipalities of European SMHTs for sustainable, energy-efficient urban logistics and freight distribution solutions;
- investigating and assessing the operation of "green vehicles" (FEVs, PHEVs, Bio-gas) and fleets in urban distribution and other logistics schemes with a general purpose to decrease the CO₂ emissions.

The overall objectives of ENCLOSE is raising awareness about the challenges of energy efficient and sustainable urban logistics in European SMHTs and about the concrete opportunities to achieve highly significant improvements and benefits by implementing and operating suitable and effective measures, schemes and framework approaches specifically targeted to such specific urban environments

The Project Objectives and Structure

The Project ENCLOSE objectives are developed in six specifics called SPO: **SPO1**

Implementation of pilot operations in 3 SMHTs: Italy (Lucca), Norway Trondheim), The Netherlands (s'Hertogenbosch);

Feasibility and transferability analysis and implementation of soft measures in 6 SMHTs: Spain (Burgos),Portugal (Almada), UK (Dundee), Romania (Alba Julia), Greece (Serres), Bulgaria (Balchik).

SPO2

Development of Sustainable Urban Logistic Plans (SULPs) in the overall 9 ENCLOSE forerunner and follower towns

SPO3

Building up a suitable and usable framework for the definition of Sustainable Urban Logistics Plans for SMHTs. Building upon the outcomes obtained under SPO1, this is a core specific objective of ENCLOSE, which will lead to a key usable tool for European towns.

SPO4

Promoting and enhancing the networking of SMHTs on the themes of sustainable and energyefficient logistics, to facilitate the exchange of experiences, promote and achieve the adoption of Sustainable Urban Logistics Plans.

SPO5

Investigating policy-level issues and defining a suitable strategy to ensure long-term sustainability of the designed framework for Sustainable Urban Logistics Plans for small-/mid-size historic towns.

SPO6

Defining and implementing the most effective communication and dissemination strategy to ensure the maximum visibility of project activities and outcomes in all targeted town logistics areas.

The strategic objectives targeted to the long term development of the European policy are called STO and follow:

STO1

Achieving significant reduction of energy and environmental impacts in European small-/mid-size historic towns

STO2

Promoting awareness and sustainable growth of town logistics businesses and industry **STO3**

Contributing to the EU strategic goal of decarbonising mobility in European cities, in the specific, relevant environment of small-/mid-size historic towns with the respective measures

The ENCLOSE consortium is constructed by 16 partners from 13 EU countries:

Austria, Bulgaria, Greece, Ireland, Italy, Norway, Poland, Portugal, Romania, Spain, Sweden, The Netherlands, UK.

The consortium actions program requires forerunner (pilot) towns and follower (learner) towns): Forerunner (pilot) towns:

Lucca (Municipality), Trondheim (Posten Norge), s'Hertogenbosch (Municipality);

Follower (learner) towns:

Burgos (Association Plan Strategico), Almada (Municipality), Dundee (Municipality), Alba Julia (Municipality), Serres (Municipality), Balchik (Municipality)

Participating Agencies/Universities:

Energi Kontor Sydost (Energy Agency), Tipperary Energy Agency, Austria Tech (Technology), ILIM (Logistics);

Association:

EATHR (Historic Towns Association);

Specialized Companies:

MemEx (management, Coordination and Technical issues), MCOMM (Communication and marketing)

The ENCLOSE project actions are organised into 7 Work packages:

- 1 concerning Project Management and coordination (WP1)

- 4 (core packages **WP2-WP5**) covering the Key Project Activities aimed at good practice demonstration, evaluation, transferability and experience sharing

- 2 (WP6 and WP7) implementing the appropriate Communications, Dissemination and IEE concentration activities

The respective **WP's** and their tasks are:

- **WP1** - Project Management and Coordination (MemEx):

T1.1 - Consortium and project management (MemEx)

T1.2 - Financial control and reporting (MemEx)

T1.3 - Monitoring and evaluation of project progress/results and dissemination activities (MemEx)

T1.4 - Reporting and quality assurance (AustriaTech)

- WP2 - Energy efficient urban logistics in SMHTs: situation, needs and challenges (ILIM)

T2.1 - Review and assessment of European situation (ILIM)

(This task makes the review of existing real application and European project results)

T2.2 - Stakeholders goals and User Needs Analysis (Lucca)

(The methodology of User Needs Analysis (also for defining the stakeholders goals and town objectives) is mainly based on the work already made in Lucca towns in the past years. In T2.2 each involved towns, following a common data collection, will define its "baseline" that will be the start point

for supporting the SULP production (WP03 part 2), the evaluation process (to be carried al local level, WP03 part1) and the cross evaluation (WP05).

T2.3 - Challenges, opportunities and priorities (Almada)

(This task will set up the scenario in terms of challenges and main opportunities that will be used in WP03 and WP04.)

- **WP3** - Improving energy efficiency of urban logistics in SMHTs: piloting, assessment, transferability and development of SULP (Lucca)

T3.1 - Pilot implementations and showcasing (Forerunner towns operations) (Lucca)

(Pilot implementations and showcasing in Forerunner towns, aims to develop pilot operations, data collection and demonstration/activation of new logistics services in the 3 Forerunners towns of Lucca, Trondheim and s'Hertogenbosch.)

T3.2 - Feasibility and Transferability analysis (Follower towns operations) and implementation of soft measures (Burgos)

(This task consists of two specific parts: Part 1 – Development of 6 Feasibility and transferability analysis and Part 2 - Implementation at least 2 soft measures in each Follower site.)

T3.3 - Local assessment of mobility and energy benefits: development of Sustainable Urban Logistics Plans in the 9 ENCLOSE towns (ESS)

(This task consists of two specific parts: i) the local evaluation and assessment of mobility and energy benefits of the identified urban logistics measures and schemes, ii) Development of Sustainable Urban Logistics Plans in the 9 ENCLOSE towns)

- WP4 - Good practice analysis, knowledge sharing and exchange of experiences (DenBosch)

(This WP includes visits to the forerunners and follower towns and best practices exchange)

- WP5 - Evaluation and Policy tools (MemEx)

T5.1 - Cross-evaluation of ENCLOSE energy-efficient urban logistics measures and schemes (ESS)

(Definition of a common validation and evaluation methodology framework based on evaluation categories and indicators as defined from the IEE Common Performance Indicators and on the performance indicators)

T5.2 - Normative frameworks, policy instruments and business models (Dundee)

(Develop methods of identification and actions providing the site common core elements and main differences for application by partners. The results will be a review of the different frame conditions (perspectives: regulatory, policy and business).

T5.3 - SULPs: framework and policy road-map (MemEx)

(Development of a reference framework for the development of SULPs) providing a reference general structure and guidelines.)

T5.4 - Roll-out strategy and recommendations to regional, national and European policy makers (AustriaTech)

(Derive and deliver a set of recommendations to European policy makers at all relevant levels – regional, national and EU related – with indication of a suitable roll-out strategy for the replication of sustainable urban logistics measures in SMHTs throughout Europe)

- WP6 - Evaluation and Policy tools (MCOMM)

T6.1 - Communication strategy and dissemination plan (MCOMM)

T6.2 - ENCLOSE communication and dissemination tools

T6.2.1 - Dissemination through the EAHTR and s'Hertogenbosch networks (EAHTR)

T6.2.2 - ENCLOSE Web Site (Lucca)

T6.2.3 - Other dissemination activities (MCOMM)

T6.3 - Communication and promotion towards non-ENCLOSE European historic towns (DenBosch)

T6.4 - ENCLOSE Final Conference (Burgos)

- WP7 - EACI Dissemination Activities (MemEx)

T7.1 - Contribution, upon request by the EACI, to the development of information material (MemEx)

T7.2 - Participation and/or contribution, upon request by the EACI, to information, training and dissemination events (MemEx)

T7.3 - Delivery, upon request by the EACI, of an update/further input of the action's contribution to the "IEE Common performance indicators" (MemEx)

All these activities need a lot of applications related to the satellite technologies and distant images processing. Balchik municipality and SRIT-BAS have long-lasted cooperation in the filed of distant methods use and applications about many parameters needed by ENCLOSE Project, such like distances measurements, autos travel optimization, exact positions determination of different objects – hotels, restaurants, shops, and other trading supplied facilities. The cooperation with the Association of the Historical towns is essential.

Conclusions

As a follower town Balchik is the only small historical city included in the ENCLOSE project. The CO2 emissions decrease could be reached by several intended measures. Soft measures – such like time limitations in supply transport and/or optimisations of the roads access. Develop and create SULP – as a long term measure including in future introduction of the supply transport industry facilities – such like FEVs, PHEVs, local and/or regional terminals, etc. – is a large accepted possibility of the environmental pollution elimination. The application of distant methods could be an effective measure to optimise the logistics of Balchik.

References:

1.ENCLOSE web page: http://www.eaci-projects.eu/iee/

2. Materials first kick-off meeting, Lucca, 16-17 May, 2012

ПРОМЕНИ В ОКОЛНАТА СРЕДА И СЪВРЕМЕННО СЪСТОЯНИЕ НА ЗАЩИТЕНА ЗОНА "СЕДЕМТЕ РИЛСКИ ЕЗЕРА"

Марияна Николова¹, Георги Железов¹, Стоян Недков¹, Петър Ножаров¹, Юлия Крумова¹, Валентин Николов², Александър Гиков³, Емил Гачев⁴

¹Национален институт по геофизика, геодизия и география – Българска академия на науките ²Геологичен институт – Българска академия на науките ³Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките ⁴Югозападен университет "Неофит Рилски" - Благоевград е-mail: mknikolova@gmail.com

Ключови думи: глобални промени, мониторинг, Седемте Рилски езера

Резюме: В доклада са предстванети междинни резултати от мониторинга на глобалните промени във високите планини на примера на района на Седемте Рилски езера. Изследвани са динамиката и промените в съвременните морфогенетични процеси и хидроклиманичните условия в района на езерата и причините за тези промени, както и последствията от тях за екосистемите.

ENVIRONMENTAL CHANGE AND CURRENT STATE OF THE PROTECTED AREA "SEVEN RILA LAKES"

Mariyana Nikolova¹, Georgi Zhelezov¹, Stoyan Nedkov¹, Petar Nojarov¹, Yuliya Kroumova¹, Valentin Nikolov², Alexander Gikov³, Emil Gachev⁴

¹National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography – Bulgarian Academy of Sciences ²Geological Institute – Bulgarian Academy of Sciences ³Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences ⁴South-West University "Neofit Rilski" - Blagoevsgrad e-mail: mknikolova@gmail.com

Keywords: global change, monitoring, Seven Rila Lakes

Abstract: The paper presents intermediate results from the monitoring of the global changes in high mountains on a case study in the Seven Rila Lakes area. Investigated are the dynamic and change of the current morphogenetic processes and hydro-climatic conditions in the lakes area and the driving forces about these changes as well as the consequences of them for the lakes ecosystems.

Въведение

Изследването на влиянието на глобалните промени върху езерната система на Седемте Рилски езера е извършено въз основа на система от индикатори за състоянието на околната среда, като са определени количествени параметри за: състоянието на околната среда във водосбора на езерата (въздух, вода, почва, биота); динамиката на промените (интензивност, честота и др.); степен на антропогенния натиск в района (туризъм и туристическа инфраструктура, защита на природата икономически въздействия и др.); уязвимост на екосистемите (динамика на процесите на еутрофикация, промени в морфологията, интензивност на ерозионните процеси, промени в нивата на езерата, замърсяване и др.).

Мониторинг и данни

Анализирани са данните от поставените за целта на изследването два логъра за измерване на температурата на въздуха, влажността, атмосферното налягане и точката на

оросяване при хижа "Седемте Рилски езера" (2184 m) и над ез. Сълзата (2535 m). Измерванията се извършват постоянно през интервал от 1 час от 29 юни 2012 г. През периода от 29 юни до края на септември при х. "Седемте Рилски езера" беше поставен и дъждомер на Вилд, но поради изключително горещото и сухо лято през тази година, броят на валежите е незначителен и се отнася почти без изключение за интензивни извалявания.

Измерването на промените в нивата на езерата се извършва ежемесечно посредством рейка в едни и същи точки за всяко езеро. Използвани са данните от ежемесечните наблюдения на основните хидро-химични параметри за 12 показателя с мултиметър HANNA Int. и еднократно опробване за анализ на качеството на водите. Други данни, които са използвани за да допълнят наличната до момента информация са данни от мониторинга на РИОСВ Благоевград за три от езерата (Сълзата, Рибното и Долното) за периода 2004-2011 г. Физикохимичния анализ се отнася за 38 показателя. Проведени са геоморфоложки наблюдения и картиране_в района на езерата в Рила. Извършено е GPS заснемане на терена.

В изследването са използвани още следните източници за геопространствена информация: 1) карти в М 1:25 000, М 1:10 000, М 1:5 000, Туристическа карта в М 1:55 000, Туристическа карта в М 1:50 000, Стопанска карта на района на изследване в М 1: 25 000 и 2) аеро и космически снимки - архивни цветни аероснимки от мултиспектралната камера МКФ-6 (1977 г.); черно-бели аероснимки (1988); цветни аероснимки (2006); цветни аероснимки (2010); цветно (само канали във видимата зона) геореферирано изображение от WorldView-2 (2011), както и архивни снимки от 1977 г., заснети по време на експеримент, извършен по програмата ИНТЕРКОСМОС в края на октомври същата година. Те представляват първото цветно изображение на района на Седемте езера с много висока пространствена разделителна способност. Всички използвани карти са геореферирани. Независимо от оригиналната им проекция, те са трансформирани към международната координатна система UTM зона 34.

Район на изследване

Първите изследвания на български учени в района на езерата са на геоморфолозите Радев (1920), Иванов (1954) и Гловня (1958, 1962, 1968) и те са свързани с описание на глациалните форми в Рила. От по-ново време са трудовете на Велчев (1995, 1999), Балтаков (2004), и др. за отделни райони от Рила и Пирин. Хидроклиматичните изследвания в района са значително по малко. Такива наблюдения са правени от Вълканов (1932, 1938), Иванов (1959, 1964), Воденичаров (1960), Цанков (1985) и др.

Езерната система е разположена в Северозападния дял на Рила, между 2100 и 2500 m н.в. Езерата са свързани с малки потоци и водопади в една езерна система. Най-високо е разположено ез. Сълзата, следвано от ез. Окото, което е най-дълбокото от седемте езера (38 m), Бъбрека и Близнака. Най-голямо по площ и най-заблатено е ез. Трилистника. Под него са разположенени Рибното и Долното, след което водите от езерата се приемат от р. Джерман. Морфометричните характеристике на езерата са представени в Табл. 1.

			1 31 1	,
	Надморска	Площ	Дълбочина	Площ на
Езеро	височина			водосбора
	(m)	(ha)	(m)	(ha)
Сълзата	2535	0,7	4,5	6,62
Окото	2440	6,8	37,5	24,04
Бъбрека	2282	8,9	28	21,84
Близнака	2243	9,1	27	128,7
Трилистника	2216	2,6	6,5	9,07
Рибното	2184	3,5	2,5	165,27
Долното	2095	5,9	11	236,7

Табл. 1. Основни морфометрични характеристики на Седемте Рилски езера (по Трудове..., 1964)

Резултати от анализа на съвременните морфогенетични процеси

Системата на Седемте Рилски езера е разположена в едноименния сложен циркус в границите на Северозападна Рила планина. Този дял на планината представлява високопланински рид и има изток-западно географско положение. На запад и северозапад се понижава стъпаловидно към долината на р. Джерман. Дълбоко разчленен е от р. Джерман и

нейните южни притоци. В резултат на зеледяванията през плейстоцена голяма част от Северозападния дял има типичен алпийски релеф със съответните форми, наслаги и постледникови процеси.



Фиг. 1. Геоложка карта на района на Седемте Рилски езера (по Геоложка..., 1989)

Неотектонското развитие на морфоструктурата на Рила планина, което се характеризира с положителен знак на тектонските движения и етапност е обусловило в сводовите билни части слабо разчленение. Този характер на височинния пояс, съчетан с метаморфитната и гранитоидна основа обуславят почти пълната липса в тази част на планината на типични карлинги с изключение на няколко върха (Харамията, М. Кабул и др). В по-ниските части на Северозападна Рила вертикалното и хоризонталното разчленение на релефа е голямо, като налице е и етажираност на заравнените повърхнини (долината на р. Джерман, циркусът на Седемте езера, Урдините и др.). Важна роля във формирането на мезо и микро форми на релефа в периглациалната зона играе напукаността на скалната основа. По отворени системи от пукнатини се образуват жлебове, които се доразвиват в лавинни улеи (под в. Харамията) и спомагат за активизиране на колувиалните процеси и формиране на сипейно-срутищни валове и шлейфове (Фиг. 1).

Съвременните морфогенетични процеси се обуславят главно от литоструктурните и климатични условия, особено в тази високопланинска обстановка. Тези процеси са основно периглациални. В резултат на мразовото изветряне и под силата на гравитацията, разрушения материал се премества в по-ниските хипсометрични нива на релефа посредством снежни, ледени или водни маси по склона. Повсеместно се проявява солифлукцията (Геоложка...,1989). В последно време, във връзка с глобалните климатични промени, в режима на езерата се наблюдават бързи и деградационни процеси, като еутрофикация, запълване на водните обеми с наслаги (като формиране на делта в езерото Близнака) и др. (Фиг. 2).

С увеличаващия се туристопоток (над 100 000 души/год.) след построяването на седалковия лифт от хижа "Пионерска", се наблюдава увеличение на пътните ровини, които в съчетание с маломощната и слабоспоената елувиално-почвена покривка, водят до бързо ерозионно деградиране на склоновете, билата и междубилните пространства и седловини. В заключение от геолого-геоморфоложка гледна точка, районът на Седемте рилски езера може да се определи като изключително чувствителен на въздействия, както от природен, така и от антропогенен характер.



Фиг. 2. Геоморфоложка карта на района на Седемте Рилски езера (по Николов, 2012)

Съвременните морфогенетични процеси се обуславят главно от литоструктурните и климатични условия, особено в тази високопланинска обстановка. Тези процеси са основно периглациални. В резултат на мразовото изветряне и под силата на гравитацията, разрушения материал се премества в по-ниските хипсометрични нива на релефа посредством снежни, ледени или водни маси по склона. Повсеместно се проявява солифлукцията (Геоложка...., 1989). В последно време, във връзка с глобалните климатични промени, в режима на езерата се наблюдават бързи и деградационни процеси, като еутрофикация, запълване на водните обеми с наслаги (като формиране на делта в езерото Близнака) и др. (Фиг. 2).

С увеличаващия се туристопоток (над 100 000 души/год.) след построяването на седалковия лифт от хижа Пионерска, се наблюдава увеличение на пътните ровини, които в съчетание с маломощната и слабоспоената елувиално-почвена покривка, водят до бързо ерозионно деградиране на склоновете, билата и междубилните пространства и седловини. В заключение от геолого-геоморфоложка гледна точка, районът на Седемте рилски езера може да се определи като изключително чувствителен на въздействия, както от природен, така и от антропогенен характер.

Резултати от метеорологичните и хидрометрични наблюдения

През последните десетилетия не са провеждани систематични хидрометеорологични наблюдения в района на езерата. Същевременно, резултатите от изследванията на Grunewald et al. (2008) за Пирин и на Ножаров (2008) за вр. Мусала в Рила показват, че в тези високопланински райони нарастват средните температури на въздуха и продължителността на вегетационния период, както и случаите с епизодични засушавания. Резултатите от измерванията в района на Седемте рилски езера показват добра корелация на температурата на въздуха с тази на връх Мусала и с температурата на повърхностния воден слой в езерата. Установи се, че нивото на водата в езерата зависи в по-голяма степен от температурата на въздуха, отколкото от валежите. В тази връзка прогнозираното постоянно покачване на температурите ще доведе до спадане на нивото и съответно намаляване на площта и на седемте езера (виж Ножаров в този сборник).

Предварителния анализ на данните за температурата на въздуха за периода от 29 юни до 30 октомври от логъра на х. "Седемте Рилски езера" показва параметрите на метеорологичните елементи през едно нетипично горещо лято, като това на 2012 г. В поголямата част от страната средните месечни температури през юли са между 24 и 28° С. По високите полета и в планинските райони с надморска височина между 500 и 1200 m средните месечни температури са между 21 и 25° С, а по планинските върхове те са между 9.3° С (Мусала) и 18.1° С (Рожен). През целия месец е топло, със средни денонощни температури между 1 и 8° С над месечната норма. За района на Седемте Рилски езера юлската температура на въздуха е с около 4 ° С над нормата, а месечната сума на валежите е около 50% от нормата за юли, а отклоненията през август за температурата са около 3,5-4 ° С, а месечната сума на валежите е от 20 до 50% от нормата (Бюлетин..., 2012). И през септември и октомври температурите в района остават с около 5 ° С над месечната норма. Тази ситуация на екстремно високи температури се отразява и от данните за района на езерата, където на 15 юли средната денонощна температура на въздуха е 20,2 ° С. На фиг. 3 са представени резултатите за средната температура на въздуха и по срокове за х. "Седемте Рилски езера". Денонощния ход на температурата през изследвания период показва, че на 15 юли е измерена най-високата температура в 14h – 23,8 ° C, а най-ниската е измерена на 30 октомври, (-1,8), за същия час.



Фиг. 3. Средни температури на въздуха (месечни и по срокове) за х. "Седемте Рилски езера" през юли-октомври, 2012 г.

По-различна представа за изменението на температурата се получава след обработката на даннитне за температурата на въздуха от измерванията на РИОСВ Благоевград за три езера – Сълзата, Рибното и Долното (Фиг. 4). Тези измервания, макар и еднократни за всеки месец, са правени в диапазон от около 2 часа около 14 h през периода от 2004 г. до 2012 г.



Фиг. 4. Температура на въздуха (2004-2012 г.)



Фиг. 5. Температура на езерната вода (2004-2012 г.)

Тези данни не са представителни достатъчно за да се изгради сериозен анализ върху тях, но те са интересни дотолкова, доколкото отразяват измервания, които са правени паралелно с измерванията на температурата на водата в трите езера. Както личи от Фиг. 5, и тя показва ясен тренд на покачване през този 12 годишен период, а коефициента на корелация за стойностите на температурите на въздуха и водата в езерата представени в Табл. 2, е висок и може да се приеме като индикация за това, че ако температурата на въздуха нараства по начина, по който предвиждат ГКМ и РКМ (виж Ножаров в този сборник), то това повишение ще доведе до бързо покачване на температурата и на езерните води, по-голямо изпарение, съчетано с намаляване на валежите и влошаване на състоянието на езерната екосистема по отношение на биоразнообразието, засилена еутрофикация в следствие и на антрапогенното натоварване в района и сериозна заплаха за състоянието и дори за съществуването на някои от езерата към края на този век.

Езеро	Средна температура на въздуха (2004-2012)	Средна температура на водата (2004-2012)	Коефициент на корелация
Сълзата	14	9,7	0,758282
Рибното	14,8	12,8	0,810979
Долното	15,9	14,5	0,814261

Табл. 2. Средна температура на въздуха и водата на езерата и коефициент на корелация между тях по данни за 2004-2012 г.

На Фиг. 6 е представена промяната в нивата на езерните води за периода юни – октомври, 2012. От нея личи ясно, че понижението на нивата е най-голямо през септември за Рибното, Бъбрека и Окото, през август за Долното, Трилистника и Близнака и през двата месеца, август и септември за Сълзата, като максималните разлики се колебаят в границите на 25-30 ст. Повишаването на нивото на Бъбрека и Рибното през октомври се дължи на обилно изваляване във водосбора два дни преди да се проведе измерването на 30 октомври 2012.



Фиг. 6. Промяна в нивата на езерата (юни-септември, 2012 г.)

Резултати от хидро-химичните наблюдения

Резултатите от физико-химичните анализи на пробите от езерните води на Сълзата, Рибното и Долното за температура, активна реакция, разтворен кислород, наситеност с кислород, електропроводимост, разтворени вещества, БПК5, нитритен азот, фосфати, перманганатен индекс, азот (амониев), хлорофил A са ни предоставени от НП "Рила" и са извършени от РИОСВ Благоевград за периода 2004-2012 г. В докладите се констатира, че всички проби отговарят на нормите за I категория води по Наредба № 7/1986 г. (ДВ бр. 96/12.1986).

Малко по-различни са резултатите от анализа на пробите от, анализирани от нас. Някои тенденции от анализа на тези води дават индикации за причините за бързата еутрофикация на някои от езерата. По време на извършеното теренно проучване са взети проби от Седемте Рилски езера (Долно, Бъбрека, Окото, Сълзата, Трилистника, Близнака и Рибно езеро) и изкуствена влажна зона до хижата. От групата на езерата най-високи са показателите при Долното езеро (0,20 mg/l), което обаче е значително под нормата за води първа категория, която за желязото е 0,5 mg/l.

Забележимо високи показатели, над нормата първа категория води за *нитрити* (NO₂ и NaNO₂) се отчитат при езерата Сълзата, Близнака, Рибното и Долното, съответно 6, 3, 2-3 и 5 mg/l при норма за първа категория 0,002 mg/l. Само при изкуственото, "осмо" езеро се установяват концентрации на *нитратен азот* (NO₃) от 7.30 mg/l при норма от 5 mg/l, а тази на нитритен азот е 2 mg/l. NO₂ е токсичен газ и високо реактивен оксидант и корозив.

Най-високи стойности на *амоняк* (NH₃) се откриват в определени участъци на Рибното езеро от страната на старата хижа, докато в други участъци с висока поточност не се наблюдават такива. *Фосфорните и фосфатни концентрации* са най-високи при езерата Трилисника, Близнака и Рибно. При същите езера се откриват и високите концентрации на *мед и цинк*. Особено ясно изразена е тази тенденция при концентрацията на цинк, съответно 0,97, 1,18 и 1,10 mg/l.

Тези резултати донякъде насочват към възможно обяснение на напредналите еутрофикационни процеси в долната група езера – Трилистника, Близнака, Рибно и Долно, но имайки предвид заключенията на РИОСВ за състоянието на езерните води през последните 12 години, и факта, че горните данни са от еднократно опробване, считаме, че е наложително по-

често опробване и анализи на езерните води за тези показатели за да се направят поаргументирани заключения.

Важен индикатор за процесите свързани с глобалното затопляне във високопланинските региони на света е съдържанието на CO₂ в езерните води. Известно е, че с повишаване на температурата на водата езерата емитират въглероден диоксид в атмосферата и обратно, с понижаване на температурата го поглъщат от въздуха.

В рамките на това изследване бяха опробвани еднократно през ноември водите на езерата за съдържание на $CO_2 \pmod{3}$ и резултатите са следните: Сълзата 4,8, Окото 4,0, Бъбрека 4,0, Близнака 9,2, Рибното 4,0, Трилистника 4,0, Долното 4,8. Не можем да направим, разбира се, изводи за връзката между климатичните промени и тези резултати, но считаме, че е важно тези измервания да се правят системно за да се създаде нужната информация за анализ на тези процеси в бъдеще.

Резултати от приложението на геоинформационни технологии

В изследването са използвани възможностите на съвремените геоинформационни технологии, включително, използването на дистанционни методи, измерването на координати на обекти с GPS апаратура и организирането и управлението на цялата пространствена информация в географска информационна система (ГИС). Като източници на първична информация за района на Седемте езера са използвани както карти в различен мащаб, така и самолетни и сателитни снимки.

За съвременното състояние на района на Седемте езера са използвани части от ортофотоплана на България, заснемане 2006 г. и заснемане 2010 г. Първият е с размер на пиксела 50 cm, а вторият 40 cm. За осигуряване на допълнителна информация от интернет (http://0.stl.prd.lbsp.navteq.com/satellite) е изтеглено сателитно изображение от сензора WorldView-2. Заснето е на 21 ноември 2011 г и са визуализирани само каналите във видимата зона на EMC.

По време на теренните наблюдения е извършено и GPS трасиране на бреговите линии на езерата. От една страна целта е да се нарави по-точна картировка на бреговите линии и така да се изчисли по-точно площта на езерата. От друга страна линиите могат да се използват за визуален контрол на точността на орторектификацията на аероснимки. Трасирането е извършено с едночестотен GPS апарат Magellan Mobile Mapper 6 и последваща обработка на суровите данни.



Фиг. 7. Площта на езерата в декари по данни на на Трудове на ИХМ т.16 "Езерата в България", 1964 и площта изчислена върху ортофотоплана от 2010 г. и данни от теренните наблюдения

Изчислените площи на езерата се различават в известна степен с площите, публикувани в т.16 на трудове на ИХМ, които засега се използват за официални (Фиг. 7). При това разликите не са само в едната посока. Езерата Сълзата и Бъбрека имат площ, която е поголяма от приетата досега, докато останалите пет езера имат площ, която е по-малка от установената преди години (Трудове..., 1964). Въпросът е дали това се дължи на някакви промени в площта им или се дължи на неточните методи на измерване преди. Засега е трудно да се даде категорично мнение по този въпрос, но по-вероятна е втората теза.

Освен това, се установиха значителни промени в състоянието на Рибното езеро, което на аероснимка от 20 октомври 1977 г. е съвсем прозрачно и се вижда дъното на езерото, докато на изображение от 23 септември 2010 г. се вижда ясно, че почти половината от езерното огледало вече е еутрофицирано (Фиг. 8).

Считаме, че тези промени се дължат на отражението на глобалните промени върху тази чувствителна високопланинска екосистема. Оказва влияние и увеличения поток на туристи в следствие на все по-голямата мобилност на гражданите, в т.ч. и от страна на чуждестранните туристи, както и нарасналия антропогенен натиск върху малкия водосбор на езерната система. Същевременно, върху състоянието на околната среда най-вероятно влияят и наблюдаваните промени в климата в тази част на Европа. Ето защо считаме, че обезпечаването на работата по доизграждане на мониторинга и осигуряване на устойчивост на наблюденията в района на Седемте Рилски езера е важно и необходимо.



Фиг. 8. Еутрофикация на Рибното езеро. На първата снимка от 20 октомври 1977 г. се вижда, че южната част на езерото е плитка, но не е заета от водорасли. На втората, заснета на 23 септември, 2010 г. се забелязва, че цялата плитководна част е обхваната от водна растителност

Заключение

Предварителните резултати от изследването пставят необходимостта от изясняване на някои въпроси. Например, на какво се дължи видимата еутрофикация на езерата? Възможните отговори са: 1) На туризма и замърсяването на езерата и на района около тях; 2) На повишаването на температурата на въздуха и на водата; 3) На комбинираното действие на горните две причини.

Друг втпрос, който възниква, е, можем ли на базата на моделите за климатичните промени в тази част на страната да симулираме как ще се променя езерната екосистема и при какви условия ще достигне критичната си точка? За да се доближим до правилните отговори на тези въпроси е много важно да се доизгради и поддържа мониторинга в района на Седемте Рилски езера и да се търси партньорството на всички заинтересовани страни, както на тези, които се грижат за опазването на природата в района, така и на стопанските и управленски субекти, развиващи своята дейност там.

Благодарности

Изследването е проведено в рамките на научно-изследователски проект на тема "Обследване на глобалните промени във високите планини: на примера на езерните райони в Рила в България и Юлийските Алпи в Словения", финансиран от Фонд "Научни изследвания" МОМН.

Литература:

- 1. Балтаков, Г. Глациална морфогенеза във високопланинския пояс на България, свързана с куполен тип ледници. Проблеми на географията, кн. 1-2, 71-79. 2004.
- 2. В е л ч е в , А. Плейстоценските заледявания в българските планини. Год. на СУ, ГГФ, кн. 2 география, т. 87, 53-65. 1995.
- 3. В елчев, А. Глациален и криогенен релеф в част от Мусаленския дял на Рила. Год. на СУ, ГГФ, кн. 2 – география, т. 89, 7-21. 1999.
- 4. В оденичаров, Д. Хидроботанични ситуации върху високопланинските езера в България. Изв. на Ботан. Инст. БАН. т. VII. 279-291. 1960.
- 5. Вълканов, А. Рилските и пиринските езера. Риб. преглед, год. 7, №2. 22-24. 1932.
- Вълканов, А. Хидробиологични проучвания върху някои рилски езера. Год. на СУ, ФМФ, т. 34. 101-145. 1938.
- 7. Гловня, М. Геоморфоложки проучвания в югозападния дял на Рила планина. Год. на СУ, БГГФ, кн. 3 география, т. 51, 66-174. 1958.
- 8. Гловня, М. Проучвания на глациалната морфоскулптура в източния дял на Рила планина. *Год. на СУ, БГГФ, кн.* 3 *география, т.* 55, 1-47. 1962.
- 9. Гловня, М. Глациален и периглациален релеф в южния дял на Средна Рила. Год. на СУ, ГГФ, кн. 2 – география, т. 61, 37-66. 1968.
- 10. И в а н о в , И. Геоморфоложки проучвания в западната част на Северозападна Рила. Изе. на отд. за хим., геол. и геогр. науки, БАН., 1954, т. 2. 7-89. 1954.
- 11. И в а н о в , К. Температурни и хидрохимични проучвания на Смрадливото езеро в Рила през лятото. Хидрология и метеорология, кн. 6. 1959.
- 12. И в а н о в , К. Температурен режим на езерата в Рила през лятото. Природа, кн. 4. 1964.
- 13. Цанков, К. Анализ, оценка и прогноза на състоянието на обкръжаващата среда в регионален и глобален мащаб. Научен отчет по тема в проблем XII. София. 1985.
- 14. G r u n e w a l d , K., J. S c h e i t h a u e r , J.-M. M o n g e t , D. B r o w n . Characterisation of contemporary local climate change in the mountains of southwest Bulgaria. Climatic Change, Springer. 2008.
- 15. No j a r o v, P., Air temperature variability and change at peak Musala for the period 1933-2007, Geography 21, 14-19, Sofia (in Bulgarian).
- 16. Геоложка карта на България в М 1:100 000 (к. л. Благоевград) и обяснителна записка към нея, 1989.
- 17. Трудове на Института по хидрология и метеорология. Езерата в България. Том XVI , ДИ "НИ", София, 1964.
- 18. Бюлетин на НИМХ, юли 2012.

ОЦЕНКА НА ВЪЗДЕЙСТВИЕТО НА ТУРИЗМА ВЪРХУ ЕКОСИСТЕМАТА НА СЕДЕМТЕ РИЛСКИ ЕЗЕРА

Марияна Николова, Стоян Недков, Юлия Крумова, Емилия Кирилова - Чорбаджийска

Национален институт по геофизика, геодезия и география – Българска академия на науките e-mail: mknikolova@gmail.com

Ключови думи: глобални промени, туризъм, Седемте Рилски езера

Резюме: Антропогенния натиск в района на Седемте Рилски езера нараства със застрашителни темпове през последните години. Това поражда редица дискусии в медиите и спорове между представителите на туристическия бизнес и местната власт в близките населени места и природозащитниците в цялата страна. Представените резултати от едно анкетно проучване на общественото мнение по тези въпроси, недвусмислено показват основателната загриженост на туристите, местните жители и учените за екологичното състояние на езерата.

ASSESMENT OF THE TOURIST IMPACT ON THE SEVEN RILA LAKES ECOSYSTEM

Mariyana Nikolova, Stoyan Nedkov, Yulia Kroumova, Emilia Kirilova-Chorbadzhiyska

National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography – Bulgarian Academy of Sciences -Sofia e-mail: mknikolova@gmail.com

Keywords: global change, tourism, Seven Rila lakes

Abstract: The anthropogenic pressure in the region of the Seven Rila Lakes is growing at alarming rates in recent years. This leads to many discussions and disputes between the media, tourism businesses and local authorities in the nearby towns and the environmentalists across the country. The results of the survey of public opinion on these issues clearly indicate the rightful concern of tourists, locals and scientists about the ecological status of the lakes.

Въведение

В хода на теренни изследвания в района на Седемте рилски езера наблюдавахме различни реакции от страна на туристите по отношение на големия туристопоток и замърсяването в района на езерата. Следи от огнища има през няколко метра по бреговете им, а пластмасови чаши и шишета също могат да се видят да плуват във водите им. Наред със съвестните туристи, които ги събират и изнасят от района, има и много такива, които нямат никаква представа за последствията от действията си върху тази чувствителна екосистема. При това не само туристите, но и инвеститорите често предпочитат да не знаят за евентуалните последствия от проектите за изграждане на туристическа инфраструктура в района, като например проекта за нов лифт от гр. Сапарева баня до вр. Кабул и изграждането на луксозна настанителна база там. Мястото се намира в непосредствена близост до ез. Окото. Потока от туристи през юли и особено през август е толкова голям, че хората трудно се разминават по пътеките между езерата. Така пътеките постоянно се разширяват, като се създават условия за активизиране на ерозия и други склонови процеси на мястото на унищожената оскъдна растителност във водосбора на езерата. Друг много очевиден и недопустим проблем за една зона включена в НАТУРА 2000 е това, че целия район около х. "Седемте Рилски езера" и този в съседство на новата хижа "Рилски езера" се заема от къмпингуващи на палатки, които прекарват там от 2 седмици до един месец, главно през август. При това, там няма санитарни условия за подобно струпване на хора и ефекта от това се наблюдава вече с просто око в по-ниско разположените езера и особено в Рибното езеро, в

което еутрофикацията вече заемаше повече от 50% от площта на езерното огледало в края на лятото на 2012 г.

Всичко това породи идеята да проведем анкетно проучване с девет кратки въпроса, които да илюстрират отношението на хората към този проблем и да ни покажат до колко гражданите свързват глобалните промени, в т.ч. и климатичните, с екологичното състояние на езерата и какви препоръки имат те за подобряване на ситуацията, породена най-вече от въвеждането в експлоатация през април 2009 г. на лифта от х. "Пионерска" до х. "Рилски езера", който е с дължина 2136 m и капацитет да превозва по 960 души на час.

Изследователски подход

Проучването беше проведено с три групи респонденти: 1) туристи в района на езерата, 2) жители на гр. Сапарева баня и 3) учени от БАН. Направени са общо 63 анкети в периода юли-септемвли 2012 г.

Целта на анкетата е:

- Да се оцени до колко респондентите намират района на езерата за екологично застрашен и от какво;
- Да се разбере как посетителите оценяват природната красота на това място;
- Да се вземат предвид препоръките на туристите, на местните жители и на учените за опазването на Седемте Рилски езера и за подобряване на условията за туризъм там.

От общо 9 въпроса в анкетата, четири имат за цел да очертаят социалния статус на анкетираните, три въпроса се отнасят за оценка на природната красота на мястото и на екологичните заплахи, които респондентите виждат там и последните два въпроса се отнасят до техните препоръки.

Резултати от изследването

Данните от анкетите показват, че в изследването са взели участие 34 мъже и 29 жени, като от тях 37 са с висше образование, 22 със средно, двама с основно и двама не са посочили. От отговорите на останалите въпроси става ясно, че 40% от анкетираните са били на езерата от 1 до 4 пъти през живота си, 16% са били там между 5 и 10 пъти, 20% - до 20 пъти, 11% са били до 50 пъти и останалите 13% твърдят, че посещават мястото всяка година много пъти. Около 80% от хората са посетили за първи път езерата в периода преди откриването на лифта през 2009 г. Всички запитани са препоръчвали на свои приятели да посетят езерата. На около 30% от тях е известно, че средно по 11 души са последвали съвета им, а останалите нямат представа колко души са го направили. Тези отговори показват донякъде, какъв мултипликационен ефект има посещението на всеки един турист до това място, и колко много нараства интересът към него след споделените впечатления на посетителя.

Изключителната природна красота на това място завладява много силно и емоционално туристите и остава трайни впечатления у тях, които се отразяват и в отговора на въпроса "Ако трябва да оцените природната красота на Седемте Рилски езера каква ще е вашата оценка (от 1 до 6)?", (Фиг. 1).



Фиг. 1. Оценка на природната красота на Седемте Рилски езера

На въпроса «Смятате ли, че езерата са екологично застрашени и от какво?" 99% от запитаните отговарят, че езерата са екологично застрашени, а 1% отговарят, че не знаят. Причината за това отдават на туризма и свързаните с него дейности 66% от хората. Само 9% виждат заплахата за езерата в глобалното затопляне и още 6% и в двете – глобалното затопляне и туризма (Фиг. 2).



Фиг. 2. Оценка на причините за екологичната застрашеност на езерата

По данни на НП "Рила" за туристопотока в района на Седемте Рилски езера през периода от 2003 г. до 2012 г. се установи, че антропогенния натиск върху екосистемата в следствие на туризма е нараснал драстично и последствията от това изглеждат очевидни за всички анкетирани. Това се потвърждава от данните за туристопотоците в района на двете хижи при езерата за периода 2003 -2012 г. представени на Фиг. 3.



Фиг. 3. Туристопоток в района на Седемте рилски езера за периода 2003-2012 г., (по данни от НП "Рила")

От диаграмата личи ясно ефекта от въвеждането на лифта в експлоатация през 2009 г., както и факта, че най-много са туристите в района през август, юли и септември и че техния брой нараства с бързи темпове през последните три години.

Препоръките на хората за подобряване на условията за туризъм и за опазване на езерата могат да се обобщят в 3 групи: 1) такива, които искат да се преустанови работата на лифта, да се забрани къмпингирането в района и да има строг контрол и санкции за нарушителите; 2) такива, които правят конкретни препоръки за по-добри условия за туризъм и опазване на средата и за повишаване на природозащитната култура на туристите; 3) препоръки свързани с практиките на "бялото братство" и това, че не е уместно да се допуска толкова продължителен престой на толкова много хора едновременно в зана, защитена по НАТУРА 2000.

Заключение

Наложително е да се определи капацитета на района да предоставя екосистемни услуги за туризъм и да не се допуска преексплоатиране на защитената зона. Във връзка с това е много важно да се информира местното население в гр. Сапарева баня и в близките населени места за възможните последствия за туризма от замърсяването и глобалното затопляне в чувствителната екосистема на Седемте Рилски езера. Ролята на контрола и санкциите в управлението на защитената зона трябва да се повиши, а природозащитните мерки трябва да отговарят на установените от учените реални заплахи за екосистемата (виж Николова и др. в този сборник).

Благодарности

Изследването е проведено в рамките на научно-изследователски проект на тема « Обследване на глобалните промени във високите планини: на примера на езерните райони в Рила в България и Юлийските Алпи в Словения», финансиран от Фонд «Научни изследвания» МОМН.

Литература:

- В-к Д н е в н и к. Протест срещу лифта до Седемте рилски езера ще блокира улици довечера. http://www.dnevnik.bg/evropa/novini_ot_es/2008/03/18/472283_protest_sreshtu_lifta_do_sedemte_rilski _ezera_shte/
- 2. Задаостане природа. Рилаиски курортите (Паничище). http://forthenature.org/cases/18

МОДЕЛИРАНЕ НА КЛИМАТИЧНИТЕ ПРОМЕНИ В РИЛА И ТЯХНОТО ВЛИЯНИЕ ВЪРХУ СЕДЕМТЕ РИЛСКИ ЕЗЕРА^{*}

Петър Ножаров

Национален институт по геофизика, геодезия и география – Българска академия на науките e-mail: pnojarov@abv.bg

Ключови думи: статистически модели, климатични промени, проекции, Седемте рилски езера

Резюме: Чрез статистическо моделиране са прецизирани Регионални Климатични Модели за района на Рила. Направени са проекции за бъдещия ход на температурите на въздуха и валежите. Оценено е влиянието на тези два елемента върху температурата на повърхностния воден слой и нивата на Седемте рилски езера.

MODELING OF CLIMATE CHANGES IN RILA AND THEIR IMPACT ON SEVEN RILA LAKES

Peter Nojarov

National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: pnojarov@abv.bg

Keywords: statistical models, climate changes, projections, Seven Rila Lakes

Abstract: Regional Climate Models were downscaled for the region of Rila using statistical modeling. Projections for the future course of air temperatures and precipitation were made. The impact of these two factors on the temperature of the surface water layer and the levels of Seven Rila Lakes was assessed.

Въведение

Регионалните Климатични Модели (РКМ) имат за цел да увеличат пространствената резолюция на Глобалните Климатични Модели (ГКМ), за да се постигне по-добро съвпадение с измерените стойности на климатичните елементи в определен район с малки размери. Резолюцията на РКМ в момента достига 25х25 km. Дори такава резолюция, обаче, не е достатъчна за изследване на планинските райони, които са със сложна топография и имат значителни вертикални разлики, които влияят върху климата им. Ето защо е необходимо статистическо прецизиране на тези модели. Техните резултати обикновено симулират някои от основните климатични елементи като температура на въздуха и валежи. Във времево отношение симулациите се отнасят за бъдещ период с използване на определени сценарии. Тези сценарии се базират на настоящи трендове и са свързани с промени в някой от компонентите на системата.

Малко са изследванията за България, които използват РКМ. Всичките те се отнасят за по-голям географски район като примерно източното Средиземноморие, Балканския полуостров или Източна Европа (Farda et al., 2010; Gao, Giorgi, 2008; Kostopoulou et al., 2009; Önol, Semazzi, 2009). Никой от тях обаче не прилага статистическо прецизиране на резултатите от РКМ. Също така се използва подход със само един, вместо повече модели. Има по-голям брой публикации, свързани с ГКМ. Те оценяват влиянието на бъдещите климатични промени върху селското стопанство в България (Alexandrov, 1997a, Alexandrov, 1997b, Alexandrov, 1999,

Изследването е направено по проект "Обследване на глобалните промени във високите планини: на примера на езерните райони в Рила в България и в Юлийските Алпи в Словения"

Alexandrov and Hoogenboom, 2000, Hartig et al., 1997), върху влажните зони (Hartig et al., 1997) и върху водните ресурси (Alexandrov and Genev, 2003, Chang et al., 2002, Knight et al., 2004). Но тези изследвания не включват планините. Статистическото прецизиране на РКМ за територията на България е все още нерешен проблем, въпреки постоянното развитие на ГКМ и РКМ. Също така само частично е решен проблемът за това кой от моделите най-добре описва климата в България. Ето защо е необходима допълнителна работа в тази посока.

Целта на изследването е статистическо прецизиране на РКМ за високите части на Рила (по отношение на температурата на въздуха и валежите), разкриване на връзката между тези климатични елементи и някои показатели на Седемте рилски езера и проектиране на възможни бъдещи изменения.

Данни и методи

На базата на РКМ е направено статистическо прецизиране на техните данни за температурата на въздуха и валежите в станция връх Мусала (2925 м.н.в.). Тази станция има достатъчно дълъг период с наблюдения (започва работа през 1933 г.) и корелациите й с други станции показват, че тя може да се използва като репрезентативна за високия (над 2000 м.) пояс на Рила. Източникът на данни за РКМ е проектът ENSEMBLES. Той покрива територията на Европа и има резолюция от 25 км. по ширина и дължина. За статистическото прецизиране са използвани модели, базирани на множествена линейна регресия (МЛР). Данните от ERA-40 реанализ на ЕСМWF за периода 1961-2000 г. са използвани за калибриране на моделите. Направени са също така проекции за три бъдещи периода – 2015-2024 г., 2045-2054 г. и 2075-2084 г. Сценарият, който се използва е SRES A1B според IPCC Assessment Report 4. Това е умерен сценарий, който включва нарастване на парниковите газове до 2100 г. В Таблица 1 са показани РКМ, използвани за статистическото прецизиране и проектиране на температурите на въздуха и валежите във високия пояс на Рила.

Предикторите в МЛР моделите за температурата на въздуха са данните от РКМ за приземната (височина 2 м.) температура на въздуха и височината на геопотенциална повърхнина 700 hPa (само моделът PROMES няма данни за този показател), а за валежите са общият валеж за секунда, приведеното към морско равнище налягане (моделът CRCM няма данни за този показател) и относителната влажност (моделът RegCM няма данни за този показател). Основният критерий за включването на даден предиктор в модела е коригираният коефицент на детерминация R². Само тези предиктори, които допринасят съществено (покачват коригирания коефицент на детерминация) за качеството на статистическия модел се включват в него. Поради голямото количество предиктори при конструирането на МЛР моделите беше използван и критерий за предпазване от пренапасване (ASE), което би могло да доведе до голяма нестабилност най-вече при проектираните резултати. При валежите допълнително бяха използвани и генерализирани линейни модели (ГЛМ), тъй като те позволяват моделиране на параметри, които нямат нормално разпределение. Валежите показват Гама-разпределение и се моделират подходящо чрез логаритмуване. Също така е използвана и корелация на Спирмън или Пиърсън за оценка на връзката между резултатите от различните модели и реално измерените стойности в изследваните пунктове (Wilks, 2006).

Период 1961-2084	Период 1961-2050
CNRM-Aladin	CRCM
DMI-ARPEGE-HIRHAM	PROMES
ETHZ-CLM	
RegCM	
RACMO	
HadRM3Q0	
HadRM3Q16	

Таблица	1.	Времево	покритие	на	PKM,	използвани	за	статистическо	прецизиране	И	проектиране	на
		температ	урите на в	ъзд	уха и в	валежите.						

Резултати и дискусия

Корелацията между измерените на връх Мусала и изчислените от различните РКМ температури на въздуха е показана в таблица 2. От нея се вижда, че моделите, които найдобре описват този елемент на климата са ETHZ-CLM и DMI-ARPEGE-HIRHAM. Като цяло всички корелационни коефиценти са статистически значими, което показва, че РКМ се справят сравнително добре при описанието на температурата във високата част на Рила. Единствено моделът CNRM-Aladin има сравнително по-ниска стойност. Корелацията между резултатите от статистическото прецизиране на РКМ (съставените МЛР модели) и измерените температури на въздуха в станция връх Мусала са показани в таблица 3. Стойностите разкриват, че най-добре са описани от статистическите модели месеците януари, февруари, април, август и октомври – всички с коефицент над 0,9. Най-лошо са описани месеците юни и юли - стойности под 0,7. И тук всички цифри са статистически значими. Сравнението между двете таблици показва, че коефицентите във втората са по-високи. Това означава, че статистическото прецизиране на РКМ подобрява моделирането на температурата на въздуха във високата част на Рила. И двата използвани предиктора (приземната температура на въздуха и височината на геопотенциална повърхнина 700 hPa) показват приблизително еднаква тежест през различните месеци.

Таблица 2. Корелация на Спирмън между измерените и моделирани от РКМ (базирани на ERA-40 експеримент) температури на въздуха в станция Мусала за периода 1961-2000 г. Статистически значимите стойности са подчертани.

Регионални модели	Станция Мусала
CNRM-Aladin	0.41
DMI-ARPEGE-HIRHAM	0.75
ETHZ-CLM	0.77
RegCM	0.69
RACMO	0.71
HadRM3Q0	0.71
HadRM3Q16	0.7
CRCM	0.68
PROMES	0.64

Таблица 3. Корелация на Спирмън между резултатите от съставените статистически модели (МЛР модели) и измерените температури на въздуха за периода 1961-2000 г. Статистически значимите стойности са подчертани.

	Мусала
Януари	0.94
Февруари	0.91
Март	0.87
Април	0.91
Май	0.86
Юни	0.60
Юли	0.69
Август	0.92
Септември	0.87
Октомври	0.93
Ноември	0.86
Декември	0.73

Средните стойности на измерената и моделирана температура на въздуха на връх Мусала, както и корелацията между тях за периода 2001 – 2011 г. са показани на фиг. 1. Вижда се, че моделираната температура надценява измерените стойности през лятото, първата половина на есента и януари. Подценяването на измерените стойности е най-голямо през пролетта. Отклоненията се движат в рамките на +3,3 (септември) до -3,2°С (април). Най-добро съвпадение има през месеците ноември и декември. Корелацията, която показва възможностите на модела да предвижда междугодишните промени в температурите на въздуха, е най-висока през февруари, юни, август и септември. Като цяло се налага изводът, че съставеният статистически модел работи най-добре през месеците февруари, юни и август.



Фиг. 1. Средни стойности на измерената и моделирана температура на въздуха на връх Мусала за периода 2001-2011 г. и съответната корелация на Пиърсън между тях

Проекциите на средните месечни температури, според съставените МЛР модели, на връх Мусала за три бъдещи десетилетия (2015-2024, 2045-2054 и 2075-2084 г.) са показани на фиг. 2. На нея също така са дадени и средните стойности за базовия период (1961-2000 г.), както и за последните 11 години (2001-2011 г.), за да може да се проследят миналото състояние и текущите трендове. От фигурата се вижда, че устойчиво нарастване на средните температури се очаква през почти всички месеци от годината с изключение на март и ноември, при които ще има лек спад през последното проектирано десетилетие (2075-2084 г.). Най-сериозно нарастване, което се потвърждава и от данните за последните 11 години се очаква през месеците януари, юли, август и септември. Също така прави впечатление и фактът, че покачването на температурите през април, май и юни вече задминава проектираните стойности. Ходът на средногодишните стойности на температурата на въздуха на връх Мусала е показан на фиг. 3. От нея се вижда, че температурите се и ще се покачват равномерно през следващите десетилетия като това покачване ще достигне 3,7°С през десетилетието 2075-2084 г. в сравнение с базовия период 1961-2000 г.



Фиг. 2. Тенденции в средномесечните температури на въздуха според избрания сценарий на връх Мусала



Фиг. 3. Прогнозирана средногодишна температура на въздуха

Корелацията между измерените на връх Мусала и моделираните от различните РКМ валежи е показана в таблица 4. Вижда се, че отново както и при температурите на въздуха, моделите, които най-добре ги описват са ETHZ-CLM и DMI-ARPEGE-HIRHAM. И тук всички корелационни коефиценти са статистически значими, но са по-ниски в сравнение с тези при температурите. Това показва, че валежите са по-трудни за моделиране поради тяхната голяма пространствена и темпорална изменчивост, както и поради трудностите при измерването на твърдите валежи, които преобладават във високите части на Рила. Корелацията между резултатите от статистическото прецизиране на РКМ (съставените ГЛМ модели) и измерените валежи в станция връх Мусала са показани в таблица 5. Най-добре описани от статистическите модели са месеците юли, септември и ноември – всички с коефицент над 0,7. Най-лошо са описани месеците май и декември - стойности под 0.5. Всички стойности са статистически значими. Сравнението между двете таблици (4 и 5) показва, че коефицентите във втората са по-високи. Това означава, че статистическото прецизиране на РКМ подобрява моделирането на валежите във високата част на Рила. Трите използвани предиктора (общият валеж за секунда, приведеното към морско равнище налягане и относителната влажност) показват приблизително еднаква тежест през различните месеци.

•	
Регионални модели	Мусала
CNRM-Aladin	0.17
DMI-ARPEGE-HIRHAM	0.41
ETHZ-CLM	0.47
RegCM	0.36
RACMO	0.27
HadRM3Q0	0.33

0.34

0.28

0.28

HadRM3Q16

CRCM

PROMES

Таблица 4. Корелация на Спирмън между измерените и моделирани (базирани на ERA-40 експеримент) валежи в станция Мусала за периода 1961-2000 г. Статистически значимите стойности са подчертани.
Таблица 5. Корелация на Спирмън между резултатите от съставените статистически модели (ГЛМ модели) и измерените валежи за периода 1961-2000 г. Статистически значимите стойности са подчертани.

	Мусала
Януари	0.67
Февруари	0.67
Март	0.61
Април	0.55
Май	0.46
Юни	0.60
Юли	0.72
Август	0.63
Септември	0.80
Октомври	0.61
Ноември	0.74
Декември	0.42

Средните стойности на измерените и моделирани валежи на връх Мусала, както и корелацията между тях за периода 2001 – 2011 г. са показани на фиг. 4. Моделираните валежи надценяват измерените стойности през първата половина на пролетта, юни и през зимата. Подценяването на измерените стойности е най-голямо през август. Отклоненията са от +43 (юни) до -33 мм (август). Най-добро съвпадение има през месеците февруари и ноември. Корелацията, която показва възможностите на модела да предвижда междугодишните промени във валежите, е най-висока през февруари, юни и август. От тук се налага и изводът, че съставеният статистически модел работи най-добре през февруари.



Фиг. 4. Средни стойности на измерените и моделирани валежи на връх Мусала за периода 2001-2011 г. и съответната корелация на Пиърсън между тях

Проекциите на месечните валежни суми, според съставените ГЛМ, на връх Мусала за три бъдещи десетилетия (2015-2024, 2045-2054 и 2075-2084 г.) са показани на фиг. 5. На нея също така са дадени и средните стойности за базовия период (1961-2000 г.), както и за последните 11 години (2001-2011 г.). Вижда се, че трендовете са много разнопосочни. Потвърден (от данните за последните 11 години) тренд на намаление има само през юни, като

прогнозните нива за бъдещите десетилетия са над тези в настоящия момент. За повече месеци (март, май, септември, октомври) е характерно първо нарастване на валежите до десетилетието 2045-2054 г. и след това спад. Базирайки се само върху резултатите от проекциите увеличение на валежите се очаква през февруари, април и декември, а намаление – през януари, юни, юли, август, септември, октомври. Вижда се, че при взимане под внимание само на резултатите от използвания сценарий по-скоро се очаква намаление на валежните количества.



Фиг. 5. Тенденции в средномесечните валежни количества според избрания сценарий на връх Мусала

Ходът на осреднените годишни валежни суми за изследваните периоди на връх Мусала е показан на фиг. 6. От нея се вижда, че до десетилетието 2015-2024 г. съгласно избрания сценарий, годишните валежни суми ще се увеличават (с до 93 мм. в сравнение с базовия период 1961-2000 г.). След това се очаква спад, който ще доведе до намаление на годишните валежни суми с около 80 мм.



■ 1961-2000 ■ 2001-2011 ■ 2015-2024 ■ 2045-2054 ■ 2075-2084

Фиг. 6. Прогнозирани средногодишни валежни количества

Корелациите между температурите на въздуха на връх Мусала, билото над езерото Сълзата и хижа Седемте езера през лятото и есента на 2012 г. са показани в таблица 6. Вижда

се, че всичките са статистически значими и доста високи като стойности. Отдалечеността на връх Мусала оказва влияние на връзките, което се проявява в малко по-ниските коефиценти. Но при всяко положение те са достатъчно високи, което дава основание данните за температурите на въздуха на връх Мусала да се използват и при изследванията в района на Седемте рилски езера.

Таблица 6. Корелации между среднодневните температури. Статистически значимите са подчертани.

х.Седемте езера-вр.Мусала (29.06-29.10.2012)	0.95
Било-вр.Мусала (18.07-22.11.2012)	0.97
х.Седемте езера-Било (18.07-29.10.2012)	0.98

На фиг. 7 са показани разликите в температурите на въздуха между връх Мусала и двете точки в района на Седемте рилски езера. Вижда се, че ходът на температурите е синхронен. Разликите намаляват в посока към есента, което се дължи на намалението на вертикалния температурен градиент при по-студена атмосфера. Допълнителен фактор при хижа Седемте езера е и разположението й в негативна релефна форма, което при антициклонални студени обстановки допринася за допълнително изстиване на въздуха и съответно намаление на вертикалния температурен градиент. Като цяло този ход на температурите на въздуха също дава основание за използването на измерванията на връх Мусала за изследвания в района на Седемте рилски езера.





В таблица 7 са показани връзките между температурата на въздуха и температурата на повърхностния воден слой във всяко езеро през лятото и есента на 2012 г. Вижда се, че корелациите са статистически значими и с доста високи стойности. Изключение правят измерванията на 29.06 в двете горни езера (Сълзата и Окото). На тази дата те все още съдържат голямо количество лед, който държи температурата на водата им доста ниска и тя се разминава съществено с температурата на околния въздух. При изваждането на това измерване се вижда, че коефицентите стават подобни на тези в другите езера. Като цяло се налага изводът, че съществува добра връзка между температурите на въздуха и на повърхностния воден слой в Седемте рилски езера, което дава възможност и за използването на данните от връх Мусала при изследванията на температурата на водата в езерата. Корелациите между температурите на въздуха и валежите на връх Мусала и нивата на седемте рилски езера през лятото и есента на 2012 г. са показани в таблица 8. Личи, че валежите имат провопропорционална, но статистически несъществена връзка с нивата на езерата. Единствено езерото Окото излиза от тази тенденция. Причина за това е първият период на измерване, когато имаме изключително ниски валежни суми, но нивото на езерото не спада, което се дължи на бавното разтопяване на леда в него. То е и едно от най-дълбоките езера и процесът по освобождаването му от леда през лятото е най-бавен и продължителен. Връзките между температурите на въздуха и нивата на езерата са обратнопропорционални, статистически незначими. Като цяло стойностите са по-малки в сравнение с тези за валежите. Това показва, че валежите имат по-силно влияние върху нивата на езерата отколкото температурата на въздуха.

	ТвъзМусала-Твод	Твъз7езера-Твод
Сълзата	0.78	0.65
Сълзата(без 29.06.2012)	0.94	0.91
Окото	0.75	0.67
Окото(без 29.06.2012)	0.97	0.92
Бъбрека	0.92	0.92
Близнака	0.86	0.95
Трилистника	0.92	0.97
Рибно	0.82	0.87
Долно	0.97	0.84

Таблица 7. Връзки между температурата на въздуха и температурата на водата в Седемте рилски езера (статистически значимите са подчертани).

Таблица 8. Корелации между нивата на езерата и температурите на въздуха и валежите (статистически значимите са подчертани).

	Долно	Рибно	Трилистника	Близнака	Бъбрека	Окото	Сълзата
разлика в нивата-валеж (вр.Мусала)	0.34	0.28	0.43	0.41	0.42	-0.06	0.52
разлика в нивата-температура на въздуха (вр.Мусала)	-0.26	-0.13	-0.02	-0.09	-0.07	-0.09	-0.59

Също така бяха съставени МЛР модели за всяко от езерата, в които предикторите са валежите и температурата на въздуха, а зависимият елемент са нивата на езерата. Резултатите за лятото и есента на 2012 г. са показани в таблица 9. Коригираният коефицент на детерминация R² е достатъчно висок при всички езера. Статистически значим е, обаче, само за езерата Долно, Близнака и Сълзата. Като цяло броят случаи, които бяха използвани при статистическото моделиране е все още твърде малък. С натрупването на информация моделите ще станат по-прецизни. Но и на този етап се вижда, че те могат достатъчно добре да описват и прогнозират нивата на изследваните езера. Това е показано и на фиг. 8.1 и 8.2. Прогнозите на моделите за нивата на езерата за периодите след 19.07 са достатъчно точни. Съществени разлики има само през периода 29.06-18.07. Прогнозираните нива са доста пониски от реално измерените. Това се дължи на все още наличен топящ се сняг, който подхранва езерата с допълнителни количества вода. Т.е. в този период фактори за нивата на езерата не са само температурата на въздуха и валежите. Допълнителните изчисления за разликата между моделираните и измерените нива показаха, че притокът от топяща се снежна вода се равнява на около 30 мм валеж и е приблизително еднакъв и за седемте изследвани езера. Това е допълнително доказателство, че съставените статистически модели работят добре и ще могат да се използват за прогноза на водните нива.

Таблица 9. Коригиран коефицент на детерминация R² за МЛР моделите за зависимостта на нивата на езерата от тепмературите на въздуха и валежите. Статистически значимите са подчертани.

	Долно	Рибно	Трилистника	Близнака	Бъбрека	Окото	Сълзата
19.07-23.11.2012	0.998	0.895	0.934	0.997	0.636	0.834	0.998



Фиг. 8.1. Прогнозирани от МЛР моделите и измерени нива на езерата през лятото и есента на 2012 г.



Фиг. 8.2. Прогнозирани от МЛР моделите и измерени нива на езерата през лятото и есента на 2012 г.

Изводи

Основните изводи от изследването са:

- РКМ описват добре температурите на въздуха и до определена степен валежите във високите части на Рила.
- Статистическото прецизиране с използване на много модели и предиктори подобрява резултатите и проекциите.
- РКМ моделите, които се представят най-добре и при температурите на въздуха, и при валежите в Рила са ETHZ-CLM и DMI-ARPEGE-HIRHAM.
- Проекциите, базирани на сценария SRES A1B показват, че средната годишна температура на връх Мусала ще се покачи към десетилетието 2075-2084 с около 3,7°C в сравнение с настоящите нива. Това покачване ще се случва през почти всички месеци от годината, най-силно през лятото и януари.

- Годишните валежни суми на връх Мусала първо ще се покачват до десетилетието 2015-2024, а след това ще спадат. Като цяло не се очаква особено изменение в техните стойности. Тенденциите при месечните суми са разнопосочни и непотвърдени от данните за последните 11 години. Единствено през юни има потвърдено намаление на валежите.
- Резултатите от измерванията в района на Седемте рилски езера показват добра корелация на температурата на въздуха с тази на връх Мусала и с температурата на повърхностния воден слой в езерата. Вижда се и, че нивото на водата в езерата зависи основно от валежите и температурата на въздуха. В тази връзка прогнозираното постоянно покачване на температурите ще доведе вероятно до спадане на нивото и съответно намаляване на площта и на седемте езера. Силата на влиянието на температурата на въздуха, обаче, все още предстои да бъде доуточнена чрез набиране на допълнителна информация.

Литература:

- 1. A I e x a n d r o v, V (1997) GCM climate change scenarios for Bulgaria. Bulgarian Journal of Meteorology and Hydrology 8(3–4): 104–120.
- 2. A l e x a n d r o v, V (1997) Vulnerability of agronomic systems in Bulgaria. Climatic Change, Vol. 36, 1-2: 135-149. DOI: 10.1023/A:1005309911597
- 3. A I e x a n d r o v, V (1999) Vulnerability and adaptation of agronomic systems in Bulgaria. Climate Research, Vol. 12: 161–173.
- 4. A I e x a n d r o v, V, Hoogenboom G (2000) The impact of climate variability and change on crop yield in Bulgaria. Agricultural and Forest Meteorology, Vol. 104, Issue 4: 315-327. doi:10.1016/S0168-1923(00)00166-0
- 5. A I e x a n d r o v, V, Genev M (2003) Climate Variability and Change Impact on Water Resources in Bulgaria. European Water, 1/2: 25-30.
- 6. C h a n g, CH, Knight G, Staneva MP, Kostov D (2002) Water resource impacts of climate change in southwestern Bulgaria. GeoJournal 57: 159–168. DOI: 10.1023/B:GEJO.0000003611.11187.5c
- 7. Climate change 2007 (2007) IPCC Fourth Assessment Report, http://www.ipcc.ch/
- F a r d a, A, Déué M, Somot S, Horányi A, Spiridonov V, Tóth H (2010) Model ALADIN as regional climate model for Central and Eastern Europe. Studia Geophysica et Geodaetica, Vol. 54, 2: 313-332 DOI: 10.1007/s11200-010-0017-7
- 9. G a o, X, G i o r g i F (2008) Increased aridity in the Mediterranean region under greenhouse gas forcing estimated from high resolution simulations with a regional climate model. Global and Planetary Change, Vol. 62, Iss. 3–4: 195–209 DOI: 10.1016/j.gloplacha.2008.02.002
 10. Hartig EK, Grozev O, Rosenzweig C (1997) Climate change, agriculture and wetlands in Eastern Europe: vulnerability, adaptation and policy. Climatic Change, Vol. 36, 1-2: 107-121. DOI: 10.1023/A:1005304816660
- 11. K o s t o p o u I o u, E, T o I i k a K, T e g o u I i a s I, Giannakopoulos C, Somot S, Anagnostopoulou C, Maheras P (2009) Evaluation of a regional climate model using in situ temperature observations over the Balkan Peninsula. Tellus A, Vol. 61, Iss. 3: 357–370 DOI: 10.1111/j.1600-0870.2009.00389.x
 12. Knight G, Raev I, Staneva MP (2004) Drought in Bulgaria: a contemporary analog for climate change. Ashgate studies in environmental policy and practice, ISBN 0 7546 4215 1
- 13. Ö n o I, B, Semazzi FHM (2009) Regionalization of Climate Change Simulations over the Eastern Mediterranean. Journal of Climate, 22: 1944–1961. DOI: 10.1175/2008JCLI1807.1
- 14. W i I k s, DS (2006) Statistical Methods in the Atmospheric Sciences, Volume 91, Second Edition (International Geophysics), Elsevier.

РЕКОНСТРУКЦИЯ НА ГЛОБАЛНИ НАПРЕЖЕНИЯ, ОСНОВАНА НА ДАННИ ОТ СЕРВИЗНО-ОРИЕНТИРАНИ АРХИТЕКТУРИ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЗЕМНАТА КОРА

Рангел Гюров

Нов български университет e-mail: rgjurov@nbu.bg

Ключови думи: ротационна геодинамика, данни от сервизно-ориентирани архитектури

Резюме: Главната цел на настоящето изследване е да се предложи теория за интерпретиране на динамичното поведение на земната кора чрез използване на сервизно ориентирани архитектури.

RECONSTURCTION OF GLOBAL TENSIONS BASED ON SERVICE ORIENTED INFORMATION ARCHITECTURES FOR STUDYING OF THE EARTH CRUST

Rangel Gjurov

New Bulgarian University e-mail: rgjurov@nbu.bg

Keywords: rotational geodynamics, service oriented information architecture datas

Abstract: The purpose of this report is to to propose a theory of interpretation of the dynamic behavior of the crust based on service oriented information architectures for studying the dynamic behavior of the Earth's crust.

Въведение

За изследването и решаването на сериозен научен проблем се налага използването на относително голям брой информационни системи, които на практика представляват компоненти на една система.

Всяка система се стреми да намали броя на изграждащите я елементи с цел увеличавана на устойчивостта си. С оглед именно на гарантиране на такава устойчивост би могло да се разглежда цялата система като единно цяло - една архитектура.

Предимствата на архитектурния подход се изразяват в повишаване на ефективността на съществуващите системи (компоненти), по-лесно интегриране и управление, бърза реакция за вземане на решения, намаляване на общите разходи за внедряване и функциониране на системите (компонентите).

От научна гледна точка под сервизно ориентирана архитектура (COA) можем да прием сбора от елементи - системи, предоставящи информация (услуга) за вземане и изпълнение на решения.

Сервизно ориентираните структури се използват най-често при технологични неутрални компоненти (елементи) за опростяване на интероперативността и повишаване на значението на IT инфраструктура.

В СОА се дефинират компонентите, процесите, последователността на действията, адресите (бенефициентите), хард и софтуер, конвертори на информацията (потока) между компонентите и решенията.

Модел на СОА за изследване на динамиката на земното кълбо

Компоненти:

- Глобална дистанционна позиционираща система (GPS) [1];
- Глобална геодезична система за наблюдение на земното кълбо;
- Сеизмична наземна мрежа;
- Система за бърза реакция;
- Система ОАЗИС [2];
- Система от потребители [3, 4].

Функции на компонентите:

- Глобалната дистанционна позиционираща система предоставя данни за преместванията на репери, разположени по цялото земно кълбо. Оператори NASA.
- Глобална геодезична система изгражда мрежата от репери. Оператори САЩ, Русия и др.
- Сеизмична наземна мрежа извършва мониторинг на сеизмични процеси. Оператори -НАСА, ЮЕСЦ, НИГГГ-БАН и др. Може да има както регистрационен характер, така и превантивен.
- Система за бърза реакция предоставя информация за мястото на събитието и неговите характеристики. Оператори локални институции.
- Система ОАЗИС предоставя информации за устойчивостта на сгради и съоръжения. Оператор – локален, глобален.
- Система от потребители (бенефициенти) според оторизацията; дефинират се от нормативни актове в областта на достъп до обществена информация.

Всеки един компонент (елемент) от архитектурата представлява мини-архитектура. Така например, системите ОАЗИС, сеизмичната, за бързо реагиране, GPS и др. са изградени от собствени елементи – най-често от мрежа от сензори; комуникационна връзка за трансфер на данни в реално време; апаратура за преработка на данните в информация и др. [3, 4].

Дискусия Реконструкция на глобални напрежения, основана на данни от СОА

Дистанционните методи на изследване даман възможност за натрупване на голямо количество нови данни за изучаване на Земята [5].

На основата на данните от дистанционите методи за наблюдение на земната кора са представени реконструкции на посоки на опънни и натискови сили и площадки на главни напрежения.



Фиг. 1. Нарушения в Тихи океан, предизвикани от срязващи напрежения. Получените деформации са по причина на посочените напрежения. Ъгълът между главните площадки на напрежения е типичен за подобен род напрегнато състояние.



Фиг. 2. Нарушения в Тихи океан, предизвикани от срязващи напрежения. Реконструкции на напрегнатото състояние. Получената деформация е следствие на опънни напрежения F.



Фиг. 3. Реконструкция на напрегнатото състояние по деформации в Южен Атлантик. Деформации, получени от опънни F, натискови G и срязващи напрежения. Типичен ъгъл между главните площадки. Най-големите деформации са близко до Екватора, където напреженията, предизвикани от ротация са най-големи.



Фиг. 5. Реконструкция на напрегнатото състояние в Централен Атлантик.



Фиг. 7. Реконструкции на напрегнатите състояния в района на Африка.



Фиг. 4. Реконструкция на напрегнатото състояние по деформации в Тихи океан. Успоредните деформации са по причина на опънни напрежения, предизвикали нови деформации от срязващите напрежения. Типичен за подобно деформиране ъгъл α.



Фиг. 6. Реконструкции на напрегнатите състояния в района на Европа.



Фиг. 8. Векторите на силите описват конус. Осите на опънните и натисковите сили описват конус в рамките на 15⁰ по отношение на оста на въртене на Земята.



Фиг. 9. Сили, предизвикващи сплескаността на Земята в полюсите.

Получените глобални нарушени структури се напрягат и деформират многократно, предизвиквайки ефекти на субдукция, колизия, дивергенция и др.

Земното кълбо е търпяло промени едновременно във вертикална и в хоризонтална посоки, но без значимо придвижване (дрейф на континентите), както е описано в Тектоника на плочите. В нарушените структури личат реликтови деформации (сателитните снимки), които не могат да бъдат обяснени с Тектоника на плочите.

Корелации на епицентровете на земетресения с линии на срязващи напрежения

Представени са корелации между епицентровете на станали земетресения и линии на срязващи напрежения. Данните са Южноевропейския сеизмологичен център. С червени точки са отбелязани епицентрове на станали земетресения в рамките на едно денонощие.



Фиг. 10. Линия на срязващи напрежения – Италия. Епицентровете на земетресенията са по една права линия. В този момент напреженията са били по оста на Италия.



Фиг. 11. Линия на срязващи напрежения и епицентрове на земетресения. Ако продължим линията на срязващите напрежения на северозапад, тя ще съвпадне с деформация в Атлантически океан. Това е доказателство за еднакъв произход на деформациите и единна глобална посока на напреженията.



Фиг. 12. Деформация на земната кора. Деформацията е възможна само при наличие на пластични свойства на земните пластове. Това противоречи на представите, породени от теорията за тектоника на плочите.



Фиг. 13. Реологични свойства на пластовете – Южна Америка. [РБ - Америка]



Фиг. 14. Посоки на деформиране на земната кора към голяма депресия. Тя е причината за нарушеното равновесно състояние и появата на земетресение, а не подпъхване на една плоча под друга.



Фиг. 15. Изолинии на еднакви деформации.



Фиг. 16. Реконструкция на напрегнато състояние по съществуващи деформации и епицентрове на земетресения.



Фиг. 17. Реконструкция на напрегнато състояние по съществуващи деформации и епицентрове на земетресения.



Фиг. 18. Реконструкция на напрегнато състояние по съществуващи деформации и епицентрове на земетресения.



Фиг. 19. Реконструкция на напрегнато състояние по съществуващи деформации и епицентрове на земетресения – България. Епицентрове на земетресенията по линията са станали в рамките на часове, т.е причинени са от срязващи напрежения.



Фиг. 20. Корелация на срязващите напрежения и Вранчанското огнище



Фиг. 21.Срязващи напрежения и земетресения. Станали земетресения по срязващи напрежения.



Фиг. 22. Срязващи напрежения и земетресения



Фиг. 24. Срязващи глобални напрежения и земетресения



Фиг. 26. Срязващи напрежения. Векторите се пресичат в една зона – зона на потъване. Реологични свойства на пластовете



Фиг. 28. Глобални площадки на срязващи напрежения



Фиг. 23. Срязващи глобални напрежения и земетресения



Фиг. 25. Срязващи глобални напрежения и земетресения



Фиг. 27. Площадки на срязващи напрежения и земетресения



Фиг. 29. Площадки на главни срязващи напрежения



Фиг. 30. Площадки на главни срязващи напрежения



Фиг. 31. Площадки на срязващи напрежения



Фиг. 32. Срязващи напрежения

Заключение

Съвременните космически технологии предоставиха възможността за натрупване на нови факти за динамичното поведение на земната кора. Опитите да се обяснят новите данни с общоприетата теория на плочите доведоха до нови проблеми. Идеята да се намери непременно отговор в тази теория задържа развитието на глобалната геотектоника. В последните години много учени търсят отговор на новите факти, чрез нови хипотези и теории, което спомогна да се породи нов клон Ротационна геодинамика [6, 7, 8, 9]. Приближаваме се към идея да се отрече напълно съществуващата теория на плочите, независимо от големия й принос за развитието на Геологията.

Литература:

- 1. NASA, GPS Time Series
 - <http://sideshow.jpl.nasa.gov/mbh/series.html>
- 2. С п а с о в, Е. 2005. Системата "OASIS". Симпозиум "Бедствия, страхове, реалост". НБУ.
- 3. Берберова, Р., Р. Гюров, Х. Харизанов. 2006. Система за ранно оповестяване на природни бедствия. Сборник с доклади от VI-ти международен симпозиум "Екология – устойчиво развитие". Враца. 280-283
- 4. К о с т о в а, Д., Р. Б е р б е р о в а. 2010. Екология и геоинформационни системи (ГИС). Годишната международна научна конференция "Екологизация 2009". сп. "Екологично инженерство и опазване на околната среда" специализиран брой.102-106.
- 5. М а р д и р о с я н, Г. 2003. Аерокосмически методи в екологията и изучаването на околната среда. Част 1. изд. Проф. Марин Дринов. София. 208.

- 6. G u r o v, R., B. R a n g u e l o v. 2007. The corkscrew theory a new mechanism of the solid Earth geodynamics. Rotational processes in geology and physics. Geological Faculty of Lomonosov Moscow State University. Institute of Volcanology and Seismology. Far East Division Russian Academy of Science. Moscow. KomKniga. 411-431.
- 7. У с т и н о в а, В. Н., В. Г. У с т и н о в, С. В. В а с и л ь е в. 2007. Роль ротационных сил в формировании структур центрального типа. Ротационые процессы в геологии и физике. Геологический факультет Московского Государственного Университа Ломоносова. Институт Вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения РАН. Москва. 287-296.
- 8. Хаин, В., А. Полетаев. 2007. Ротационная тектоника: предистория, современное состояние, перспективы развития. Ротационые процессы в геологии и физике. Геологический факультет Московского Государственного Университа Ломоносова. Институт Вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения РАН. Москва. 17-38.
- 9. Берберова, Р. 2010. Геодинамичен модел за движението на Южна и Северна Америка. Сборник с доклади от научна конференция с международно участие "Космос, екология, нанотехнологии, сигурност" SENS'2009. БАН. 231-236.

МОНИТОРИНГ И ПРЕВЕНЦИЯ ОТ ЕКОЛОГИЧНИ БЕДСТВИЯ ЧРЕЗ ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЗЕМНО-НАСИПНИ СЪОРЪЖЕНИЯ НА РЕЧНИ КРАЙБРЕЖИЯ И МИКРОЯЗОВИРИ ЧРЕЗ ГЕОРАДАР

Ралица Берберова, Георги Петров, Ласко Ласков

Нов български университет e-mail: rberberova@nbu.bg

Ключови думи: мониторинг, превенция, екологични бедствия, георадар

Резюме: Целта на настоящия доклад е да представи преимуществата, свързани с използването на интегриран високотехнологичен радиочестотен георадарен метод за безразрушителен мониторинг на земно-насипни съоръжения на речни крайбрежия и микроязовири. Обсъдени са основните дейности, които държавата подлага и следва да подложи на регулация и контрол, свързани с поддръжката на огромния брой неохраняеми в момента съоръжения. Акцентира се на възможността за използване на мобилен георадар, съчетан с възможностите за допълнителна компютърна обработка на резултатите от измерването и ползването на реални данни за създаване и компютърно моделиране на подобни съоръжения с цел прогнозирането на тяхното състояние във времето и при кризистни ситуации.

MONITORING AND PREVENTION OF ECOLOGICAL DISASTERS BY GEORADAR RESEARCHES ON RIVAR AND DAM EMBANKMENT CONSTRUCTIONS

Ralitza Berberova, Georgi Petrov, Lasko Laskov

New Bulgarian University e-mail: rberberova@nbu.bg

Keywords: monitoring, prevention, ecological disasters, georadar

Abstract: The goal of this report is to present the advantages of the usage of integrated high-technology radiofrequency georadar method for nondestructive monitoring of embankment dams of riversides and small dams. We discuss the main activities that are connected with the maintenance of the great number of currently unguarded facilities and that are regulated and have to be regulated and controlled by the government. A special attention is paid on the possibilities to use a mobile georadar combined with the abilities of additional computer processing of the measurements results, and the usage of real data for the purposes of computer modeling of such facilities and prediction of their condition in future and in crisis situations as well.

Въведение

В последните години както в световен мащаб, така и в България броят на природните бедствия се увеличава [1, 2, 3]. Страната ни е най-уязвима от наводнения (по статистически данни) и от земетресения (България се намира в една от най-сеизмичните зони по света) [4, 5, 6].

Минимизирането на щетите от екологични бедствия е актуален проблем както за страната ни, така и за света. Изграждането на земно-насипни съоръжения от една страна са основна конструктивна част при някои видове съоръжения (микроязовири), а от друга, в случаите с речните крайбрежия, тяхната роля е превантивност по отношение на наводнения. Развитието на технологиите, какъвто пример е георадарният метод, разширяват възможностите за провеждане на превантивен мониторинг на тези съоръжения. Методът спада към недеструктивните методи за изследване, също така този подход е екологосъобразен, като се постигат съществени минимизации на разходите, свързани с класическите сондажни подходи за подобен вид изследвания. Методът набира все по-голяма популярност в практиката за инженерно-геоложки изследвания, търсене на подземни води, подземни комуникации, археоложки проучвания, откриване на затрупани хора, откриване на опасни обекти, откриване и картографиране на стари подземни съоръжения, канали и др. В страната ни методът основно се прилага в областта на археологията и инженерно-геоложките проучвания за строителството. Резултатите от многократните георадарни измервания позволяват последващата им цифрова обработка и агрегиране [7] с цел автоматично генериране на по-прецизен компютърен 3D модел на реалната структура в сравнение с ползването на електроимпедансния подход [8].

Целта на изследването е въз основа на георадарни изследвания да се изготви методика за изследване на земно-насипни съоръжения на речни крайбрежия и микроязовири с георадар с цел мониторинг и превенция от екологични бедствия.

Апаратура

В изследването се предвижда да бъде използван георадар (GPRS - Ground Penetrating Radar System), модел X3M (производство на шведската фирма MALA [9]). GPR е геофизичен метод, при който се използват радиовълни за картиране на подземни обекти или повърхнини. Методът често може да бъде комбиниран с използване на прецизни магнитометри и други чисто механични подходи за вертикален разрез на изследвания терен. Този метод е ефективен, лесен за използване и сравнително евтин при картиране на повърхнини между подземни материали с различни диелектрични свойства. Преносимата система се състои от основен контролер (компютър, снабден с нужния софтуер), модулатор, антена-излъчвател и приемател, прецизен селективен многочестотен приемник и система за дигитализация, насочена антена в защитен кожух. Принципът на работа на GPR се основава на свойствата на радиовълните да преминават и да се отразяват от материали с различна плътност. Отразеният сигнал от различните земни пластове се приема и дигитализира в GPR. Данните за всяко едно измерване (пробождане) съдържат информация за вертикалната земна структура или структурата на изследвания обект. Информацията за отделните пробождания се събира в двоични файлове. Освен резултатите от измерванията GPR записва в отделен файл допълнителна информация, касаеща конкретните условия на измерване: работна честота, резолюция — брой стойности за едно измерване, излъчена мощност, брой измервания в една линия, GPS (Global Positioning System) координати и др. Тези данни в последствие могат да бъдат компютълно обработени и визуализирани в 2D и 3D разрези по начина даден по-долу (фиг. 1).

Георадарът е добре приложим при изследване на подземни обекти като:

- Антропогенни обекти всички съоръжения от различни видове материали, железобетон, пътни насипи, подземни резервоари, кабелни шахти, граници на изкопи, заровени отпадъци и др.
- Природни геоложки условия като промени в състава на почвата, дебелина на лед, ниво на подпочвени води, материкова скала, валуни, малки парчета скала, естествени кухини и др.



Фиг. 1. Софтуерно реконструиран надлъжен вертикален разрез на терен, направен с георадар

В зависимост от използваните работни честоти на георадара може да се получат различни вертикални и пространствени резолюции на реконструираните изображения. В Табл. 1 са дадени конкретни данни за това. Съществен проблем среща използването на георадара при изследване на глинести и влажни терени, мокър бетон и др., при които се налага провеждане на множество и допълнителни измервания и компютърна обработка на данните.

Работна	Приблизителна	Приблизителна
честота MHz	радиална	максимална дълбочина
	резолюция в ст	на проникване в метри
25	100	50
20	100	50
50	50	40
100	25	25
250	10	8
500	5	6
800	3	2.5
1200	2.1	1
1600	1.6	0.5
2300	1.3	0.4

Таблица 1. Дълбочина на измерванията и радиална резолюция с използване на различни честотни обхвати

Дискусия

Съществува и доказана тенденция на нарастване на появата на наводнения, свлачища и др. в България [4, 5, 6].

Статистическите данни сочат, че именно наводненията съставляват близо 40% от големите природни заплахи за страната ни (2004-2008) (табл. 2 и 3, фиг. 2 и 3) [10].

Група кризисно събитие	Вид природно бедствие	Кризисно събитие, бр.
Природни бедствия	Свлачище	1332
	Земетресение	58
	Наводнение	4046
	Горски пожари	2995
	Вятърна буря	782
	Градушка	132
	Снегонавяване	473
	Заледяване, измръзване	129
	Друго природно бедствие	570

Табл. 2. Брой кризисни събития в България по групи за периода 2004 – 2008 г. [по данни на НСИ]



Фиг. 2. Относителен дял на природните бедствия в общините в България по години и по вид бедствие за периода 2004 – 2008 г. [по данни на НСИ]

Табл. 3. Брой на природните бедствия в общините в България по години по вид бедствие за периода 2004 – 2008 г. [по данни на НСИ]

Природно бедствие		Общо				
	2004 e. 2005 e. 2006 e. 2007 e. 2008 e.		2004 – 2008 e.			
Свлачище	238	392	374	151	177	1332
Земетресение	31	9	3	1	14	58
Наводнение	531	1657	945	591	322	4046
Горски пожари	291	251	392	1479	582	2995
Вятърна буря	115	204	136	137	190	782
Градушка	40	45	17	13	17	132
Снегонавяване	82	121	49	68	153	473
Заледяване, измръзване	1	15	8	28	77	129
Друго природно бедствие	90	100	162	114	104	570
ОБЩО	1419	2794	2086	2582	1636	10517



Фиг. 3. Брой природни бедствия в България по вид и по години, 2004 – 2008 г. [по данни на НСИ]

По данни на ООН за периода 1974 – 2006 г. наводненията се нареждат на първо място сред природните бедствия, които са станали в България (фиг. 4) и са довели до отнемането на човешки живот (фиг. 5) и сериозни социално-икономически последици (фиг. 6 и 7) [11].



Фиг. 4. Съотношение на различни бедствия в България, 1974 – 2006 г.) [по данни на ООН]



Фиг. 5. Съотношение на станали бедствия и загинали хора в България по вид бедствие, 1974 – 2006 г. [по данни на ООН]



Фиг. 6. Съотношение на станалите бедствия и засегнати хора в България по вид бедствие, 1974 – 2006 г. [по данни на ООН]



Фиг. 7. Съотношение на станалите бедствия и икономически загуби в България по вид бедствие, 1974 – 2006 г. [по данни на ООН]

Наводнението в с. Бисер през януари 2012 г. следствие на скъсана язовирна стена и вероятността от проблеми със стената на яз. Студена следствие на станалото земетресение в района на гр. Перник през май 2012 г., потвърждават необходимостта от мониторинг на земнонасипни съоръжения на речни крайбрежия и микроязовири с превантивна цел.

От територията на България 98 % е уязвима към сеизмично въздействие с интензивност от 8-ма и по-висока степен. Всеки един земетръс би могъл да предизвика нарушения и/или разрушаване на тези недобре или изобщо неподдържани съоръжения. Това от своя страна може да доведе до последващи екологични и социално-икономически проблеми (наводнения, замърсявания, унищожаване на земи, човешки жертви и др.). Друг често срещан проблем в последните години в България е появата на наводнения, като най-рискови са районите около поречията на големите реки и язовирите. Една от превантивните дейности е изграждане на надеждни диги и поддържането им в добро състояние, както и постоянно наблюдение на микроязовирните стени. В това число би следвало да бъдат предвидени и инициативи за информиране на населението за точните функции на тези съоръжения, а също така и криминализиране на недобросъвестното поддържане или умишленото им рушене с цел извличане на инертни материали. Досегашният опит показва, че голям процент от причинените щети, свързани с разкъсване на подобни земно-насипни съоръжения, е свързан именно с недоброто им стопанисване или умишлено разрушаване. Евентуалните нарушения в целостта и конструкцията на земно-насипните съоръжения може да доведе до сериозни последици както за околната среда, така и в социално-икономическо отношение. Други геоложки явления, които могат да окажат негативни влияния върху устойчивостта на тези съоръжения, са свлачищата и свлачищните процеси, които наред със земетресенията и наводненията, са на водещи позиции като природни опасности в страната ни [4]. Високата уязвимост на България от споменатите погоре опасности, предполага провеждането на мониторинг на земно-насипните съоръжения с цел минимизиране на последиците от тяхната неизправност. Не на последно място следва да се отбележи, че в България има и множество язовири, като около 12 % от тези с високи стени са изградени по каменно-насипен метод и още по-голямо количество (около 86 %) са изградени по земно-насипен метод [12]. Тези съоръжения изискват перманентен контрол и следене на целостта на структурата им, предвиждайки и избягвайки тяхното внезапно саморазрушаване вследствие на експлоатацията им.

Необходимостта от мониторинг на тези съоръжения дълги години бе неглижирана, като се пренебрегваше високото социално-икономическо значение. С цел избягване на критични ситуации като създалите се в последните няколко години (2005 - 2012) е необходим контрол върху състоянието на тези съоръжения [13]. При предпиемане на навременни мерки от страна на отговорните институции, щеше да се избегне бедствието в с. Бисер от началото на 2012 г., което беше следствие на наводнение от скъсана язовирна стена.

Описание на изследването

Подобно изследване има интердисциплинарен характер и попада в обхвата на научноприложните изследвания. За постигане на целта на изследването, изготвяне на методика за изследване на земно-насипни съоръжения на речни крайбрежия и микроязовири чрез георадар с цел мониторинг и превенция от екологични бедствия, е необходимо да бъдат извършени следните основни научни задачи: изследване на природни опасности, застрашаващи устойчивостта на изследваните съоръжения; изследване на екологични последици от разрушаване на изследваните съоръжения: запознаване с действашата регулативна и законова рамка: анализ на икономическата целесъобразност на георадарните проучвания: анализиране на техническите възможности и изисквания към георадара за приложение в различни ситуации и за изследване на различни съоръжения; теренни изследвания на отделни обекти; натрупване на база данни с резултати от измерванията, разчитане и анализиране на радарграми, които да бъдат съхранени в база данни използвана за сравнение и обучение; измерване на техническите параметри на апаратурата; използване и разработка на компютъризирани 2D и 3D модели за визуализация на радарграми и различни техни срезове, както и възможност за автоматизирана сегментация и класификация на обектите (уейвлет анализ) в тях (изследване на възможностите за прилагане на метода на крайните елементи за провеждане на деструктивни симулации за издръжливостта на различни скално и земно-насипни съоръжения и др.).

Наред със стандартните подходи за обработка и анализ на радаграми ще бъдат приложени методи, базирани на едномерна уейвлет трансформация [14] на всяко отделно замерване на радара. Уейвлет разложението на радаграми ще позволили отделянето на шума от информативната част на сигнала без да бъде загубена частта от сигнала, съдържаща информацията за търсените обекти, което ще облекчи последващата компютърна обработка на данните. Представянето на радаграмите в различни резолюции и техния анализ ще позволи разработката на методи и алгоритми за автоматично или автоматизирано откриване на обекти в изследваните данни. Уейвлет представянето на сигнала би позволило изграждането на обектно пространство от уейвлет дескриптори, които биха могли да се използват при обучението на класификатор без учител, който да подпомогне автоматичния анализ на радаграмите на едно научно-експериментално ниво.

Изготвянето на подобна методика ще разшири възможностите за мониторинга им и ще допринесе за минимизиране на щетите при възможно тяхно нарушаване и/или разрушаване. Използването на модерни софтуерни приложения позволява да бъдат създадени триизмерни функционални модели на изследваните съоръжения и натрупването им в база данни с цел обучение и референтен анализ.

Заключение

С цел минимизиране на появата на бедствия и създаващите се от тях критични ситуации, като кризистните събития развили се през последните няколко години в страната ни, е необходимо наред с мероприятията по текущо поддържане на тези съоръжения да се провежда и регулярен структурен мониторинг. Предлаганият подход е икономически оправдан, екологосъобразен и неговото прилагане би повишило информираността на ресорните министерства, агенции и общини относно реалното състояние на големи и малки земнонасипни съоръжения на речни крайбрежия и микроязовири. Един от начините за това е тяхното изследване и моделиране чрез съвременна високотехнологична цифрова апаратура, каквато е георадарът. Освен това, предлаганият подход е абсолютно инфраструктурно независим, като така всяка община би могла да поръча или дори сама да осъществява регулярен мониторинг на земно-насипни съоръжения, излизащи извън преките ѝ права на собственност, но реално имащи съществено значение за нормалния икономически и социален живот на населението и бизнеса на нейната територия. В контекста на това би могло и е препоръчително да се разработи достатъчно достъпна и готова за внедряване методика и процедури за извършване на този тип мониторинг, а също така да бъдат обучени достатъчно количество компетентни специалисти, способни да извършват подобен мониторинг. Настоящият обзор има за цел да даде обща представа за целия обем предварителна подготовка и работа, както и очакваните резултати, с възможностите на масово приложение в съкратени срокове.

Благодарности: Настоящата работа е осъществена с финансовата помощ на ФНИ към МОМН (договор ДФНИ-М01/9/22.11.2012 г.).

Литература:

- Берберова, Р. 2011. Аналитичен обзор на природните бедствия по света. Сборник с доклади от научна конференция с международно участие "Космос, екология, нанотехнологии, сигурност" SENS'2010. БАН. 321-327
- 2. Национален статистически институт. Кризисни събития. <http://www.nsi.bg/otrasal.php?otr=18>
- 3. EM-DAT. The International Disasters Database. <http://www.emdat.be/>
- 4. Б е р б е р о в а, Р. 2008. Природни бедствия в Бъргария състояние и тенденции. НБУ. София. 148.
- 5. Б е р б е р о в а, Р. 2012. Рисковете от природни бедствия за РБългария. Сборник с доклади от международна научна конференция "Екологизация 2011". НБУ. I 123-128.
- 6. Б е р б е р о в а, Р. 2012. Уязвимост на България от природни бедствия, Сборник с доклади от научна конференция с международно участие "Космос, екология, нанотехнологии, сигурност" SENS'2011, БАН. 276-282.
- 7. L i u L., M. Oristaglio. GPR SIGNAL ANALYSIS: INSTANTANEOUS PARAMETER ESTIMATION USING THE WAVELET TRANSFORM. Department of Geology and Geophysics, University of Connecticut. Storrs. CT 06269-2045. USA. Schlumberger-Doll Research, Ridgefield. CT 06877-4108. USA
- 8. В ъ р б а н о в, Р. Използването на съвременни геофизични методи за диагностика за земно-насипни язовирни стени. УАСГ, Катедра "Геотехника". 5th Bulgarian-Austrian Seminar R.6 SMALL DAMS AND HPP. 30 March 2012. Sofia
- 9. Наръчник за използване на GPR X3M. MALA.
- 10. Б е р б е р о в а, Р. 2012. Анализ на природните бедствия в България за периода 2004-2008 г., Сборник с доклади от научна конференция с международно участие "Космос, екология, нанотехнологии, сигурност" SENS'2011, БАН. 267-275.
- 11. South Eastern Europe Disaster Risk Mitigation and Adaptation Initiative. UN. Geneva. 2008.
- 12. Т о ш е в, Д. Насипните язовирни стеи в България настояще и перспективи. УАСГ. София
- 13. Хроника на големите наводнения май 2005 юли 2006 година. БНТ. 2006. < http://infocenter.bnt.bg>
- 14. M a I I a t, S. 1989. A theory for multiresolution signal decomposition: the wavelet representation. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 11 (1989), 674–693.

КОСМИЧЕСКО ВРЕМЕ И ФИЗИОЛОГИЧЕН СТАТУС НА ЧОВЕКА

Светла Димитрова

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките e-mail: svetla_stil@abv.bg

Ключови думи: Геомагнитна активност, космично лъчение, артериално кръвно налягане, електрокардиограма (ЕКГ)

Резюме: Направено е обобщение на получени резултати за влияние на космическото време върху физиологичния статус на здрави лица. Част от представените изследвания са провеждани в София, а останалите съвместно с чуждестранни колеги в други градове с различна географска дължина и ширина.

SPACE WEATHER AND HUMAN PHYSIOLOGICAL STATE

Svetla Dimitrova

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: svetla_stil@abv.bg

Keywords: Geomagnetic activity, cosmic rays, arterial blood pressure, electrocardiogram (ECG)

Abstract: A review of obtained results about space weather effects on human physiological state of healthy volunteers is presented. Parts of the performed investigations were conducted in Sofia and the others were collaborative studies at different latitudes and longitudes.

Въведение

През последните години се провеждат много изследвания за установяване на възможните ефекти на космическото време, използвайки различни показатели на геомагнитната активност (ГМА), слънчевата активност (СА) и космичното лъчение (КЛ) върху здравето на хората. Нашият колектив е провел няколко такива изследвания в София, както е и участвал в анализирането на такива данни и резултати в различни географски райони, провеждани от наши чуждестранни колеги. Целта на настоящето научно съобщение е да се направи сравнение и обобщение на анализираните и публикувани резултати, получени от изследванията на здрави доброволци по времето на различни фази на цикъла на СА и ГМА.

Проведени изследвания

1. Първата група са 86 функционално здрави лица, изследвани в София всеки работен ден по време на максимална СА и ГМА (есента на 2001 и пролетта на 2002). Бяха измервани артериално кръвно налягане (АКН), сърдечна честота (СЧ) и събирани данни за субективни психофизиологични оплаквания (СПФО).

2. Втората група са функционално здрави лица, изследвани всеки работен ден, включително в събота в продължение на две години (2006 – 2008 г.) във фазата на намаляваща СА в Баку. Регистрирани са електрокардиограми (ЕКГ) и са анализирани СЧ и RR-интервалите от ЕКГ.

3. Анализирани са показателите на 4018 Словашки авиатори по време на регулярните им медицински изследвания за период от 9 години (1994 – 2002 г.), който обхваща минимална, нарастваща и максимална СА. Измерваните параметри са АКН и СЧ, които са отчитани както в спокойно състояние, така и при различни степени на физическо натоварване.

4. Направени са регистрации на здрави доброволци в София и в период на намаляваща фаза на цикъла на СА.

4.1. През пролетта на 2009 г. в София бяха изследвани 14 функционално здрави лица, като бяха регистрирани 5-минутни ЕКГ-записи, АКН и СПФО.

4.2. Бяха регистрирани и изследвани ЕКГ на двама здрави доброволци в продължение на една година (2008 – 2009 г.). ЕКГ-регистрациите бяха всекидневни, като всяка сутрин след събуждане и вечер преди заспиване доброволците правеха 5-минутни записи на ЕКГ, с цел анализ на вариабилността на сърдечната честота (ВСЧ). СЧ е броя съкращения на сърцето за определен период, а ВСЧ са вариациите между тези съкращения или вариациите между RR-интервалите в ЕКГ.

Резултати

1. Резултати от групата от 86 здрави доброволци в София по време на слънчев максимум

Бе установено статистически достоверно повишение на систоличното (СКН), диастоличното кръвно налягане (ДКН) и пулсовото налягане (ПН), както и на СПФО с повишение на ГМА. Средните стойности на групата бяха повишени с около 10% и 1/3 от изследваните лица бяха съобщили СПФО по време на силни геомагнитни бури.

Измененията на физиологичните параметри бяха регистрирани от деня преди до втория ден след развитието на бурите, като с нарастване на интензитета на ГМА се наблюдаваше количествена зависимост. На фиг.1. е даден пример за динамиката на СКН на групата.

Аналогични промени във физиологичните показатели (СКН, ДКН, ПН и СПФО) бяха установени и при намаляване на интензитета на космичното лъчение (ИКЛ), както и в дните преди и след регистрираните Форбуш намаления.



Local GMA Levels: →-I - □- II ······ III → - IV → - V

Фиг. 1. Влияние на локалната ГМА върху СКН на групата в дните преди, по време и след геомагнитните бури.

Резултатите са публикувани в [1-9] и др. и могат да бъдат направени следните изводи от изследванията на здрави лица в София по време на слънчевия максимум:

1) Средните стойности на СКН, ДКН, ПН и СПФО се повишават по време на геомагнитни бури, като се наблюдава количествена зависимост – колкото е по-висок интензитетът на геомагнитното поле (ГМП), толкова повече се повишават и средните стойности на физиологичните параметри.

2) Измененията във физиологичните параметри при промяна на ГМА са не само статистически достоверни, но и биологично значими: при промяна на всички изследвани геомагнитни индекси повишението на АКН и ПН е над 10%, а процентът лица със СПФО достига 30%.

3) Установените промени на изследваните физиологични показатели се регистрират от деня преди до втория ден след развитието на различните по големина геомагнитни бури.

4) Подобни изменения за физиологичните показатели бяха установени и по отношение на интензитета на космичното лъчение.

2. Резултати от ЕКГ на групата здрави доброволци в Баку по време на намаляваща фаза на цикъла на СА

Не бяха установени достоверни ефекти на ГМА върху СЧ, както бе и при доброволците в София, но бе установена тенденция за намаляване на средната стойност на СЧ на групата по време на регистрираните бури, като е интересно да се отбележи, че СЧ както имаше пиково намаление в деня на бурите, така имаше и пиково увеличение в дните непосредствено преди и след тях (фиг.2).

По-детайлните анализи за вариациите на СЧ на групата показаха, че СЧ варира значително и придобива пикови стойности в дните преди, по време и след геомагнитните бури с различен интензитет и около дните с по-изразено намаляване на интензитета на космичното лъчение.



Фиг. 2. Влияние на ГМА, оценявана чрез Dst-индекса върху СЧ на групата в дните преди, по време и след геомагнитните бури.

Резултатите са публикувани в [10-13] и др. и могат да бъдат направени следните изводи от изследванията на ЕКГ-данните на доброволците в Баку по време на намаляваща СА:

1) Резултатите показват, че вариациите на ГМА и ИКЛ могат да бъдат считани за един от индикаторите на космическото време, които играят роля в регулирането на човешката хомеостаза, и по-точно в случая на сърдечно-съдовото състояние.

2) Тези ефекти са по-ясно изразени при:

- високи нива на ГМА (или когато има геомагнитни бури) и

- силни намаления на ИКЛ.

3. Резултати от изследванията на групата словашки авиатори

Бе установено, че СКН, ДКН и СЧ стават най-ниски при най-високите стойности на ГМА, както и при най-големите намаления на космичното лъчение (с изключение на ДКН, което става най-високо при най-ниските стойности на ИКЛ).



Фиг. 3. Влияние на ГМА, оценявана чрез Dst-индекса върху ДКН в покой на групата в дните преди, по време и след геомагнитните бури.

По отношение на дните на развитието на бурите с различен интензитет бе установено, че проследяваните физиологични показатели имат пикови вариации непосредствено около дните на умерените и силните бури. На фиг.3. е показана динамиката на ДКН в покой (без физическо натоварвнае) на групата.

Анализите за ефектите на ИКЛ показаха, че непосредствено преди регистрацията на Форбуш намаленията физиологичните показатели се понижават, а след това се повишават.

Резултатите са публикувани в [14-16] и др. и могат да бъдат направени следните изводи от резултатите за Словашките авиатори:

1) Високите стойности на ГМА са свързани с намаляване на СЧ, СКН и ДКН в дните на геомагнитните бури.

2) Силните понижения на ИКЛ са свързани с намаляване на СЧ и СКН, но повишение на ДКН.

3) СЧ, ДКН и СКН варират значително в дните преди, по време и след високите стойности на ГМА и намаляването на ИКЛ.

4) При умерени и силни бури рязкото намаляване, забелязано в дните преди или по време на геомагнитните бури, обикновено се последва от рязко повишаване в дните след бурите. В някои случаи има пикови намаления или повишения. Първата тенденция се отнася основно за СЧ и СКН, а втората за ДКН.

5) За най-големите понижения на ИКЛ намаляването на СЧ, ДКН и СКН, забелязано в дните преди Форбуш пониженията, обикновено се последва от увеличение в дните на или след намаляването на ИКЛ.

4. Резултати от изследваните здрави лица в София по време на ниска СА 4.1. група здрави лица

За средните стойности на групата за СКН, ДКН и СПФО бе установено достоверно повишение от нулевия до +2-рия ден на регистрираните слаби бури за периода на изследване, а за СЧ на групата бе установена тенденция за намаляване в деня на слабите бури. На фиг.4. е показана динамиката на СКН на групата по време на спокойна ГМА и регистрираните за периода на изследване слаби геомагнитни бури.



Фиг. 4. Влияние на ГМА, оценявана чрез Ар-индекса върху СКН на групата в дните преди, по време и след геомагнитните бури.

За различните индекси на ВСЧ бе установена силна вариация в дните непосредствено преди, по време и след развитието на слабите бури.

4.2. ЕКГ-данни за едногодишен период

Бе установено, че сутрешните измервания на двамата доброволци са по-чувствителни към промените в ГМА, отколкото вечерните измервания, които на свой ред разкриха зависимост

от антропогенните електромагнитни полета (ЕМП). Самите устройства бяха разработени да работят като ЕКГ-ЕМП монитор и измерваха дневната експозиция на ЕМП, излъчвани от мобилните комуникационни системи [17, 18].

Интересно е, че и двете лица не показаха количествена линейна зависимост към бурите с различен интензитет. И двамата доброволци повишиха СЧ по време на силни бури, както и в дните непосредствено преди и след тях, а при първото лице повишение на СЧ имаше и по време на слаби бури. Обаче и двамата намалиха СЧ по време на умерени бури (фиг.5. и фиг. 6.).



GMA levels: -- IO -- I -- III -- III



Фиг. 5. Влияние на ГМА, оценявана чрез Ар-индекса върху СЧ на първото лице в дните преди, по време и след геомагнитните бури.



За индексите на ВСЧ и за двете лица се наблюдават пикови промени непосредствено в и около дните на регистрираните умерени и силни бури.

Различните реакции на двамата доброволци към промените в ГМА показват, че лицата се опитват да се адаптират към вариациите на космическото време. Това предполага, че типа на адаптивната реакция зависи от индивидуалните особености и изходното състояние на функционалното състояние на човека, което може да варира в различните дни в зависимост от ежедневните дейности и предполага, че дори здравите лица могат да бъдат негативно повлияни от резките промени на факторите на околната среда в някои случаи, напр. когато са претоварени психически и/или физически и съответно са по-уязвими в следствие на временно намаляване на компенсаторните способности на различни функционални органи и системи.

Изводи от резултатите на изследваните доброволци в София по време на намаляваща фаза на СА:

1) Резултатите показаха силна вариация на параметрите на ВСЧ на изследваната група от деня преди до третия ден след регистрираните за периода на изследване слаби геомагнитни бури.

2) СКН, ДКН и СПФО на групата бяха статистически достоверно повишени от нулевия до +2 ден. Бе установена тенденция за намаляване на СЧ в нулевия ден.

3) Едногодишните ежедневни регистрации на двете лица разкриха по-висока чувствителност към вариациите на космическото време на сутрешните ЕКГ в сравнение с вечерните. И двете лица реагираха по различен начин към геомагнитните бури с различен интензитет. Те понижават СЧ по време на умерени бури, но я повишават по време на силни бури и в дните непосредствено преди и след тях. Параметрите на ВСЧ също варират значително в тези дни.

Заключение

На базата на сравнението на получените резултати от проведените изследвания на здрави лица в различни географски райони и в различни периоди на цикъла на СА могат да бъдат изведени следните изводи:

1. Резултатите от физиологичните изследвания през различните фази на цикъла на СА показват различни зависимости, но всички са свързани с адаптивни вариации на физиологичните показатели към промените на физичните фактори на околната среда в дните преди, по време и след регистрираните геоефективни слънчеви събития.

2. Резултатите предполагат, че здравите лица проявяват адаптивна реакция, за да се приспособят към промените на космическото време, която не застрашава тяхното физиологично и сърдечно-съдово състояние, а е в рамките на нормата. Тъй като лицата с намалени компенсаторни способности са по-чувствителни към вариациите на факторите на околната среда, ще бъде от полза да бъдат информирани и да вземат предпазни мерки навреме, за да се избегнат негативните физиологични реакции и по този начин да се намалят възможните значими клинични ефекти.

3. Резултатите показват, че трябва да бъдат проведени още изследвания в тази насока. Определянето на степента на влияние на факторите на СА върху сърдечно-съдовите параметри ще направи възможно да се препоръча при какви изменения на съответните фактори ще бъде желателно да се приложат предпазни мерки. Още изследвания са необходими да потвърдят тези неблагоприятни ефекти и да се определи кои характеристики на хелио-геофизичните фактори повлияват най-силно физиологичното състояние на човека. Ако ефектите на космическото време се потвърдят при различни изследвания на различни географски ширини и дължини, тогава това ще помогне за навременното прилагане на профилактични мерки за избягване на неблагоприятните реакции на уязвимите лица.

Литература:

- 1. D i m i t r o v a, S., I. S t o i l o v a, I. C h o l a k o v. Influence of local geomagnetic storms on arterial blood pressure. Bioelectromagnetics, Vol. 25(6), 2004, pp. 408-414.
- 2. D i m i t r o v a, S., I. S t o i l o v a, T. Y a n e v, I. C h o l a k o v. Effect of local and global geomagnetic activity on human cardiovascular homeostasis. Archives of Environmental Health. Vol. 59(2), 2004, pp. 84-90.
- 3. D i m i t r o v a, S. Investigations of some human physiological parameters in relation to geomagnetic variations of solar origin and meteorological factors. IEEE Proceedings of 2nd International Conference "Resent advances in space technologies", Istanbul, Turkey, 2005, pp. 728-733
- 4. D i m i t r o v a, S. Relationship between human physiological parameters and geomagnetic variations of solar origin. Advances in Space Research, Vol. 37 (6), 2006, pp. 1251-1257.
- 5. D i m i t r o v a, S. Different geomagnetic indices as an indicator for geo-effective solar storms and human physiological state. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, Vol. 70, 2008, pp. 420-427.
- 6. D i m i t r o v a, S. Influence of local geomagnetic variations of solar origin on persons with a different blood pressure degree. ESA SP-600, Proc. of the 11th European Solar Physics Meeting, December 2005, pp. 433-436.
- 7. D i m i t r o v a, S. Cardiovascular homeostasis and changes in geomagnetic field, estimated by Dst-index. In Book: Studies in Applied Electromagnetics and Mechanics "Electromagnetic field, health and environment", Vol. 29, IOS Press Book, Eds: A. Krawczyk, R. Kubacki, S. Wiak, C. Lemos Antunes, 2008, pp. 238-243.
- 8. D i m i r o v a, S. Possible heliogeophysical effects on human physiological state. Proc. of the 257 IAU Symposium, Cambridge University Press, Eds. N. Gopalswamy & D.F. Webb, 2009, pp. 65-67.
- 9. D i m i t r o v a, S. Cosmic rays variations and human physiological state. Sun and Geosphere, 2009; 4(2), pp. 79-83.
- 10. D i m i t r o v a, S., F. R. M u s t a f a, I. S t o i l o v a, E. S. B a b a y e v, E. A. K a z i m o v. Possible influence of solar extreme events and related geomagnetic disturbances on human cardio-vascular state: Results of collaborative Bulgarian–Azerbaijani studies. Advances in Space Research, Vol. 43, 2009, pp. 641–648.
- 11. M a v r o m i c h a l a k i, H., M. P a p a i l i o u, S. D i m i t r o v a, E. S. B a b a y e v, F. R. M u s t a f a Geomagnetic disturbances and cosmic ray variations in relation to human cardio-health state: a wide collaboration. Proc. of 21st European Cosmic Ray Symposium, Kosice, Slovakia, 2008, pp. 351-356.
- 12. P a p a i l i o u, M., S. D i m i t r o v a, E. S. B a b a y e v, H. M a v r o m i c h a l a k i. Analysis of changes of cardiological parameters at middle latitude region in relation to geomagnetic disturbances and cosmic ray variations. CP1203, Proceedings of the 7th International Conference of the Balkan Physical Union, edited by A. Angelopoulos and T. Fildisis, Published by American Institute of Physics 2009, pp. 748-753.
- 13. M a v r o m i c h a l a k i, H., P a p a i l i o u, M., D i m i t r o v a, S., B a b a y e v, E.S., L o u c a s, P. Space weather hazards and their impact on human cardio-health state parameters on Earth. Springer, Natural Hazards 64(2), 2012, pp. 1447-1459.
- 14. P a p a i l i o u, M., H. M a v r o m i c h a l a k i, K. K u d e l a, J. S t e t i a r o v a, S. D i m i t r o v a, E. G i a n n a r o p o u l o u. The effect of cosmic ray intensity variations and geomagnetic disturbances on the physiological state of aviators. Astrophys. Space Sci. Trans., 7, 2011, pp. 373–377, DOI: 10.5194/astra-7-373-2011
- 15. P a p a i l i o u, M., H. M a v r o m i c h a l a k i, K. K u d e l a, J. S t e t i a r o v a, S. D i m i t r o v a. Effect of geomagnetic disturbances on physiological parameters: An investigation on aviators. Advances in Space Research, Volume 48, Issue 9, pp. 1545-1550, 2011, DOI: 10.1016/j.asr.2011.07.004
- 16. P a p a i l i o u, M., M a v r o m i c h a l a k i, H., K u d e l a, K., S t e t i a r o v a, J., D i m i t r o v a, S. Cosmic radiation influence on the physiological state of aviators. Springer, Natural Hazards 61 (2), 2012, pp. 719-727.
- 17. A n g e l o v, l., S. D i m i t r o v a. Device and method for assessing possible effects of 900 MHz EMF and geomagnetic activity on heart rate variability. Proc. of the 3rd Intern. Sci. Conf. FMNS-2009, Vol. 1, pp. 135-142.
- 18. D i m i t r o v a, S., I. A n g e I o v, E. P e t r o v a. A case study of possible effects of geomagnetic activity and mobile phones on heart rate variability. Medical Data: medical review, Vol. 1(2), 2009, pp. 13-16.

ОЦЕНКА НА РЕКУЛТИВАЦИОННИ ДЕЙНОСТИ НА НАРУШЕНИ ТЕРЕНИ ОКОЛО ОТКРИТИ РУДНИЦИ С ДИСТАНЦИОННИ МЕТОДИ ЗА ИЗСЛЕДВАНИЯ

Деница Борисова¹, Христо Николов¹, Дойно Петков¹, Бануш Банушев²

¹Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките ²Минно-геоложки университет – София e-mail: dborisova@stil.bas.bg

Ключови думи: минна промишленост, дистанционни изследвания, замърсяване на оклоната среда, рекултивация

Резюме: Антропогенното въздействие на минната индустрия върху околната среда се наблюдава по целия свят. През последните десетилетия няколко миннодобивни райони и съответните депа за отпадъци в България се наблюдават за протичащите процеси на рекултивация в тях. В тази работа се спряхме на изследване и последващо наблюдение на екологичния статус на един от най-важните райони за производство на мед за страната ни - Медет. Целите на настоящата работа са: (1) да се анализират многоспектрални спътникови данни за периода 1972 - 2011 г., за да се оцени замърсяването на околната среда от минна дейност в района на открития рудник Медет във времето, (2) да се докаже, че с помощта на дистанционните изследвания и наблюдения може да се направи комплексна оценка на въздействието върху околната среда. След преустановяване на експлоатацията на рудник Медет през 1994 г. е създадена и започва програма за рекултивация на почвената покривка и хидрографската мрежа. От 1995 г., за най-малко 15-годишен период, постоянна задача е проследяването на тези дейности. Считаме, че разкриването на потенциала на многоспектралните спътникови изображения, анализирани във времето, ще предостави ценна информация за въздействието на многогодишната минна дейност върху околната среда. Една от първите стъпкт е използването на методи за установяване на постепенната промяна за оценка на краткосрочните рекултивационни дейности чрез изследване на състоянието на растителната покривка в районите около рудника. За да изпълним тази задача бяха използвани данни от Landsat ТМ/ЕТМ+, съчетани с данните от проведените на място измервания. За обработка на данните бяха приложени няколко метода, както стандартните статистически обработки, подобряване на изображението и синтез на данните, така и нови методи за контролирана класификация. Получените резултати показват, че използваните данни и приложеният подход са полезни в наблюдението на околната среда и икономически изгодни за компанията, отговорна за екологичното състояние на региона.

REMOTE SENSING AND OBSERVATION OF OPEN PIT MINES FOR RECLAMATION ACTIVITIES

Denitsa Borisova¹, Hristo Nikolov¹, Doyno Petkov¹, Banush Banushev²

¹Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences ²University of Mining and Geology – Sofia e-mail: dborisova@stil.bas.bg

Keywords: mining-concentration industry, multidate remote sensing, pollution, tailings, waste

Abstract: The anthropogenic impact of the mining industry on the environment is seen all over the world. In the last decades several mining areas and corresponding waste disposal sites in Bulgaria are being monitored for ongoing reclamation processes. In this research we were focused on one environmental status of one of the most important copper producing fields for our country - Medet deposit. The objectives of the study were: (1) to analyze multispectral satellite images for 1980 - 2000 in order to assess the environmental pollution from the mining activity in the Medet open pit mine in temporal perspective; (2) to prove that by means of remote sensing an integrated environmental impact assessment can be made. After ceasing its exploitation in 1994 a rehabilitation program for soil cover and hydrographic network was established and launched. A continuous task is the monitoring of these activities from the beginning for at least 15 years period. We consider that revealing the potential of satellite multispectral and multitemporal imagery will provide valuable information on the impact of this long-term mining activity on the environment. One of the first steps change detection methods were used to assess the short-term reclamation activities by examination of vegetation cover status in the areas surrounding the mine. To complete this tasks data from Landsat TM/ETM+ instruments combined with in-situ measured data was used. For data processing several techniques, both standard, such as basic and advanced statistics, image enhancement and data fusion, and novel methods for supervised classification were used. The results obtained show that used data and the implemented approach are useful in environmental monitoring and economically attractive for the company responsible for the ecological state of the region.

Въведение

Откритият добив през последните десетилетия доведе до голямо увеличение на размера на този тип минни изработки и съответно на добитите обеми руда. Дори в рамките на един рудник всеки ден се преместват големи обеми от скална маса и руда (50000-100000 тона). Вторият по големина европейски открит рудник за добив на мед през 80^{-те} години на 20в. е МОК Медет, България (11 милиона тона годишно). Основният му предмет на дейност е извличане и добив на мед, заедно с цялата съответна инженерингова и търговска дейност. Рудните находища, които се разработват по открит способ, и съпътстващите ги табани и хвостохранилища, са един от най-големите замърсители на околната среда в този регион. В това изследване се насочихме към наблюдение и изследване на екологичния статус около един от най-важните обекти за производство на мед за страната ни - Медет.

Целите на тази работа са: (1) да се анализират многоспектрални спътникови данни за периода 1972 – 2011 г., за да се оцени влиянието върху околната среда от минната дейност в извършвана в района на открит рудник Медет в рамките на посочения времеви интервал; (2) да се докаже, че с помощта на дистанционни изследвания и наблюдения е възможно да се направи комплексна оценка на въздействието върху околната среда.

След преустановяване на експлоатацията на рудник Медет през 1994 г. е създадена и започва програма за рекултивация на почвената покривка около котлована на рудника и прилежащата хидрографска мрежа. Всеки месец се публикува бюлетин за качеството на въздуха и водата и се разпространяват от местните власти. Тази политика за екологично чисто производство може да бъде подкрепена до голяма степен от данните, получени от апаратура за дистанционни изследвания с повишена пространствена и спектрална разделителна способност. В сравнение с данните от преди 20 години пространствената точност се подобри повече от два пъти, което може да доведе до подпомагането на вземане на по-добри решения при управления на дейността по рекултивация на терените около рудника ползвани за насипища и табани.

Считаме, че разкриването на потенциала на многоспектралните спътникови изображения, анализирани във времето, ще предостави ценна информация за въздействието на многогодишната дейност на минното предприятие върху околната среда. Един от индикаторите приложени за оценка на ефекта от проведените краткосрочните рекултивационни дейности е изследването на динамиката на площта и състоянието на растителната покривка в районите около рудника. За да изпълним тази задача бяха използвани данни от Landsat TM/ETM+, съчетани с данните от проведените на място измервания. За обработка на данните бяха приложени няколко метода, включващи както стандартни статистически обработки, подобряване на изображението и синтез на данните, така и нови методи за контролирана класификация. Получените резултати показват, че използваните данни и приложеният подход са полезни в наблюдението на околната среда и икономически изгодни за компанията, отговорна за екологичното състояние на региона.

Материали и методи

Районът на проучването – откритият рудник Медет – е подбран по изображения от спътника Landsat. Минно-обогатителен комплекс Медет започва работа през декември 1964 г., а първият тон меден концентрат е експортиран през май 1965 г. Комплексът включва открит рудник, насипища, обогатителна фабрика, хвостохранилища и спомагателни съоръжения с капацитет за добив и преработка на 8 млн. тона руда годишно. По това време е най-големият открит рудник за мед в Европа и третият по големина в света. През 1994 г. откритият рудник е спрян от експлоатация. Оттогава, съгласно приетата програма, би трябвало да започне и рехабилитацията на района на бившия комплекс за добив, но този факт не се потвърждава от данните, които сме обработили. Медет през годините е представен на Фиг. 1(а-в). На Фиг. 2(а-г) са представени композитни изображения от Landsat TM/ETM+ (комбинацията от спектрални канали 7-4-2 подчертава в максимална степен скалната маса) за изучавания район през годините.







Фиг. 1в. Медет 1995



Фиг. 2а. Медет 1972



Фиг. 2б. Медет 1985



Фиг. 2в. Медет 1999



Фиг. 2г. Медет 2011

В рамките на изследването е използвана допълнителна геоложка информация във вид на структурна карта (Фиг. 3а), както и съответния геоложки профил (Фиг. 3б). С правоъгълник на Фиг. За е показан изследвания район. Основните вместващи скали за рудник Медет са южнобългарските гранити. Това е причината да се проведат полеви измервания на този тип гранити. По време на полевата работа са събрани образци от гранити и проби от кафяви почви и треви. Извършени са минерални и химични анализи на скалните и почвените проби, а също и теренни и лабораторни спектрални измервания за част от периода на наблюдение [1].



Фиг. За. Структурна карта на района

1-разлом; 2-гранити; 3- ранодиорити;4андезити; 5-палеозойски гранити; 6-флиш Фиг. 3б. Геоложки профил на района

На 10 km южно от гр. Златица, по пътя за гр. Панагюрище, се разкриват така нар. Южнобългарски гранитоиди, внедрени сред високометаморфните скали на Прародопската надгупа. Към Южнобългарските гранитоиди се отнасят интрузивни тела с палеозойска възраст, различни размери и състав, обособени в три интрузивни комплекса. Първият интрузивен комплекс включва гранити, гранодиорити и малки тела от кварцдиорити и диорити. Към този комплекс се отнасят Смиловенския, Поибренския и Хисарския плутон. В състава на втория интрузивен комплекс се включват амфибол-биотитови, биотитови гранити и левкогранити. Към този комплекс принадлежат Копривщенски, Клисурски и Мътенишки плутони. Третият интрузивен комплекс е представен от левкократни, равномернозърнести биотитови, биотитмусковитови и пегматоидни гранитоиди. Към този комплекс се отнасят Стрелчански, Каравеловски, Лесичовски и Вършилски плутони [2].

Описание на гранитните образци: Розово среднозърнести, състоящи се от фелдшпат и кварц, с незначителни количества биотит. Петрографско описание на гранитните образци: Съдържат средно 50% ортоклаз, 35% кварц, 15% плагиоклаз, 1% биотит и 1% магнетит. Плагиоклазът често преминава в серицит, докато биотитът може да претърпи промени в хлорит.





Фиг. 4а. Спектри на биотитов гранит (TOMS)

Фиг. 4б. Отражение от Landsat TM за 2006 г.

Описание на кафява песъкливо-глинеста почва: Изходният материал е гранитна скала. Почвената проба е с неутрално pH (6.5), 1% органичен въглерод, 12% глина, 25% тиня и 62% пясък. Груба минералогия: 51% кварц, 31% калиев фелдшпат, 7% биотит, 6% непрозрачен, 2% плагиоклаз фелдшпат, 1% други, 1% амфибол и следи от циркон, опал, мусковит, хлорит и пироксен.

Полевите спектрални измервания бяха проведени със спектрометър TOMS (Thematically Oriented Multi-channel Spectrometer), проектиран и конструиран в секция Системи за дистанционни изследвания (СДИ) към ИКИТ-БАН в сътрудничество с държавния университет в щата Алабама, САЩ [3].

На Фиг. 4а е представено спектралното отражение в % като средна стойност от 100 измервания, получени с TOMS, при полеви експедиции за периода 2008-2011 г. Спектралното отражение от Landsat TM, също в %, на района на изследване за 1996 година е показан на Фиг. 46. Тази година е избрана поради факта, че площите на открития рудник и на насипището са с максимален размер в рамките на период, който изследваме.

Резултати и дискусия

В Таблица 1 са представени броя на пикселите и съответните площи за открития рудник и за насипищата. Резултатите за двете области са доста различни, тъй като основните минни дейности от 1987 година се разпространяват в дълбочина, а не по площ. Наблюдаваната промяна в ландшафта в близост до мината се дължи най-вече на разширяването на пътищата, водещи до насипищата.

	открит рудник	насипище			
	942 пиксела	580 пиксела			
1987	847 800 [m ²] *	522 000 [m ²] *			
2000	984 пиксела	1070 пиксела			
2000	885 600 [m ²] *	963 000 [m ²] *			
Промяна	37 800 [m ²] *	441 000 [m ²] *			
*площите са изчислени при пространствено разрешение 30m/пиксел					

Таблица 1. Брой пиксели и съответните площи на рудника и насипището в изследвания район

Ситуацията за насипищата е точно обратната. Въпреки че рекултивацията им би трябвало да е започнала през 1996 г., ние не наблюдаваме никаква промяна към повишаване на плътността на растителността. Това заключение се основава на многоспектрални данни, използвани в това изследване, т.е. до 2000 година и се потвърждават и от данните по проект "Корин – земно покритие" на ЕК за същата година (данните са от Европейската агенция за околна среда).

Както е посочено в [4], чрез дистанционни изследвания не е възможно да се оцени концентрацията или наличието на метални компоненти във водния обект формиран след преустановяване на отводняването на котлована. Това е причината, поради която единственият параметър, който бяхме в състояние да определим, е площта на водното тяло в продължение на няколко години, за да се оцени във промяната във времето [5]. Както установихме с лабораторни тестове на водни проби взети в същия район (на около 10 км от рудника), бе потвърдено наличието на следните метали - Al ≈ Cu >> Mn> Fe> Zn> Pb> Cd [6].

Таблица 2. Брой пиксели и съответните площи на рудника и водната площ в изследвания район

година	1972	1978	1985	1987	1992	1999	2006	2007	2011
открит рудник [ha]	79,5	81,9	94,1	125,5	112,5	98,6	102,9	96	101,5
вода [ha]	na.	na.	na.	na.	na.	12,9	26,2	28	36,3

Данните за наличието и динамиката на площта на водно тяло за периода включен в това изследване 1972-2011 са представени в Таблица 2. Те показват стабилно нарастване на площта на водното огледало, запълваща чашата на открития рудник. Това увеличение би трябвало да бъде взето под внимание и да се смята за тревожен сигнал, който доказва необходимостта от допълнително изпомпване на водата. Предполагаме, че би могло да има връзка между разширяването на водната площ и металните съединения, разтворени във водата на река Медетска. Също така би трябвало в следващия проект "Корин – земно покритие" този воден обект да се включи като клас 512, а не като клас 131, както е в момента [7].

На Фиг. 5 е представена промяната в площта на насипището в [ha] за периода 1972-2011 гг., като част от окрития рудник Медет. Смятаме, че увеличаването е причинено от все поголям рудодобив. През 2011 г. площта на насипището значително намалява, почти два пъти. Ние считаме, че причината за тази промяна са прилаганите процеси на рекултивация, декларирани от собствениците на "Асарел-Медет".



Фиг. 5. Площ на насипището на рудник Медет в [ha] за периода 1972-2011

Заключение

1. Не се наблюдава намаляване на площта на района на открития рудник, а само сезонни вариации, което може да се счита за доказателство, че не е започнала рекултивация.

2. Намаляване на площта на насипището е регистрирано след 2006 г.

3. Започвайки от 1995 г., площта на водата в чашата на открития рудник Медет показва стабилно нарастване

4. Това изследване трябва да привлече вниманието на обществеността заради възможен голям риск, произтичащ от нарастването на обема на водата, което може да доведе до преливане през следващите години.

5. Планираме да използваме в наши следващи проучвания пасивна микровълнова радиометрия за наблюдение на диги като инструмент за оценка на съдържанието на влага в почвите и скалите около открития рудник, като по този начин се направи оценка на степента на разпространение на подземните води.

6. Настоящото изследване посочва необходимостта от регулярен мониторинг на водата в най-близките реки и извори за замърсяване с метални съединения.

7. Включване на водната площ в открития рудник като отделен клас 512 в следващата фаза на проекта CORINE земно покритие.

Литература:

- B o r i s o v a, D., H. N i k o l o v and B. B a n u s h e v. In-situ and ex-situ measurements of igneous, sedimentary and metamorphic rocks for Earth observation data base complementation. Annual of UMG "St. Iv. Rilski", Part I: Geology and Geophysics, 52, Sofia, Publ. House "St. Iv. Rilski", 137-140, 2009.
- 2. Д а б о в с к и, Х., И. З а г о р ч е в, М. Р у с е в а и Д. Ч у н е в. Палеозойски гранитоиди в Същинска Средна гора. Год. УГП, 16, 57-92, 1972.
- 3. P e t k o v, D., H. N i k o I o v and G. G e o r g i e v. Thematically Oriented Multichannel Spectrometer (TOMS). Aerospace Research in Bulgaria, 20, 51-54, 2005.
- 4. Deliverable 4.1, ImpactMin FP7 Project. http://www.impactmin.eu/downloads/impactmin_d41.pdf
- 5. N i k o l o v, H. and D. B o r i s o v a. Long term monitoring of water basin of an abandoned copper open pit mine. EGU General Assembly, Geophysical Research Abstracts, Vol. 14, EGU2012-10171, 2012.
- R a b a d j i e v a, D, S. T e p a v i t c h a r o v a, T. T o d o r o v, et al. Chemical speciation in mining affected waters: The case study of Asarel-Medet mine. Environmental Monitoring and Assessment, 159(1-4), 353–366, 2009.
- 7. K o p e c k á, M., R. V a t s e v a, J. F e r a n e c, J. O ť a h e ľ, A. S t o i m e n o v, J. N o v á č e k and V. D i m i t r o v. Changes in use of arable land in Slovakia and Bulgaria during the transformation period. http://www.luccprague.cz/publications/prague2010/kopecka.pdf
SES 2012 Eighth Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, SAFETY 4 - 6 December 2012, Sofia, Bulgaria

АНАЛИЗ НА НАВОДНЕНИЕТО ОТ МЕСЕЦ ФЕВРУАРИ 2012 Г. НА ТЕРИТОРИЯТА НА С. БИСЕР НА БАЗАТА НА СПЪТНИКОВИ И GPS ДАННИ В СРЕДА НА ГИС

Ива Иванова, Румен Недков, Наталия Станкова, Мариана Захаринова, Мария Димитрова, С. Николова, К. Радева

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките e-mail: asic@space.bas.bg

Ключови думи: ГИС, дистанционни аерокосмически методи, спътникови данни, GPS, наводнения

Резюме: В работата е показано съвременното приложение на геоинформационни технологии и използването им в при анализ на от най- опасните бедствия - наводнението. Възможностите на съвременните геоинформационни технологии позволяват прилагане на нови методи при обработката и интерпретацията на различни пространствени данни. Предложена е методика, която изисква използването на спътникови, наземни и GPS данни. В качеството на спътникови данни са използвани изображения с висока разделителна способност. Те дават възможност за прецизна оценка на местоположението на водните тела, разположени на територията, които са основната причина за възникване на наводнението.

FLOOD ANALYS IN THE TERRITORY OF BISSER **BASED ON SATELLITE AND GPS DATA OF FEBRUARY 2012 USING GIS**

Iva Ivanova, Roumen Nedkov, Nataliya Stankova, Mariana Zaharinova, Maria Dimitrova, S. Nikolova, K. Radeva

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: asic@space.bas.bg

Keywords: GIS, remote sensing methods, aerospace data, GPS, floods

Abstract: in this paper is demonstrated the application of the modern geoinformation technologies and their use in the analysis of the most dangerous disasters - floods. The capability of modern GIS technology allows the implementation of new methods in processing and interpretation of different spatial data. Proposed is a methodology that requires the use of satellite, terrestrial and GPS data. As the satellite data are used images with high resolution. This is an accurate assessment of the location of the water bodies located in the territory, which are the main cause of floods.

Въведение

Наводненията са третото най-опасно бедствие на Земята след бурите и земетресенията. Повече от 100 големи и разрушителни наводнения са регистрирани в Европа за периода 1998 г. – 2004 г. Според статистиката в България наводненията съставляват 30 % от всички инциденти в следствие на природно бедствие възникнали на територията на страната. Най-често наводненията в България са предизвикани от преливане на реки - 69%.

Наводненията оказват сериозни негативни въздействия върху околната среда и водят понякога до необратими процеси.

Силното антропогенно влияние върху климата се очаква да увеличава риска от появата на наводнения, въпреки че те са природни явления. За намаляване негативното въздействие от наводненията е необходимо да бъдат използвани методи за превенция и прогнозиране [3,9].

Поради тази причина страните членки на Европейския съюз приемат Директива 2007/60/ЕО относно оценката и управлението на риска от наводнения на Европейския парламент и на Съвета, която влиза в сила на 26.11.2007 г [2].

Отрицателните резултати от това природно бедствие изискват предприемане на различни действия. Те могат да се изразят в прилагането на природосъобразни мерки за намаляване на риска от наводнения, разработване на Планове за управление, избягване на антропогенното влияние в коритата на реките.

Цел и задачи

Целта на настоящата работа е да се извърши анализ на наводнението от 6.02.2012 г. на територията на село Бисер, община Харманли. Анализът се извършва на базата на спътникови и GPS данни. За постигане на целта е необходимо да се решат следните задачи:

- ✓ Физикогеографско описание на местоположението и характеристики на територията на наводненията от 6.02.2012 г. – с. Бисер, община Харманли.
- ✓ Разработване на методика на базата на спътникови и GPS данни с помощта на която да се извърши анализ в среда на ГИС на наводнението от 6.02.2012 г. на територията на с. Бисер, община Харманли.
- ✓ Въвеждане на входни данни в среда на ГИС за реализиране на разработената методика.
- ✓ Анализ на резултатите от прилагането на методиката в среда на ГИС.

Местоположение на изследваната територия. Физико-Географски Характеристики

Община Харманли се намира в югоизточна България с център на управление град Харманли, област Хасково.

Село Бисер е разположено край река Бисерска, между градовете Харманли и Любимец. (фиг. 1-3)





Фиг. 1. Тематична карта на община Харманли

Фиг. 2. Спътниково изображение на с. Бисер



Фиг. 3. Спътниково изображение с висока разделителна способност на изследваната територия

На фиг. 4 е представен цифровият модел на релефа на община Харманли. На фигурата са изобразени водните тела (реки, язовири, езера), диги, населените места, електропроводи. Ясно се вижда връзката на село Бисер с язовир "Иваново" посредством река Бисерска както и разликата във височината на релефа помежду им. Според хипсометрията язовир "Иваново" е разположен на 150 - 180 m надморска височина, а с. Бисер е разположено на 60 - 70 m надморска височина.



Фиг. 4. Цифров модел на релефа на с. Бисер

Хидроложка характеристика

Територията на Община Харманли се пресича от река Марица и притоците й – река Харманлийска и Бисерска река. Дължината на река Марица за цяла България е 321 km. Река Бисерска води началото си от община Маджарово. Дължината й е 46.2 km, а средногодишният й отток при устието е 0.41 m3/s. Река Харманлийска е с дължина 91.9 km, като 1/3 от дължината й (долното течение) е в границите на общината. В долното си течение, реката не се използва за напояване. Общото количество вода за питейни нужди, което се черпи главно от кладенци, е над 170 l/s. На територията на общината са изградени над 70 микроязовира и водоеми, използвани главно за напояване. Част от язовирите са включени в обхвата на напоителните системи: "Сакар-Изворово", "Бисер" и "Иваново". От мрежата на микроязовирите могат да бъдат откроени следните по-големи: "Голямата река" и "Кунжелева нива" на територията на с. Овчарово;

"Кифапя" и "Голям Турлук" на територията на с. Орешец; "Кюмюрлука" – гр. Харманли

Община Харманли принадлежи към Басейнова дирекция – Пловдив - Източобеломорски район, който е разположен в централната южна част от територията на България.

Методика за оценка на наводнението от месец февруари 2012 на територията на с. Бисер

Възможностите на съвременните геоинформационни технологии и в частност на ГИС позволяват прилагане на нови методи при обработката и интерпретацията на различни пространствени информационни масиви от данни. В този случай при генерирането на различни цифрови модели, структурирането и анализът на резултатите изключват субективния фактор. На фиг. 5. е показана структурата на ГИС, позволяваща количествено и пространствено описание, необходимо за анализ на наводненията на територията на с. Бисер[4,5].



Фиг. 5. Структура на ГИС за анализ на наводнението на територията на с. Бисер

Този подход позволява да се оптимизират параметрите за оценка на риска както от страна на техногенни, така и от страна на антропогенни фактори. Това позволява да се извърши обективна оценка за влиянието върху околната среда на разглежданата територия. Разработването на геоинформационна основа за речната система на даден водосбор е особено актуално, тъй като тя е основен елемент в определянето както на орохидрографските му характеристики така и на отнесените към тях количествени параметри на оттока, формиращ се в рамките на същия водосбор. На тази база могат да се реализират обосновано с достатъчна точност екологични оценки за наводнението[6].

Чрез прилагането на ГИС като инструмент за анализ и изследване на наводнението на дадена територия могат да се дават резултати с достатъчна точност по отношение на въздействията върху околната среда.

Описание на методиката на наводнението на територията на с. Бисер

Методиката за анализ на наводнението на територията на с. Бисер включва следните етапи:

- Генериране на цифров модел на релефа на територията на с. Бисер, който да се използва като основа за разполагане на необходимите векторни слоеве за анализ на наводнението.

- Определяне на векторните слоеве, необходими за анализ на наводнението.

- Създаване на дефинираните векторни слоеве в среда на ГИС на базата на спътникови, наземни и GPS данни.

- Проектиране и реализиране на ГИС на базата на създадената геоинформационна основа и векторни слоеве, необходими за анализ на наводнението на територията на с. Бисер.

- Анализ на ситуацията при наводнението и на неговото въздействие в среда на ГИС.

- На базата на анализа на характеристиките на наводнението на територията на с. Бисер в среда на ГИС се извършва оценка [1].

Описаната методика изисква използването на спътникови и GPS данни. В качеството на спътникови данни са използвани изображения с висока разделителна способност, които дават възможност за прецизна оценка на местоположението на наличните водни тела (язовири, езера) както и релефа на изследваната територия, които са една от причините за възникване на наводнението [7,8].

Използвани са два различни източника за генериране на ЦМР – единият на базата на спътникови данни, а другият от наземни данни. Размерът на клетката на модела генериран от спътникови данни е 20 m, а вторият модел е с размер на клетката 10 m.

Цифровият модел с по-малък размер на клетката, генериран на базата на поедромащабен картен материал, дава детайлна картина за релефа на изследваната територия.

Целта на генерирането на цифов модел е да се представи релефната повърхнина, с помощта на която да се оцени разликата в надморската височина, където е разположен язовир "Иваново" и село Бисер. Разликата във височините на релефа е основната причина за наводнението на територията на с. Бисер.

Изследваният район се пресича от три основни реки – р. Марица, р. Харманлийска и р. Бисерска. На фиг. 6 е представена тематична карта на водосборите на реките, а на фиг. 6 тематична карта на водните обекти в района (реки, язовири, езера).



Тематична карта на водосборите в района на община Харманли

Фиг. 6. Тематична карта на водосборите в района на община Харманли

Площите около село Бисер са заети от пасища, трайни култури, обработваеми площи, хетерогенни селскостопански площи, което е изобразено на фиг. 7.



Тематична карта на земното покритие по Корине в района на община Харманли

Фиг. 7. Тематична карта на земното покритие по Корине в района на община Харманли

Предложената методика е верифицирана и валидирана в среда на ГИС на базата на спътникови, GPS и наземни данни.

Анализ на наводнението в среда на гис на базата на предложената методика

За да се определи средната надморска височина на с. Бисер се използва "метод на профилите". При този метод се трасират профили, приблизително перпендикулярни на течението на реката. Профилите се избират на разстояние през 100 m един от друг като всеки профил се образува от даден брой точки отразяващи височината на сечението на релефа по профила. Построените напречни профили през селото са 6 – един преминаващ през началото, четири през средата и един в края на селото.

В среда на ГИС точките от шестте профила с една и съща надморска височина се свързват и по този начин се определят разливните зони на р. Бисерска. На фиг. 8 е представена тематична карта на напречните профили пресичащи селото.



Тематична карта на напречни профили с. Бисер

Фиг. 8. Тематична карта на напречните профили през с. Бисер



Тематична карта на профили р. Бисерска и с. Бисер

Фиг. 9. Тематична карта Профили – р. Бисерска и с. Бисер

Село Бисер се намира на 72 - 75 m надморска височина, което се вижда от скалата на фиг. 10, представяща профила на селото.

Модел на релефната повърхнина на с. Бисер



Фиг. 10. Модел на релефната повърхнина на с. Бисер

Профилът по долината на р. Бисерска показва най-високото надморско ниво – 144 m, където е разположен яз. "Иваново" и съответно най-ниското – 75 m, където е разположено с. Бисер. (фиг. 11)



Фиг. 11. Профил на част от релефната повърхнина по течението на р. Бисерска

Фиг. 12 представя шестте напречни профила пресичащи с. Бисер. Тъмно-синята зона (80 m) е залятата територия. Изображението показва как залятата територия на селото, постепенно се разширява от началото към края на селото. Това доказва различната височина на релефа в района на с. Бисер.



Напречни профили през с. Бисер

Фиг. 12. Напречни профили през с. Бисер

На фиг. 13 е представен 2D профил на р. Бисерска, ясно подчертаващ намаляването на височината на релефа от яз. "Иваново" до с. Бисер.



Фиг. 13. 2D Профил на р. Бисерска и с. Бисер

Процесът на разпространение на наводнението е свързан с разрушаване на една от язовирните стени язовир "Иваново". При внезапното разрушаване на стената започва интензивно изтичане на вода.

Интензивното изтичане на вода предизвиква наводнение по цялото протежение на река Бисерска до село Бисер. Това предизвиква заливане на сгради, инфраструктура, разрушаване на хидротехнически съоръжения.

Заключение

Съвременните геоинформационни технологии, позволяват прилагане на нови методи при обработка и интерпретация на пространствени информационни масиви от данни. В този случай при генерирането на цифровите модели, структурирането и анализа на резултатите се

изключва субективния фактор. Този подход позволява да се оптимизират параметрите, използвани при оценката, възможностите за оценка на риска както от страна на техногенни, така и от страна на антропогенни фактори. Това позволява да се извърши обективна оценка за влиянието върху околната среда на разглежданата територия. Чрез прилагането на дистанционните методи и ГИС като инструмент за анализ и изследване на наводненията са получени резултати с достатъчна точност по отношение на въздействията върху околната среда за изследваната територия.

Литература:

- 1. М о д е в, Ст., Р. Н е д к о в. К и р и л о в а Й о в ч е в а. С. 2012. Разработване на методика за определяне на принадлежащите земи и заливаемите ивици на реките в България. МОСВ, София
- 2. Директива 2007/60/EO/ на Европейския парламент и на Съвета от 23 октомври 2007 година относно оценката и управлението на риска от наводнения
- 3. Мардиросян, Г. 2009. Природни бедствия и екологични катастрофи. София. Академично издателство "Проф. Марин Дринов",
- 4. Панайотова, Д., Р. Недков, М. Димитрова, И. Иванова. М. Захаринова. Изследване на потенциалния риск от разливи на язовир "Малазма" на базата на спътникови и GPS данни, Екологично инженерство и опазване на околната среда. книжка 4/2008. с. 12-20
- 5. М о д е в, Ст., Р. Н е д к о в, С. К и р и л о в а Й о в ч е в а и др. 2008. Разработка на актуализирана оценка на водните ресурси на р. Места с оглед възможностите за тяхното комплексно използване. МОСВ
- 6. Модев, Ст., Р. Недков, С. Кирилова–Йовчеваидр. 2010. Геоинформационна система за инженерно хидроложки анализ за водосбора на ХВ "Цанков Камък. НЕК-ЕАД, клон Хидроелектроинвест
- 7. М о д е в, Ст., В. С п и р и д о н о в, Н. Л и с е в, Р. Н е д к о в, В. С л а в о в, В. Н и к о л о в, С. К и р и л о в а – Й о в ч е в а. 2008. Комплексно обследване в района на град Цар Калоян с оглед установяване на причините за наводненията от месец август 2007 година на територията на община Цар Калоян. МОСВ
- 8. Н е д к о в, Р., М. Д и м и т р о в а, М. З а х а р и н о в а, В. Н а й д е н о в а и др. 2006. Пилотно мониторингово изследване на част от язовирите на община Тунджа на базата на спътникови и GPS данни. Център за аерокосмическа информация, Отчет Д.№1076/2006. ИКИ-БАН
- 9. W i I b y, R., R. K e e n a n. 2012. Adapting to flood risk under climate change. Progress in Physical Geography: 348-378
- 10. W a r d, R. 1978. Floods A geographical perspective. Halsted Press

4 – 6 December 2012, Sofia, Bulgaria

THE LEGENDS ABUT THE HIDDEN TREASURE, THE REASONS FOR DESTRUCTION OF THE CULTURAL HERITAGE OF MACEDONIA

Stojan Velkoski¹, Jane Velkoski²

¹Institute "GAPE" – Skopje, R. Macedonia e-mail: contact@igape.edu.mk
²Soncev zrak – Skopje, R.Macedonia e-mail: contact@soncevzrak.com

Keywords: archeology, cultural treasure, artifacts, illegal excavators of cultural artifacts, smuggling cultural artifacts, law on cultural heritage.

Abstract: Every nation has its own cultural heritage and is obliged to take care of it from both legal and moral viewpoint. Artifacts are a proof of the existence and of the activities of a nation, hence the interest in their commercialization, usurpation or destruction. Groups and individuals from different social backgrounds have participated in it. Nowadays artifacts from Macedonia are being sold to many renowned museums and other artifact collectors. One part of them is presented as cultural heritage of countries other than Macedonia, in order to conceal the truth about their origin. The inadequate attitude of the authorities in charge, the lack of ideas, of appropriate professionals, projects, the need to change and amend the law on cultural heritage, the building of a national strategy, are the basic drawbacks which generate the continuous destruction of the Macedonian national heritage. Opposed to them are the comprehensive and practical solutions guaranteeing scientific processing of the drawbacks, the prevention pd smuggling of artifacts and the illegal excavation thereof, but it seems that the wish to realize them lacks in the global administration besides the offers to put these ideas into practice. Time shall witness in whose interest it all goes.

Introduction

The cultural treasure is the root of a nation or of a civilization. The cultural heritage of certain nations is nowadays usurped and presented unrealistically. It is like a granddaughter pretending to be older than her grandmother and the existence of the grandmother bothers the granddaughter, and the reasons therefore is the fact that the granddaughter has usurped the property of her grandmother and is now afraid from the truth. This is what is happening with the Macedonian culture and history, which is to a high degree intertwined with other Balkan cultures and traditions. It is necessary to separate the truth from the lies, truth can create bonds among nations once and for all, it is necessary to condemn the bad and to praise the good in order to achieve peace among nations. Culture which links and upgrades the peoples has confirmed its role and existence.

It is a pity that what reigns today are lies and a couple of remained legends which may be close to the truth.

Legends referring to hidden treasures have always received great deal of attention, and it can be noticed that such legends abound on locations where wars were fought. Such is the territory of Macedonia and the Balkan in general. Nowadays, when people are faced with economic crises legends are becoming ever more important and the field activities with such purposes ever more frequent. It is a fact that civilizations have existed in these areas leaving an abundance of cultural heritage of which the locations and value have not yet been discovered. The Stone art is of great importance to a nation reflecting its roots and culture. This art is the point where the illegal excavations begin. Scripts referring thereto have been identified, written in diverse languages from prehistoric times until today. If they are properly taken care of, they shall remain in the archives or in private property. But some careless individuals and illegal treasure excavators destroy these scripts thinking that the scripts point only to hidden treasures. They think that if they can not find the certain hidden treasure themselves the secret about must remain with them. About 95% of treasure seekers share such an opinion. According to the data from field inspections and the surveyed citizens, scripts and other objects of stone art have been evidenced as destroyed which has seriously affected Macedonian culture. Figures from antiquity, which could not be taken away because they were fixed on a rock are destroyed. A large part of them have been taken out of the country some of the treasure seekers have commercialized their prey for a certain amount of money, some have received some symbolic amount, but there is a large number of them who have not received anything in return, or the stolen artifacts were discovered and the criminals were caught by the police. Some renowned individuals or state officials (policemen, military or other authorities) can be found in many of such criminal groups.

A large number of police interventions aimed at the elimination of such illegal groups very often achieve only insignificant results because they include police authorities who timely inform the illegal gold seekers and do not organize adequate and professional police interventions.

The starting points of the illegal excavators are the old churches and monasteries, taps, springs, specific stones and trees, inscriptions etc. The most frequent scripts are in Bulgaria and they are forged according to old maps and then sold for a certain financial benefit. They coincide with the respective location and there had really been some treasures hidden by the Turks or the Macedonian freedom fighters on some locations, but those treasures were already taken out almost entirely. Only insignificant remaining of the preciously hidden treasures remained on some locations. Such remaining includes empty clay jars etc., which intrigue and incite some people into the idea that some hidden gold can be excavated so the illegal treasure seeking is worthwhile.

Material and methods

The research process included 150 informants who have taken part in illegal excavations and quests, 30 informants were inspectors and authorities responsible for the preservation of the cultural heritage, about 50 locations where there have been some illegal excavations as well as potential locations for future illegal excavations were inspected, 15 locations where important cultural stone art heritage have been destroyed were visited. The destruction was of different scale, starting from minor loss to the destruction of whole churches and monasteries. Such was the case of the destruction of the church in the village of Leshok and the one in the village of Matejche which happened from religious reasons during the conflict in 2001, but there were also some holes dug inside those religious buildings, which reflects quests for treasure. Proof of this are the several legends circulating beforehand related to some vast treasure hidden in those churches.

Those legends have most often been invented by the local people resulting in the fact that such locations have turned into targets of quest for hidden treasure which led to their complete destruction. In one case which happened in the village of Crnilishte, Prilep area, where people thought that some treasure was hid underneath their own old house. Some devices confirmed it but some did not, depending on the level of technology used in the quest. But what is important is that the inhabitants of the house disturbed its static balance and that the house is no more of any use and the quest for treasure has proved to be completely in vain.

The illegal archeological excavations have been frequent since the antiquity period and until modern times. According to the analyses, the excavations performed on one third of the territory are illegal, one third of the territory has been excavated on legal basis whereas the remaining one third of the territory that has not been researched yet.



Fig. 1. The relation between the legal and illegal archeological excavations in Macedonia

Scripts

The most frequent scripts originate from Bulgaria and they circulate among of the groups of illegal treasure seekers. One of them is about the mill of Emin the Ashkali and it goes like this: The mill of Emin the Ashkali

You can reach the mill only on foot. There are seven steps leading to it. The first step is of one half of a millstone. The water on the mill is captured in a carved stone trough through which the water pours into the mill. There is a stone inside the water, and the water flows around the stone. A pair of Turkish scales and a vase engraved in the stone. Beside it there are 18 French gold pieces, and in the vicinity there is a stone as big as a half of a haystack. You follow the water and you will come to a waterfall 58 feet high, its water flows into the blue whirlpool. There are trouts in the whirlpool. Two pistols are engraved in the second fountain... further down there are three tombs..., opposite of them there are aspens and an old vineyard, and there are two tombs on the bare hill. Over the mill there is a stone looking like a chariot from Gabrovo etc...

The enclosed cross

This cross is within a ring. There is a hen with one chick engraved on the meadow, it is in a small cave which is located on a curve. One small watermill can be seen from the cave. In the vicinity there is another small cave smothered with black. A plain can be seen from it. Next to the plain there is a dry ditch. There is an autochthonous stone bearing a sign of a carriage and an inscription saying that it is the carriage of Martin the Priest. Opposite of the watermill there is an eagle's nest closed with bricks. There are two intertwined snakes next to the pathway to the mill. One of the snakes has a cross sign on its tail, the other has no tail at all. You can see a Turkish village from there. In the mill, inside the water, there is a plate in the bottom. There is... There is... left... where people through the garbage, there is... The basket of the watermill has been left on purpose, in its vicinity we left money. Near to the engraved bear there is room for 16 buckets.... There is 110 meters' distance to the bear, and 90 meters from the doe to the stone table. The place where there is the engraved ship is called Kurut dere (wolves' ditch). The three angles of a stone, which is as tall as a man and a half, have been cut off and three golden coins have been placed as a sign. There is a stone with a cross. Meters eastward from him, there arekilograms of golden coins etc. etc.

Such scripts with exactly determined names of the locations as well as with stated quantities of treasure, varying from some kilograms until a couple of tons of gold circulate among the population in Macedonia and the Balkans. One can freely estimate that every second adult person in Macedonia has encountered illegal excavators and talked with them on this subject or has directly participated in excavations. Most frequently the scripts include data bout the quantity of the hidden gold which varies from one half to several tons. Hence the question: if this is all true and if Macedonia possessed all those quantities of gold, why it has not been invested in weapons and armies, so that Macedonia could be liberated from the Ottoman occupation earlier than it did?

Methodology of evasion of sanctions in illegal excavations.

The most frequent excavations aiming at the discovery of some hidden treasure take part together with some local inhabitant who knows well both the local area and the population. Once the location has been found, the excavations take part at night, or more rarely by day on some strong pretext. In some cases, construction machines are used in the excavations, and the works are monitored by even a local authority. No care is taken about the national cultural heritage in such excavations. All which is dug out, but is not gold, silver or some valuable statue, is destroyed immediately and, if some valuable artifact is found it is immediately offered for sale out of Macedonia. Rumors are still going about a Macedonian artifact purchasing location in Thessaloniki.

Ravishers and destroyers of the Macedonian cultural heritage

The territory of Macedonia is one of the widest archeological location in the world which regions are so intertwined that there is no single square meter of the soil which is not of some archeological importance. Therefore, it is expected that objects of archeological value appear in any geological activity. Nowadays, thanks to modern technology and the data of the world's greatest museums, it is not difficult to discover new archeologically rich locations especially if some of them are located in a small space (treasury or tomb).

Having detected such an important location, the activities aiming at the excavation and transportation star immediately. Interest in such excavations date from the times of the Roman Empire, and their perpetrators were especially invaders of the respective area. The most frequent ravishers if the Macedonian cultural heritage are the following:

- All invaders of Macedonia;
- The Yugoslav People's Army and the secret police of the Socialist Federal Republic of Yugoslavia,
- The peace forces which were in Macedonia before, during and after the conflict in 2001,
- High present and ex officials in Macedonia,
- Ex and present military and police force individuals,
- Some foreign attaches;
- Some local administrations;

- Around 40% of the citizens 5-10% of whom are actively dealing with it;

- National and international companies under the motto of some exploitation project manage to safely perform illegal activities in the destruction of the cultural heritage, carrying it out of the country etc.

Reason, drawbacks and the necessary actions of the state to solve this problem which is not only of national, but also of international interests

Reasons for this phenomenon

There are two main reasons: the personal and fast acquisition of riches, destruction and usurpation os historic and other cultural heritage from natioanlistic and other motives. Drawbacks

The re are several factors for the incurrence of the drawbacks, such as:

- Improper sanctions;
- Improper legal, physical and technical protection,
- Improper personnel managing the Minsitry sectors, museums etc.,
- Lack of a proper strategy for protection of the cultural treasure including experienced experts,
- The lack of a satisfactory rewarding system
- Cultural education of the population

The following conclusions (presented on Fig. 1 and 2 can be drawn from this analysis:



Fig. 1. The fate of the illegally unearthed artefacts

Analysis of Fig. 1:

This Figure represents the institutions which perform legal excavations on archeological localities, which are organized adequately and with the proper expertise involved. The keeping and the storage of the artifacts requires special knowledge and application of appropriate techniques in view of provided the proper microclimatic environment in which the said artifacts will be kept. It is a known fact that certain unearthed objects can deteriorate when they are excavated and come in contact with daylight, different temperature and humidity of the air. This happens upon unearthing of scripts which, as some experience shows, can turn into ashes after they have been excavated. This indicates to special conditions which must be provided for some artifacts in order to protect them. The most frequent necessary conditions are: air humidity, temperature, light, certain chemical substances necessary for each type of material. These conditions must be specified by specialists and supported by technique. Each improper activity involving artifacts can destroy them.

The physical protection of the artifacts is of extreme importance. We nowadays witness fires in monasteries and churches which harbour important artifacts and icons which perish in the fire. Also there ever more frequent ravishing of monasteries and churches which, if not sufficiently protected, are an easy target for the thieves. Thefts are possible from museums as well, by breaking in and replacing the original artifact by its copy, whereas the genuine object is sold outside Macedonia. Some of such burglaries are organized even by the employees of the museums. Depending on the similarity of the copy with its original, the faking or the theft can be detected by expertise and technical support.



Fig. 2. The fate of the illegaly excavated artifacts

Figure 2 represents the fate of the artefacts from illegal excavations demonstrating their final destinations. These researches indicate continuous destruction of the cultural treasures of Macedonia, either with full awareness or due to absence of appropriate intention to protect them. This phenomenon is strongly opposed to the truth about the cultural heritage not only of Macedonia but of humanity as well.

Danger menacing the excavators and the seekers for hidden antiquity treasures

It is a known fact that in the times of ancient Macedonia diverse methods and techniques were used which are unknown in our times. The knowledge acquired from the written documents, legends and the alleged witnesses it is considered that the ancient underground tombs, shelters and treasuries are protected by very strong and unusual traps and mechanisms, poisons, poisonous micro fungi, hypnosis etc., and they activate and kill the intruders. Such effect can function infinitely and with unlimited power. These legends can be included in the forthcoming research projects which shall yield additional results.

Reference:

- 1. V e I k o s k i, S. Opportunities and gaps in the protection of cultural heritage in Macedonia, Proceedings, Protection of cultural heritage in Macedonia, 11-12.11.2010. University St. Kliment Ohridski-Bitola, Faculty of Security, Skopje-Skopje.
- 2. N e s t o r o v s k i, D. Proceedings, Cultural heritage and crime, Protection of cultural heritage in Macedonia, 11-12.11.2010. University St. Kliment Ohridski-Bitola, Faculty of Security, Skopje-Skopje.
- 3. Custom research
- 4. Public media

GEO-PATHOGENIC SOURCES OF RADIATIONS (GPR)

Stojan Velkoski¹, Jane Velkoski²

¹Institute "GAPE" – Skopje, R. Macedonia e-mail: contact@igape.edu.mk
²Soncev zrak – Skopje, R.Macedonia e-mail: contact@soncevzrak.com

Keywords: geopathology, electromagnetic radiation, protection with Bio-SPH, geomagnetic field, GPR, detection, geo-magnetic inversions, solar storms

Abstract; The magma in the depths of the Earth is capable to create the famous magnetic field.

The entire living world is in harmony with this field and its changes; no matter how small they are, they influence normal biological development. According to the author, such changes can be divided into two groups which are as follows:

a) global changes of the magnetic field of the Earth,

b) partial (local) changes in the magnetic field of the Earth.

The first group includes: the geo-magnetic inversions, solar storms etc.

The second group includes: the geo-pathodenic radiations (GPR) in form of waves caused by:

- geological acquifers;
- geological fissures;
- underground flows;

- concentration of ores, minerals and other causes capable of changing the constant geo-magnetic field and create waves.

Rresearch found that water resources at standby, that are in the ground or above it may represent a kind of insulator by GPR which is located under the water resources.

Introduction

According to this, any change in the geomagnetic field, caused by the factors mentioned above, is called geo-pathogenic or underground source of radiation (GPR). The term is a derivative from the Greek word geo-Earth and pathos-disease, meaning: disease that comes from the Earth.

Several locations on Earth have been researched and the results demonstrate that the GPR are rare on stable geological structures. One of such locations is the surroundings of Jerusalem, as shown on Figure (1).



Fig. I. The author, in 2005 g. measuring the GPS over Jerusalem

The GPR is most frequently present on locations which are seismically active, comprising certain sinking, displacements or elevations (fig. II and III), resulting is geological aquifers and fissures. Such areas are located only on certain locations on Earth.



Fig. II. Sinking

Fig. III. Displacement

Those phenomena create opposite energy poles inside the Earth; under the influence of the geomagnetic field those poles create certain intensified geo-pathogenic electromagnetic fields, which are in the form of waves, transferred into and over the Earth's crest. The Balkan Peninsula is a seismically active area on which the GPR represent a frequent phenomenon.

Most of the Earth is seismically stable, and GPR are rare on those parts. This is one of the reasons for the uneven distribution of the geological anomalies, and consequently of the GPR as well.

As a result of the flow of the underground waters, the motion of which creates friction between their own particles and the interior of the Earth thus creating electromagnetic fields. These fields are transmitted by waves known as geo-pathogenic radiations (GPR).

The geo-pathogenic waves appear as a spectrum, that is, one central vertical wave with seven lateral inclined parallel waves on each side (fig. IV).



Fig. IV. Spectrum of GPR waves

If the source of the underground wave is on a level closer to the surface, and if the wave is wider, the sprectrum of the waves is connected and only one GPR wave is identified upon ground measures. If the wave is deeper than ten meters and if it is narrow, the spectrum of inclined waves will be more accessible for individual wave identification.

These sources of radiation freely penetrate through the geological layers and through the constructions built on them.

Depending on the location of the central wave, the construction can be influenced either by inclined or by vertical GPR.

According to the research, the inclined GPR in the buildings are identified on various locations, as according to the degree of inclination of a certain wave.

If both narrow and inclined GPR exist in one building and if we detect the radiations by moving upwards, we shall identify several GPR on various heights. Compared with the lower floors, it can be noticed that the GPR on the higher floors are wider.

Analysing this, it can be concluded that the waves gradually wider as they are moving upwards, but they lose their intensity. The results of the analyses on the harmfulness of the GPR showed that although the waves are wider on the upper floors, this thus not mean that they are less dangerous. Penetrating through the building, the waves take with them the traces of microelements of technical radiations, some chemical and other harmful elements, by which they become ever more dangerous for the health of the organisms exposed to them.

People believe that underground waters exist on every location and that the city of Skopje is located over an underground lake, and that radiations are equally present no mater where the residential building is located. Some people wonder how it is possible that radiations exist on one location, but do not exist on the other one which is immediately near the exposed location?

The answer to these questions can be found in the material exposed above.

Some believe that the GPR attract the discharges of atmospheric electricity. In this case it is possible that GPR is caused by an underground water current. It is known that water makes earthing easier, and it is possible that in this case it is possible that the discharge of the atmospheric electricity takes place only on one plant. Also, if there is a plant with an active S-knot on that location, the earthing of the electricity through the roots of that plant is more intensive compared to a plant and an S-knot located on a drier geological structure or on other plants on which there are no S-knots. The discharge of the atmospheric electricity can depend on this. Analyses prove that the electricity discharges take plase even on plants which are not located neither on a GPR nor on a water flow, but only on a S-knot. It can be concluded that the active cosmic S-knots play the most important role in the disharge of atmospheric electricity; the roots of the plants and the S-knots create good conductivity towards the earthing. It is also known that electricity is always discharged on the nearest earthing point.

Materials and methods

- Connection of the GPR with the stability of the urban constructions

When we say that the GPR are connected with the stability of the urban constructions, the first thought that comes to our mind is that it is impossible, due to the fact that the GPR are not material whereas the urban constructions are. But, if we analyze the causes of the GPR we realize immediately the danger we are referring to.

It is known that the GPR result from geological acquifers, fissures and underground water currents. All these factors can have serious influence on the stability of the constructions. Many constructions, built over a part of an underground water flow, which created certain geological erosion and those construction are now cracked or inclined, although thay have been seismically safe have been analysed.

One of such constructions is observed at the Kapishtets area in Skopje (Fig. VIII). This building is seismically constructed and has five entrances. There is a crack all along the building, and the research results demonstrated that there is an underground current underneath that building, which created certain geological erosion.

In case of a stronger seismic activity (earthquake), such buildings are unstable and the health and the lifes of the inhabitants are under serious threat.

Research demonstrated that a large number of the buildings which collapsed in the Skopje earthquake of 1963, have been partly or wholy exposed to geological anomalies. In that case, the building loses its stability and is forced to crush. (fig. IX).



Fig. VIII. Building located over erosion

техлязнор на зражење



Fig. IX. Crushing building over erosion

- Protection

When we talk about protection against this type of danger, it is neessary to mention the necessity of a geobiological map on the settlement and to take additional civil engineering or other measures as pursuant to the data collected by such field research.

The best protection is when the bigger geological erosions, fissures and acquifers are known as early as in the town planning design. Thus the cosntruction experts will know how to deal with such problems.

Results:

- Experiment

The author carried out radiesthetic, and than geo-physical research on several locations. Th research was carried out on locations where there is an underground static water storage in one vertical geological profile and an underground water current or some other GPR source underneath. Also, on the deep geological structures, there are sources of GPR which are located underneath large external water reservoirs: lakes, seas and oceans. The results of the research demonstrated that "the waves caused by underground flows or other geological anomalies are not identified over the water (geological surface, where they are found under larger water resources). This led to the conclusion that the electromagnetic geopathogenic readiations can not penetrate through larger water surfaces which are in/above the geological structure (Fig. V and VI). According to the author, this discovery can be the cause of reflection, absorption, discharge or similar.



Fig. V. Section of underground waterways



Fig. VI. Section of underground water flow under water accumulation

Description of fig. V and VI:

- On fig. V there is a cross-section of an underground water accumulation between two paralel flows:

A) A geological structure, under an underground water accumulation;

B) A cross-section of an underground flow and GPR underneath the underground water accumulation

C) Still underground water accumulation;

D) Geological structure over the underground water accumulation;

E) Underground water flow over an underground water accumulation;

F) GPR only from the underground water flow D.

This leads to the following conclusions:

The underground flow B, which, in the geological structures, is underneath the underground water accumulation, emits electromagnetic waves by its flow, but only until the water accumulation C, which is above it. The underground water accumulation C is still and does not emit GPR, being in the same time a sort of a blockage of GPR against the flow B.

In the geological structure D, over the underground water accumulation there is an underground flow, E, which releases GPR vertically.

This figure shows the creation of the GPR from the underground folws and the isolation capacity of the water accumulations that are still, although they are located underground. The Figure VI shows the following points:

A) a geological structure under a ground water accumulation;

B) a cross-section of a water current located inside a geological structure under a surface water accumulation;

C) an overground water accumulation: a lake, a seak an ocean etc.

It can be noticed from this picture that the surface water accumulations that are still, marked with a C), represent a type of an isolator against GPR, which is inside the geological structure under the water accumulations.

- Influence of wells and maniforld on the surroundings

The wells and the deeper manifolds represent a type of a geological anomaly whereby certain GPR is created. This influence is present as a result of the geological anomaly (wells, manifolds) creating cetain vital fields, as it is demonstrated on Fig. VII.



Fig. VII. Creation of a vital GPR of a well

1. Well; 2. Creation of a circular GPR from the bottom of the well upwards; 3. Vital GPR, 4. GPR coming out vertically upwards.

Conclusions:

- Detection

The detection of the geopathogenic fields is one of the first detections of Earth in which people used instruments.

Especially in search of underground waters, and than for location of the construction of their houses, people were always thinking about finding some sophisticated methods and techniques for their precise identification.

The first devices used were simple, ant they were perfectioned and successfully used later. This type of devices are radiesthetic or traditional instruments, which are the predecessors of the present-day modern instruments.

Nowadays, modern geo-physical instruments with satellite support are used besides the traditional ones.

This modern method of detection enables for fast and precise location of underground waters for people's needs, but also for the detection of other geological anomalies creating dangerous electromagnetic fields.

- Intensity of GPR

If the GPR comes from an underground floor, its intensity will depend on:

- The width of the underground flow;

- the height of the water gauge;

- The velocity of the current;
- The depth;
- The geological structure.

- If the current is faster, if its capacity is bigger and if it is shallower than 100 m, its intensity of the GPR is more prominent.

The intensity of the GPR resulting from other geological anomalies is determined as according tot he following:

- the width of the anomaly;

- the depth of the geological anomaly;

- the intensity of the resistence created on the radiesthetic instruments, which leads tot he assessment of whether the intensity of the GPR is stronger or weaker;

- according to the value of the electromagnetic field, measured by sensitive and accurate geophysical instruments.

The danger of the GPR is more prominent with the geological fissures and aquifers that reach deeper into the Earth's interior.

- The danger of the GPR

The research project on the harmfulness of the GPR included 15,000 individuals exposed to radiations. The results of the processed statistical data indicate that the individuals who had been

exposed to GPR during more than ten years most frequently contract the following diseases: rhumatism, cardio-vascular, psycho-depressive, cystic and inflammational diseases, sterility, loss of immunity etc. But the most frequent symptoms of exposure to such radiations are the chronic fatigue, anxiety and pain all over the body, especially headaches.

The type and the time lap necessary to contract a certain disease depends on the type and the intensity of the radiations, the duration of the exposure thereto, the lifestyle of the people, their genetic predispositions, the geological structure through which the waves penetrate and on other factors.

- Influence of the GPR on the health condition of the animals

The animals included in this research project were 8,000 cows and calves. The results demonstrated that the calves exposed to GPR most frequently experience decrease of immunity, bronchopneumonia followed by death etc., which the cows exposed to GPR exhibited decrease of immunity, decubitus etc.

- Influence of the GPR on plants

The author elaborated several scientific project regarding the influence of the GPR on the plants. The results of those research projects demonstrate that the plants exposed to GPR suffer consequences that are similar to those suffered by the animals.

- Protection against GPR

The protection against the GPR is of dual type:

- detection and selection of the location where the buildings will be constructed;

- protection by technical methods and instruments.

Although the selection of the location upon the costruction of buildings is the most adequate protection method, it is impossible to apply it in all situations. This impossibility results from the fact that each free square meter in the urban areas is used for construction. The protection measures that can be applied in this case are as follows:

- a) protection by certain spirals and foils in the course of the construction;
- b) protection of each individual room by neutralizers.

The most efficient of all known protection devices are the neutralizers-transformers BIO-SPH, by which the area is both protected and improved.

References:

1. D r a g i s i c, V. Opsta hidrogeologija – Rudarsko Geoloski Fakultet – Beograd, 1997.

- 2. K o m a t i n a, M. Medicinska Geologija-Tellur-Beograd, 2001.
- 3. D r a g i s i c, V. Hidrogeologija lezista mineralnih sirovina Rudarsko Geoloski Fakultet Beograd, 2005.
- 4. V e I k o s k i, S. Cosmic S-Net and Its Utilization, 2008; www.space.bas.bg/SENS2008/5-Eco.pdf
- 5. V е I k о s k i, S. Термални и термоминерални карактеристики на Р. Македонија IGAPE Skopje, 2009.
- 6. The Influence of Electromagnetic Radiations on the Premature Newborn as One of the Factors for the Incurrence of Rop in Neonates and Preventive Protection Against It by the Neutralizer-Transformer ""BIO-SPH""; www.worldrop2009.org/scientific-posters/
- 7. V е I k o s k i, S. Хидрогеологија и хидрогеолошкките карактеристики на Р. Македонија IGAPE Skopje, 2010.
- 8. V e l k o s k i, S. Општа и применета радиестезија IGAPE -Skopje

Influence of Electro-Magnetic Radiations on Human Blood and Protection by ""BIO-SPH"" Transformers in: Medical Data, Vol. 3, Nr. 1, March, 2011, 47-50.

http://www.md-medicaldata.com/files/09%20MD-Vol3No1-Velkoski%20S..pdf

Eighth Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, SAFETY 4-6 December 2012, Sofia, Bulgaria

STUDY OF THE MOVEMENTS OF GNSS PERMANENT STATIONS ON THE BALKAN PENINSULA IN AUTUMN TIME

Keranka Vassileva

National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: ker@bas.bg

Abstract: Autumn behaviour of all free available GNSS permanent stations on the territory of the Balkan Peninsula has been studied. GPS data from seven days in five years have been processed with the Bernese software, version 5.0 and obtained estimated station coordinates from individual solutions have been analyzed. Velocity station estimations have been obtained from combined solution of all five normal equations. They have been analyzed and compared with results from other solutions. Some conclusions and suggestion have been done.

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ДВИЖЕНИЕТО НА GNSS ПЕРМАНЕНТНИ СТАНЦИИ НА БАЛКАНСКИЯ ПОЛУОСТРОВ ПРЕЗ ЕСЕНТА

Керанка Василева

Национален институт по геофизика, геодезия и география – Българска академия на науките e-mail: ker@bas.bg

1.General

The present study is focused on the investigation of the behaviour of the available permanent GNSS stations on the territory of the Balkan Peninsula (BP) in autumn time. GPS data for this region in the other three seasons (winter, spring, summer) have been already processed and analyzed [1, 10, 11, 12]. This is the last seasonal study of the investigation of the four season's station behaviour of this region. GPS weekly data from free available GNSS stations on the territory of the Balkans have been involved. They cover the time span within five years – 2006, 2007, 2008, 2009 and 2010.

Particular year solutions have been combined and station velocity estimations have been obtained using Bernese software, version 5.0. Results have been compared and analyzed.

Locations of the IGS and EPN permanent stations used in data processing are shown in *Figure 1* and locations of the Balkan Peninsula permanent stations are shown in *Figure 2*. The number of Balkan Peninsula permanent stations was increased during this five year's period up to forty one in 2010.



Fig.1. IGS/EPN Permanent Stations involved in this study



Fig. 2. Balkan Peninsula Permanent Stations involved

The stations are equipped with different types of receivers and antennas as for several stations the receiver or antenna equipment has been changed within this period. Seven observation sessions of 24-hours time length have been created in each year. Data from all available satellites above the horizon (3°) have been used.

2. GPS data processing and analysis of individual year solutions

GPS data in all five periods have been processed with the Bernese Software, Version 5.0. The same general input parameters of all weekly solutions have been used for the reason of compatibility. Standard adjustment procedure of the software has been applied. Geocentric Cartesian station coordinate estimations have been obtained in the system ITRF2005 at the respective observation epoch. All five years weekly normal equations have been combined by using the program ADDNEQ2 and final results – station velocity estimations have been obtained.

The total number of participated stations was increased from 20 in 2006 up to 41 in 2010. Eight Balkan Peninsula stations participated only in one year - BURG, DRAG, LOVE, MONT, NIS_, SHUM, STAR, YUND as they are very yang stations, which started operating in 2009. Seven stations – DUTH, KUST, NVRK, PAZA, PATO, SAND and SOFA participated only in two years. Six up to ten reference IGS stations have been used for datum definition. The station coordinates have been obtained in each of the five years from combined processing of the respective seven daily normal equations in ITRF2005, respective observation epoch 200x.77.

2.1.2006 Data processing and analysis

Seven parameters Helmert transformation have been applied for assessment of the quality and precision of datum definition of the respective network. The residuals from transformations between input ITRF station coordinates and their estimated coordinates in 2006 from this study are presented in *Table 1* in local system (North, East, Up).

Residuals – 2006							
	[<i>mm</i>]						
Station Name	North	East	Up	Station Name	North	East	Up
BUCU	-0,8	2,1	-11,8	PENC	-3,9	2,3	3,7
GLSV	-2,3	-0,7	2,7	POLV	-3,2	0,2	5,7
GRAZ	0,3	-1,0	-2,5	SOFI	-0,4	-0,2	0,9
ISTA	-0,9	4,7	-6,8	WTZR	1,3	1,6	2,5
MATE	2,3	-3,7	-1,8	ZIMM	0.1	1.2	-2.6
RMS Component	3,4	2,0	5,0				

Table 1. 7-parameters Helmert transformation between input IGS station coordinates and their estimated coordinates in 2006 from this study

Results from the transformation show a very good consistence within $0,1 \div 4,7$ mm in North and East components and $0,9 \div 6,8$ mm in Up component. Only station BUCU in Up component shows a little higher value.

The achieved accuracy of estimated station coordinates is obtained from comparison of the respective seven daily solutions (daily repeatability). All daily solutions have been compared to the combined solution and the root mean square errors (RMS) of station coordinates have been obtained. Daily repeatability and the RMS's of station positions from the weekly solution are shown in *Figure 3*.



Fig. 3. Daily repeatability of the 2006 weekly solution

The results in *Figure 3* show very good accuracy of station coordinates achieved within $-0.3 \div 2.7$ mm in North and East components and $1.3 \div 5.8$ mm in Up component, except station NOA1 in North component -7.0 mm.

2.2.2007 Data processing and analysis

Seven parameters Helmert transformation have been applied for assessment of the quality and precision of datum definition of the respective network. The residuals from transformations between input ITRF station coordinates and their estimated coordinates in 2007 from this study are presented in *Table 2* in local system (North, East, Up).

		Re	siduals -	- 2007			
	[<i>mm</i>]						
Station Name	North	East	Up	Station Name	North	East	Up
BUCU	-2,7	1,6	-16,0	PENC	-1,9	0,6	29,5
GLSV	-4,3	-1,1	1,1	POLV	-4,6	1,0	3,5
GRAZ	0,6	-0,1	1,1	SOFI	-1,7	1,8	1,9
ISTA	-	-	-	WTZR	2,7	2,2	0,1
MATE	1,5	-3,2	-2,0	ZIMM	0.5	-1.9	-0.2
RMS Component	6,3	1,6	5,0				

Table 2. 7-parameters Helmert transformation between input IGS station coordinates and their estimated coordinates in 2007 from this study

The results from the transformation show a very good consistence within $0.5 \div 4.6$ mm in North and East components and $0.1 \div 5.0$ mm in Up component. Station BUCU shows in Up component a little higher value. Station PENC has obtained a high value in Up component. A probable reason could be the change of the antenna/receiver type and introduced estimated offset not taken into account here. By this reason PENC has not been included in the set of reference stations defining the datum.

The achieved accuracy of estimated station coordinates is obtained from comparison of the seven daily solutions (daily repeatability). All daily solutions for each year have been compared to the combined solution and the root mean square errors (RMS) of station coordinates have been obtained. Daily repeatability and the RMS's of station positions from the weekly solutions are shown in *Figure 4*.





The results above show very good station coordinates accuracy achieved $-0.2 \div 2.8$ mm in North and East components and $1.9 \div 5.7$ mm in Up component.

2.3. 2008 Data processing and analysis

Seven parameters Helmert transformation have been applied for assessment of the quality and precision of datum definition of the network. The residuals from transformations between input ITRF station coordinates and their estimated coordinates in 2008 from this study are presented in *Table 3* in local system (North, East, Up).

Residuals – 2008							
	[<i>mm</i>]						
Station Name	North	East	Up	Station Name	North	East	Up
BUCU	-1.4	1.4	-16.3	PENC	-0.3	1.2	-10.5
GLSV	-2.6	-5.5	-5.2	POLV	-1.6	-1.1	-0.4
GRAZ	0.5	-0.8	-4.4	SOFI	-0.4	2.2	7.0
ISTA	-1.4	5.3	-2.4	WTZR	3.5	1.0	3.3
MATE	2.6	-2.0	-0.5	ZIMM	-0.6	-1.9	1.8
RMS Component	2.0	2.4	4.7				

Table 3. 7-parameters Helmert transformation between input IGS station coordinates and their estimated coordinates in 2008 from this study

The results from the transformation show a very good consistence within $0,3 \div 5,5$ mm in North and East components and $0,4 \div 10,5$ mm in Up component. Only station BUCU in Up component shows a little higher value. It was the reason this station not to be chosen as reference station.

The achieved accuracy of estimated station coordinates is obtained from comparison of the seven daily solutions (daily repeatability). All daily solutions have been compared to the combined solution and the root mean square errors (RMS) of station coordinates have been obtained. Daily repeatability and the RMS's of station positions from the weekly solution are shown in *Figure 5*.





The results obtained show very good station coordinates accuracy achieved: $0,2 \div 4,0$ mm in North and East components and $0,9 \div 5,6$ mm in Up component.

2.4.2009 Data processing and analysis

Seven parameters Helmert transformation have been applied for assessment of the quality and precision of datum definition of the network. The residuals from transformations between input ITRF station coordinates and their estimated coordinates in 2009 from this study are presented in *Table 4* in local system (North, East, Up).

		Re	siduals -	- 2009			
	[<i>mm</i>]						
Station Name	North	East	Up	Station Name	North	East	Up
BUCU	0.4	-3.3	-23.5	PENC	-1.7	1.6	-17.7
GLSV	2.4	-7.0	4.9	POLV	-3.8	-3.0	-0.8
GRAZ	0.2	-0.5	-6.3	SOFI	-1.0	0.6	2.7
ISTA	-4.0	5.1	-1.8	WTZR	2.7	2.1	3.0
MATE	1.4	3.6	1.5	ZIMM	1.9	-2.4	-0.6
RMS Component	2.7	3.8	3.7				

Table 4. 7-parameters Helmert transformation between input IGS station
coordinates and their estimated coordinates in 2009 from this study

The results from transformation show a very good consistence within $0,4 \div 5,1$ mm in North and East components and $0,6 \div 6,3$ mm in Up component. Only station BUCU in Up component shows very high value of 23,5 mm. The most probable reason is the change of the antenna/receiver type and the height of the antenna reference point (ARP) in 2009. For station PENC is obtained a higher value as well, probably due to the not included estimated offset. It was also the reason this station not to be chosen as reference station for datum definition.

The achieved accuracy of estimated station coordinates is obtained from comparison of the seven daily solutions (daily repeatability). All daily solutions have been compared to the combined solution and the root mean square errors (RMS) of station coordinates have been obtained. Daily repeatability and the RMS's of station positions from the weekly solutions are shown in *Figure 6*.



Fig. 6. Daily repeatability of the 2009 weekly solution

The results show very good station coordinates accuracy achieved– $0.6 \div 5.1$ mm in North and East components and $0.6 \div 6.5$ mm in Up component except stations DUBR and NOA1 in North component – about 9.0 mm.

2.5.2010 Data processing and analysis

Seven parameters Helmert transformation have been applied for assessment of the quality and precision of datum definition of the network. The residuals from transformations between input ITRF station coordinates and their estimated coordinates in 2010 from this study are presented in *Table 5* in local system (North, East, Up).

		Re	esiduals -	- 2010				
	[<i>mm</i>]							
Station Name	North	East	Up	Station Name	North	East	Up	
BUCU	1.3	-5.9	-17.0	PENC	-1.3	0.1	-7.1	
GLSV	2.2	-7.5	5.6	POLV	-3.4	-1.8	-4.1	
GRAZ	0.4	0.9	-1.1	SOFI	-3.3	1.6	2.4	
ISTA	-3.7	5.5	-0.7	WTZR	4.1	-1.0	7.2	
MATE	3.0	3.1	1.5	ZIMM	2.0	-1.0	-3.7	
RMS Component	3.0	3.6	4.7					

Table 5. 7-parameters Helmert transformation between input IGS station	
coordinates and their estimated coordinates in 2010 from this stu	dy

The results from the transformation show a very good consistence within $0.4 \div 5.9$ mm in North and East components and $0.7 \div 7.1$ mm in Up component. Only station BUCU in Up component shows a higher value of 17 mm. The most probable reason is the change of the antenna/receiver type and the height of the antenna reference point (ARP) in 2009. It was also the reason this station not to be chosen as reference station.

The achieved accuracy of estimated station coordinates is obtained from comparison of the seven daily solutions (daily repeatability). All daily solutions have been compared to the combined solution and the root mean square errors (RMS) of station coordinates have been obtained. Daily repeatability and the RMS's of station positions from the weekly solution are shown in *Figure 7*.



Fig. 7. Daily repeatability of the 2010 weekly solution

The results obtained show very good station coordinates accuracy achieved in all years $-0.4 \div 2.3$ mm in North and East components and $2.7 \div 8.4$ mm in Up component except station SAND in North component -13.0 mm.

3. Analysis of results from five years combined solution

All one week normal equations in 2006, 2007, 2008 2009 and 2010 have been combined and processed with ADDNEQ2 program of Bernese software and station velocity estimations have been obtained in the system ITF2005. Minimum constrained adjustments have been applied using 8 IGS reference stations - GLSV, GRAZ, ISTA, MATE, POLV, SOFI, WTZR and ZIMM. Approximate velocity values for the new stations have been calculated from the NUVEL1A model and they have been introduced in the adjustment procedure for obtaining of the velocity estimations.

Five years autumn velocity estimations of IGS/EPN stations in North and East components obtained in this study compared with the results from EPN solution show a very good consistence (*Figure 8*). In Up component the results agree not quite good especially for stations DUBR, DUTH, EVPA, PENC and SULP.



Fig. 8. Comparison of ITRF2005 station velocity components (*N, E, U*) obtained from EPN solution and from this study

The reason for higher differences for these stations could be explained with the antenna and/or receiver change during this period and for station BUCU – the change of the height of the antenna reference point (ARP) and different datum used in the adjustment process.

The ETRF horizontal velocity vectors are representative for the local station behaviour. They are obtained by using ETRF components of the Eurasia plate rotation pole [3] to the obtained from five years combined solution ITRF velocity vectors. The magnitude and directions of reduced to the stable Eurasia horizontal velocities of the Balkan Peninsula stations are shown in *Figure 9*.



Fig. 9. Horizontal velocity vectors of BP stations relative to Eurasia plate

Velocity estimations have been estimated only for stations for which observations in three and more years have been available. The estimations agree very well with results from other investigations [2], [4], [5], [6], [7]. The main direction of the movement of all Bulgarian stations is south-east and it is in a good agreement with other investigations for this region [6], [9]. Velocity vectors of stations DRAG and VARN show different directions.

The main direction of the movement of the most Greek stations is south-west and they are also in a good agreement with results from other investigations [2], [5], [9].

4. Conclusion

Five years individual weekly data processing in autumn time, their combined solutions and analysis have been accomplished in this study.

The obtained results for the velocity estimations show an undisturbed linear behaviour of the Balkan Peninsula stations within the five year's autumn periods.

Their orientations and magnitudes are in good consistence with results from other investigations.

Very good agreement of the obtained velocity estimations with the EPN long term estimations has been obtained.

Important reason for higher discrepancies in comparison of velocity estimations obtained from different investigations is the different datum definitions used.

References:

- 1. В а с и л е в а, К. Изследване на движението на перманентни GNSS станции на Балканския полуостров от GPS решения през летния период. Геодезия, картография, земеустройство, 2011, 5-6, 14-19.
- B e c k e r, M., A. C a p o r a l i, G. S t a n g l, The CEGRN Team. Update from Central Europe The Improved Velocity Field from CEGRN Campaigns till 2009 and New Central European Research Initiatives, WEGENER 2010, 15th General Assembly of Wegener, September 14-17, 2010, Istanbul, Turkey
- 3. B o u c h e r, C., Z. A I t a m i m i. Memo: Specifications for reference frame fixing in the analysis of a EUREF GPS campaign, 2008
- 4. Caporali, A., C. Aichhorn, M. Barlik, M. Becker, I. Fejes, L. Gerhatova, D. Ghitau, G. Grenerczy, J. Hefti, S. Krauss, D. Medak, G. Milev, M. Mojzes, M. Mulic, A. Nardo, P. Pesec, T. Rus, J. Simek, J. Sledzinski, M. Solaric, G. Stangl, B. Stopar, F. Vespe, G. Virag. Surface kinematics in the Alpine-Carpathian– Dinaric and Balkan region inferred from a new multi-network GPS combination solution. 2009, Tectonophysics 474, 295–321

- 5. C a p o r a I i, A. and CERGOP Team. New challenges to CERGOP, Reports on Geodesy, Warsaw University of Technology, 2011, No 2(91), 9-18.
- 6. H e f t i, J., M. I g o n d o v a. Improved coordinate time series from reprocessing of permanent GPS stations in Central Europe. EUREF Annual Symposium, May, 2009, Florence
- 7. http://www.epncb.oma.be/_dataproducts/products/timeseriesanalysis/residual.php
- 8. Milev, G., M. Becker, K. Vassileva, G. Stangl, I. Milev. Geodynamics of Central and Eastern Europe, Balkan Peninsula and Bulgaria. GMES Operational capacity Workshop, March 25-26, 2010, Sofia, Bulgaria, 21 p.
- S t a n g I, G., C. A i c h h o r n, S. K r a u s s. Potential Networks and New Velocity Estimations for South-East Europe and the Orient. 14th General Assembly of Wegener, September 15-18, 2008, Darmstadt, Germany, 7p.
- V a s s i I e v a, K. Processing and Analysis of GPS Data for Balkan Peninsula Permanent Stations. Proceedings of the Int. Symp. on "Modern Technologies, Education and Professional Practice in Geodesy and related Fields", November 05-06, 2009, 28-39
- 11. V a s s i I e v a, K. Spring Behaviour of Balkan Peninsula Permanent Stations from GPS Solutions. Proceedings of the International symposium on modern technologies, education and professional practice in geodesy and related fields, Varna, Albena Resort, 23-24 September, 2010, 96-105.
- 12. V a s s i I e v a, K. Two Seasons velocity Analysis of GPS Data for Balkan Peninsula Permanent Stations. Proceedings of the International symposium on modern technologies, education and professional practice in geodesy and related fields, Varna, Albena Resort, 23-24 September, 2010, 151-160.

SES 2012 Eighth Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, SAFETY

4 – 6 December 2012, Sofia, Bulgaria

МЕНИДЖМЪНТ НА РИСКА ПРИ ГОРСКИ ПОЖАРИ – НЕЗАКОННИ СМЕТИЩА

Иван Димитров

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките e-mail: idimitrov@space.bas.bg

Ключови думи: горски пожар, мениджмънт на риска, системен подход

Резюме: Представено е влиянието на незаконните сметища върху възникването на горските пожари и мениджмънт на риска. Разгледан е конкретен пример на възникнал горски пожар от пожарогенни обекти със занижен контрол-незаконни сметища.

FOREST FIRE RISK MANAGEMENT - ILLEGAL DUMPS

Ivan Dimitrov

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: idimitrov@space.bas.bg

Keywords: forest fire, risk management, system approach

Abstract: This paper presents the impact of illegal dumps on the occurrence of forest fires and risk management. The paper considers a concrete example of accidental forest fire with low-level control fire generics objects-illegal dumps.

Системният подход за мениджмънт на риска при горски пожари изисква отчитане на влиянието на пожарогенните обекти. Значимо място сред тях заемат незаконните сметища. За голямо съжаление до днешен ден не се отделя нужното внимание и предприемат действия от специализираните организации и институции. Единствената масова инициатива ("Да изчистим България за един ден") принадлежи на журналисти с високо гражданско самосъзнание и активна гражданска позиция от телевизионната компания – BTV. Към инициативата се присъединиха и хиляди будни български доброволци от цялата страна. Държавните институции и общините взеха участие като второстепенни подпомагащи звена. Проблемът отново потъна в забрава до следващата гражданска инициатива.

Възникването и наличието на незаконни сметища изисква задълбочен и подробен анализ. Това не е изолирано явление за България. Подобни сметища има и в други европейски страни. Необходимо е да се проведе многофакторен анализ на събитията и да се предприемат радикални комплексни мерки за намаляване на това явление. На незаконните сметища се унищожават отпадъци чрез запалване, а това често прераства в горски пожари с различен размер. Освен замърсяването на околната среда се нанасят щети на бюджета и националното богатство - горският фонд. Извършването на анализ предполага пространствено и времево разполагане на наличните данни. Подходящ инструмент за такъв анализ представляват географските информационни системи (ГИС). Базата данни трябва да включва два основни масива от събития. Масив от незаконни сметища от кампанията "Да изчистим България за един ден" и масив от данни за възникналите горски пожари. Интересен е фактът, че след почистване на незаконните сметища те отново възникват на същите места – "магически".

Пожарогенните обекти могат да се описват чрез различни информационно значими показатели:

- Честота на възникване на събитие за даден клас
- Честота на възникване на събитие за даден обект
- Степен на рисков фактор

- Вид на превантивна дейност
- Вид на мониторингова дейност
- Времеви период с максимален риск
- Наличие на регионални и национални стопански обекти с висок рисков фактор
- Наличие на населени места
- Наличие на инфраструктурни обекти
- Други

Той дава възможност за тяхното структурирано описание, планиране и извършване на превантивна дейност и мониторинг за минимизиране на вероятността за възникване на пожари. Основен нормативен документ отнасящ се до пожарогенните обекти е "Наредба № 30 за условията и реда за извършване на противопожарни мероприятия в горския фонд и опазване на горите от пожари". Посочените в наредбата дейности не намират широко приложение.

Избраният полигон за извършване на наблюдение (от подстанция на електропреносната мрежа "Бинкос" до околностите на град Сливен) има висока концентрация на пожарогенни обекти (в т.ч. и незаконни сметища), рискови и инфраструктурни обекти. На него често възникват горски пожари.





Пример на горски пожар в района на село Чинтулово е приложен на фиг. 1 - фиг.8. На тях е представен възникнал горски пожар на 1 октомври 2012 г. Изгарят 200 декара борова гора между с. Чинтулово и гр. Сливен. Застрашени са вилната зона и обекти с висока степен на риск на МО. В гасенето са участвали всички екипи на "Пожарна безопасност и защита на населението"-Сливен, на горското стопанство, както и доброволчески гасачески групи Няма пострадали. Генерацията на пожара е в следствие на изгаряне на отпадъци на незаконно сметище. Наличието на силен източен вятър, сухи треви, ниска влажност на почвата и контрол спомагат за висока скорост на фронта на пожара. Горенето и обгазяването на територия с обща дължина над 30 км е регистрирано на сателитни снимки Aqua-MODIS. На фиг.1 е представено разположението на пожара върху карта на страната и региона. На фиг.2 е представена огнището но пожара. На фиг.3 е представена снимка във видимия диапазон на огнището на пожара, обгазения район. На фиг.4, фиг.5 и фиг.6 са представени снимки на пожара, обгазения

район и последствията от пожара. На фиг.7 и представена 3D изглед на избрания за наблюдение полигон и местоположението на възникналия пожар. На фиг.8 е представено незаконно сметище и процес на унищожаване на битови отпадъци чрез изгаряне в избрания полигон за наблюдение.

Заключение

Мениджмънтът на риска при горски пожари изисква отчитане на влиянието на незаконните сметища като пожарогенните обекти, провеждане на задълбочен анализ и синтезиране на алгоритми за минимизиране на риска. Това значително ще намали вероятността за възникване на горски пожари и критични събития в съпределните райони.



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8
SPONSORS:



TeleSCoPE (Telehealth Services Code of Practice for Europe) European Commission Programme of Community Action in the Field of Health (Contract No: 2009 11 11)



Patent Right Consulting, Ltd Sofia, Shipka St 34