He is wise, who knows the necessary; and not he, who knows much. Eshil, (525-456 BC) Мъдър е не онзи, който знае всичко, а който знае необходимото. Есхил (ок. 525 — 456 пр.н.е.)



© Space and Solar-Terrestrial Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences ISSN 1313 - 3888 2011





SES 2010





SES 2010 Sixth Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, SAFETY 2-4 November 2010, Sofia, Bulgaria

BULGARIAN ASTRONAUTICAL SOCIETY



BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES Space and Solar-Terrestrial Research Institute

BULGARIAN ASTRONAUTICAL SOCIETY

SIXTH SCIENTIFIC CONFERENCE with International Participation

SPACE ECOLOGY SAFETY

SES 2010

PROCEEDINGS

Organizational Committee

Honoured Chairman: Acad. Nikola Sabotinov

Chairman:	Members:
Prof. Dr. Petar Getsov	Prof. Tsvetan Dachev, DSc
	Prof. Zhivko Zhekov, DSc
Vice-Chairmen:	Assoc. Prof. Dr. Boycho Boychev
Prof. Garo Mardirossian, DSc	Assoc. Prof. Rumiana Kancheva
	Res. Fell. Dimitar Danov
Secretary:	Dr. Krassimir Stoyanov
Assoc. Prof. Dr. Tanya Ivanova	Res. Fell. Rumen Shkevov
	Res. Fell. Maria Dimitrova
	Res. Fell. Georgi Jelev
	Inna Tsenova, MS
	Lidiya Cholpanova, MS

Scientific-Programming Council

Acad. Lev Zelyoniy – 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 Corr. Member Petar Velinov, DSc Corr. Member Chavdar Roumenin, DSc Corr. Member Filip Filipov, DSc Prof. Dr. Petar Getsov Prof. Garo Mardirossian, DSc Prof. Nikola Vichev, DSc Assoc. Prof. Dr. Boyko Ranguelov Res. Fell. Lubomira Kraleva Tsveta Srebrova, MS

PROCEEDINGS

Publishing team:

Garo Mardirossian Lubomira Kraleva Tsveta Srebrova Georgi Jelev

This Collection contains reports presented orally or in the form of posters during the Sixth Scientific Conference with International Participation "Space, Ecology, Safety - SES 2010", which was held on 2–4 November 2010 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 and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences

ISSN 1313 - 3888

Bulgaria, Sofia 1113, *Acad. G. Bonchev* St., bl. 1, P.O.Box 799 phone: (+359 2) 988 35 03, (+359 2) 986 28 74, fax: (+359 2) 981 33 47 e-mail: office@space.bas.bg; http://www.space.bas.bg

CONTENTS

<u>Session 1</u> Space Physics
Николай Ерохин, Надежда Зольникова, Людмила Михайловская, Евгений Кузнецов, Румен Шкевов Особенности серфатронного ускорения заряженных частиц волнами в космической плазме.
Численное моделирование
Atanas Atanassov Median Algorithm for Sector Spectra Calculation from Images Registered by the Spectrometer Airglow Temperature Imager
Jordanka Semkova, Rositza Koleva, Stefan Maltchev, Nikolay Bankov, Victor Benghin, Inna Chernykh, Vyacheslav Shurshakov, Vladislav Petrov, Sergey Drobyshev Radiation Environment Investigation Results Obtained with Liulin-5 Experiment in the Human Phantom of Matroshka-R Project Aboard the International Space Station
Rositza Koleva, Borislav Tomov, Tsvetan Dachev, Yurii Matviichuk, Plamen Dimitrov Effects of Terrestrial Magnetosphere on Radiation Hazard during Moon Missions
Borislav Tomov, Tsvetan Dachev, Yury Matviichuk, Plamen Dimitrov, Gianni De Angelis, Santosh Vadavale, Jitendra Goswami, V. Girish The Near Earth Radiation Environment by the Radom Instrument on the Indian Chandrayyan-1
Satellite
Виталий Ишков, Юрий Кукса, Димитър Теодосиев, Игорь Шибаев, Ярослав Войта Проект «Шуман»: предварительные результаты по данным магнитометрического комплекса44
Peter Velinov, Lachezar Mateev, Alexander MishevModel of Cosmic Ray Ionization in the Ionosphere Taking into Account the Energy Intervals for Particle Penetration
<i>Peter Tonev, Peter Velinov</i> Simulation Study of Lightning Impact on the Global Atmospheric Electric Circuit of Varying Parameters
<i>Здравко Андонов</i> Авангардно откритие – космическа свободна енергия на Никола Тесла и нова космична научна стратегия & технологии
Tsvetan Dachev, Borislav Tomov, Yury Matviichuk, Plamen Dimitrov, Ondrej Ploc, Santosh Vadawale, Jitendra Goswami, Gianni De Angelis
Touston Dochow Devices Tomos View Materiabule Diserver Dimitroy Viela Unbibary
Ondrej Ploc
Main Specifications of a New Liulin Type Intelligent Crew Personal Dosimeter
Геннадий Беляев, Владимир Костин, Елена Трушкина, Ольга Овчаренко, Бойчо Бойчев Вариации параметров ионосферы при формировании и развитии тайфунов
Veneta Guineva, Irina Despirak, Rolf Werner, Espen Trøndsen Peculiarities of Auroral Emissions during Substorms
<i>Костадин Шейретски, Деян Гочев, Пламен Тренчев</i> Нелинейни явления при колебанието на екваториален спътник
<u>Session 2</u> Aerospace Technologies and Biotechnologies
Lidiva Vasilava Malina Jordanova
Aspects of Virtual Psychological Help

Malina Jordanova, Frederic Lievens, Lidiya Vasileva, Malcolm Fisk The Telehealth Services Code of Practice for Europe: TeleSCOPE Project
Иван Дандолов, Илияна Илиева, Таня Иванова, Йордан Найденов, Детелин Стефанов Разширяване характеристиките на оранжериен блок за осветление на RGB LEDs с добавяне на UV и FR LEDs
<i>Йордан Найденов, Таня Иванова, Илияна Илиева, Иван Дандолов</i> Виртуален блок за управление на Космическа оранжерия "CBET"
Константин Методиев, Йордан Найденов, Илиана Илиева, Христиан Панайотов Снемане на хидравлична характеристика на субстрат "Балканин" посредством тензиометър
Антонио Андонов, Мариана Михова, Петър Димкин Методи за предизкривяване и корекция за шумоустойчива обработка на сигнали в космическите радиолинии
<i>Николай Загорски</i> Оценка на експлоатационната надеждност при експлоатацията на вертолети AS 332 Super Puma
<i>Николай Загорски</i> Изследване на възможността за автоматизиране на процеса на анализ на видовете, последствията и критичността на отказите на въздухоплавателните средства
<i>Тинка Грозданова</i> Специфични явления в трибоматериалите при експлоатация в космически условия
<i>Тинка Грозданова</i> Физико-химически изменения в структурата на самосмазващите се композитни материали при работа във вакуум
<i>Dimitar Chervenkov</i> Assessment of the Effect of Probability Factors on Repair Duration
<i>Dimitar Chervenkov</i> Methods for Assessment of the Logistics Activities in Companies
Stiliyan Stoyanov, Garo Mardirossian Factor Analysis in the Process of Designing of Complex Optical Systems
Stiliyan Stoyanov Methods for Photometric Research of the Efficiency of Electronic-Optical Devices at Different Background Brightness
Деян Гочев, Пламен Тренчев, Константин Шейретски Информационни войни (ИВ) и реалността на необяснени аномални явления (НАЯ) 167
<i>Константин Методиев</i> Приложение на метода на еквивалентното вихрово покритие с постоянна интензивност за аеродинамичен анализ на обтичането на крилен профил
Иван Димитров Изследване на системата за изобразяване на информация на СЪЮЗ-ТМА
<i>Пламен Чернокожев, Борислав Генов, Георги Генов</i> Определяне на пределната балистична скорост на куршуми с различни механични качества
<i>Зоя Хубенова</i> Методически подходи към проблема за оценка на информационното натоварване на човека-оператор в ергатична система

Валентина Цекова Метод за самонастройка на система за управление на боен самонасочващ се безпилотен летателен апарат с измерване на истинската стръмност на пеленгационната характеристика
Adelina Miteva Stark Effect in Some Nanostructures 201
<i>Георги Генов</i> Определяне на характеристиките при разрушаването при динамично натоварване
<u>Session 3</u> Remote Sensing and Geoinformation Systems
Rolf Werner, Dimitar Valev, Atanas Atanasov, Veneta Guineva, Mariana Goranova, Andrej Kirilov Trend Analysis of the Stratospheric NO ₂ Slant Column Abundance at Stara Zagora
<i>Ангел Манев, Веселин Ташев, Стилиян Стоянов, Боян Бенев</i> Слънчевата активност и кратковременните температурни аномалии на повърхността на Черно море в аспекта на експериментите на Козирев
Румяна Кънчева, Деница Борисова, Георги Георгиев Определяне на растителното покритие по спектралните отражателни характеристики на системата почва-растителност
<i>Denitsa Borisova, Hristo Nikolov</i> Improvements of the Segmentation of Multispectral Images by Means of LSMA
<i>Димитър Кръстев, Богдана Мендева</i> 14 години измервания с ултравиолетов сканиращ спектрофотометър "Фотон-2"
Богдана Мендева, Димитър Кръстев Общото съдържание на озона над България
Dora Krezhova, Dimitrinka Hristova, Tony Yanev Spectral Reflectance Technique for Detection of Viral Infections in Tomato Plants (<i>Lycopersicon</i> <i>Esculentum L.</i>)
Александър Гиков, Петър Димитров Идентификация и картографиране на реликтните каменни ледници в Рила планина чрез използване на аерокосмически изображения
Александър Гиков Използване на дистанционни данни за изучаване на свлачища (на примера на свлачище- то при Генерал Гешево – Източни Родопи)
Lachezar Filchev Land Use/Land Cover Classification of the Teyna River Basin Using Automated Feature Extraction (AFE) Algorithms
Vassil Vassilev, Eugenia Roumenina Accuracy Assessment Comparison of Per-Pixel Supervised and Object-Oriented Land-Cover Classifications on a QuickBird Image
<i>Стефан Стаменов</i> Визуално дешифриране на сателитно изображение от спътника World-View 1 на средновековния град Плиска
Valentin Atanassov, Georgi Jelev, Lubomira Kraleva Major Remote Sensing Development Tendencies in the Coming Decade

Session 4 Ecology and Risk Management Rumiana Kancheva, Denitsa Borisova, Georgi Georgiev Ecology-Related Spectrometric Studies of Agricultural Crops 307 Mopdan Tacea, Jumumpunka Tomoca EcrectBerkin via ArtponorenHiv Brunshvin Babxy Markutre rasobu Cactabku B atmocdepata 311 Stojan Velkoski Influence of the Radiations on the Increase of the Human Skin Electric Component Resistance and Protection by BiO-SPH Neutralizers-Transformers 317 Panuqa Bep6epoea 321 Panuqa Bep6epoea 328 Panuqa Bep6epoea 328 Panuqa Bep6epoea 328 Penuqa Sep6epoea 328 Penuqa Sep6epoea 328 Penuqa Bep6epoea 328 Penuqa Bep6epoea, Unux Yonakoe 333 Pericorphapa He au ULF reomannutriti Bapuaquu Ha teputopusta Ha Eburapus 343 Bozhidar Srebrov, Emil Botev 351 Observation of Geomagnetic Field Disturbances during Earthquakes 351 Rumen Kodzheykov, Stillyan Stoyanov, Angel Manev, Dimitar Chervenkov, Margarita Philpova 366 Anexcavdbp Fuxce 361 Ansexcavdbp Fuxce 361 Ansexcavdbp Fuxce 362 Panuqa Bep6epoea	<i>Здравко Андонов</i> Фундаментално откритие – трансференция на светлината & електромагнитните вълни и микровълнова RS стратегия – Космос – Земя – Човек
Rumiana Kancheva, Denitsa Borisova, Georgi Georgiev 307 Ecology-Related Spectrometric Studies of Agricultural Crops 307 Йордан Tacee, Димитринка Томова 311 Eccrettreetu ei Artynonreehlu Brushus Boxy Markute rasobu c'octabku B atmoc/depata 311 Stojan Velkoski 311 Influence of the Radiations on the Increase of the Human Skin Electric Component Resistance and Protection by BIO-SPH Neutralizers-Transformers 317 Panuug Sep6epoea 321 Panuug Sep6epoea 321 Предложение за нова класификация на екокатастрофите 328 Panuug Sep6epoea 322 Powuda Geotrawa, cucreaw as npeeenturs и национална curyphoct 322 Foxudap Cpe6poe, Unun Honzee 328 Panuug Sep6epoea, Unun Honzee 332 Powuda Geotrawa, cucreaw as npeeenturs и национална curyphoct 332 Soxudap Cpe6poe, Unun Honzee 3343 Bozhidar Srebrov, Emil Botev 343 Observation of Geomagnetic Field Disturbances during Earthquakes 361 Rumen Kodzheykov, Stiliyan Stoyanov, Angel Manev, Dimitar Chervenkov, Margarita Philipova 361 Aleexcandъp Гикое 361 Redepomauwa E canavuutero npu kus. Opanobo (r. Cumwtnu) npes 2010 година 365 <	<u>Session 4</u> Ecology and Risk Management
Йордан Тасее, Димитринка Томоеа	Rumiana Kancheva, Denitsa Borisova, Georgi Georgiev Ecology-Related Spectrometric Studies of Agricultural Crops
Stojan Velkoski Influence of the Radiations on the Increase of the Human Skin Electric Component Resistance and Protection by BIO-SPH Neutralizers-Transformers 317 Panuqa Берберова 321 Panuqa Берберова 321 Panuqa Берберова 328 Panuqa Берберова 328 Panuqa Берберова 328 Panuqa Берберова, Рангел Гюров 332 Природни бедствия, системи за превенция и национална сигурност 332 <i>Божидар Сребров, Илия Чолаков</i> 9 Perncruppane на ULF reomarnet/ne вариации на територията на България 343 Bozhidar Srebrov, Emil Botev 0 Observation of Geomagnetic Field Disturbances during Earthquakes 351 Rumen Kodzheykov, Stiliyan Stoyanov, Angel Manev, Dimitar Chervenkov, Margarita Philipova 366 Atmospheric Pollution by Industry 356 Meangarita Philipova 361 Anekcanðър Гиков 362 Деформации в свлачището при кв. Ораново (г. Симитли) през 2010 година 363 Anekcanðър Гиков 373 Session 5 Азторрнуз ics and Nonlinear Dynamics 373 Hukonaü Epoxun, Haðeæða Зольникова, Людиша Михайловская, Ирина Краснова, Румен Шкевов <	<i>Йордан Тасев, Димитринка Томова</i> Естествени и антропогенни влияния върху малките газови съставки в атмосферата311
Ралица Берберова 321 Ралица Берберова 328 Предложение за нова класификация на екокатастрофите 328 Ралица Берберова 332 Ралица Берберова, Рангел Гюрое 332 Природни бедствия, системи за превенция и национална сигурност 332 Божидар Сребров, Илия Чолаков Регистриране на ULF геомагнитни вариации на територията на България 343 Bozhidar Srebrov, Emil Botev Observation of Geomagnetic Field Disturbances during Earthquakes 351 Rumen Kodzheykov, Stiliyan Stoyanov, Angel Manev, Dimitar Chervenkov, Margarita Philipova 356 Atmospheric Pollution by Industry 356 Ивениджмънт на риска при горски пожари – информационен слой пожарогенни обекти 361 Александър Гиков Деформации в свлачището при кв. Ораново (г. Симитли) през 2010 година 365 Александър Гиков, Хернани Спиридонов, Георги Желев 373 Session 5 Аstrophysics and Nonlinear Dynamics Миколай Ерохин, Надежда Зольникова, Людмила Михайловская, Ирина Краснова, Румен Шкевов Влияние когрерентных структур на поведение флуктуаций электрического поля в грозовой облачности 383 Красимира Янкова, Лъчезар Филипое 383 Влияние когрерентных структур на поведение флуктуаций электрического поля в грозовой облачности 383 <td>Stojan Velkoski Influence of the Radiations on the Increase of the Human Skin Electric Component Resistance and Protection by BIO-SPH Neutralizers-Transformers</td>	Stojan Velkoski Influence of the Radiations on the Increase of the Human Skin Electric Component Resistance and Protection by BIO-SPH Neutralizers-Transformers
Ралица Берберова	<i>Ралица Берберова</i> Аналитичен обзор на природните бедствия по света
Ралица Берберова, Рангел Гюров 332 Природни бедствия, системи за превенция и национална сигурност 332 Божидар Сребров, Илия Чолаков 343 Регистриране на ULF геомагнитни вариации на територията на България 343 Bozhidar Srebrov, Emil Botev 351 Observation of Geomagnetic Field Disturbances during Earthquakes 351 Rumen Kodzheykov, Stiliyan Stoyanov, Angel Manev, Dimitar Chervenkov, Margarita Philipova 356 Atmospheric Pollution by Industry 356 Иван Димитров 361 Мениджмънт на риска при горски пожари – информационен слой пожарогенни обекти 361 Александър Гиков Деформации в свлачището при кв. Ораново (г. Симитли) през 2010 година 365 Александър Гиков, Хернани Спиридонов, Георги Желев 373 373 Session 5 А st rophysics and Nonlinear Dynamics 373 Николай Ерохин, Надежда Зольникова, Людмила Михайловская, Ирина Краснова, Румен Шкевов 383 Влияние когерентных структур на поведение флуктуаций электрического поля в грозовой облачности 383 Красимира Янкова, Лъчезар Филипов 389 Вазимодействието на магнитното поле на компактен обект с неговия диск 389 Вазимодействието на магн	<i>Ралица Берберова</i> Предложение за нова класификация на екокатастрофите
Божидар Сребров, Илия Чолаков 343 Регистриране на ULF геомагнитни вариации на територията на България 343 Bozhidar Srebrov, Emil Botev 351 Observation of Geomagnetic Field Disturbances during Earthquakes 351 Rumen Kodzheykov, Stiliyan Stoyanov, Angel Manev, Dimitar Chervenkov, Margarita Philipova 356 Atmospheric Pollution by Industry 356 Иван Димитров 361 Мениджмыт на риска при горски пожари – информационен слой пожарогенни обекти 361 Александър Гиков 365 Деформации в свлачището при кв. Ораново (г. Симитли) през 2010 година 365 Александър Гиков, Хернани Спиридонов, Георги Желев 373 Session 5 Аstrophysics and Nonlinear Dynamics 373 Николай Ерохин, Надежда Зольникова, Людмила Михайловская, Ирина Краснова, Румен Шкевов 383 Влияние когерентных структур на поведение флуктуаций электрического поля в грозовой облачности 383 Красимира Янкова, Лъчезар Филипов 383 Взаимодействието на магнитното поле на компактен обект с неговия диск 389 Deyan Gotchev, Plamen Trenchev, Kontstantin Sheiretsky 395 Comments on the Variability of Basic Concepts about the Universe 395 Daniela Boneva, Lachezar Filipov	<i>Ралица Берберова, Рангел Гюров</i> Природни бедствия, системи за превенция и национална сигурност
Bozhidar Srebrov, Emil Botev 351 Observation of Geomagnetic Field Disturbances during Earthquakes 351 Rumen Kodzheykov, Stiliyan Stoyanov, Angel Manev, Dimitar Chervenkov, Margarita Philipova Atmospheric Pollution by Industry 356 Иван Димитров 361 Мениджмънт на риска при горски пожари – информационен слой пожарогенни обекти 361 Александър Гиков 365 Деформации в свлачището при кв. Ораново (г. Симитли) през 2010 година 365 Александър Гиков, Хернани Спиридонов, Георги Желев 373 Session 5 Аstrophysics and Nonlinear Dynamics Николай Ерохин, Надежда Зольникова, Людмила Михайловская, Ирина Краснова, Румен Шкевов 383 Блияние когерентных структур на поведение флуктуаций электрического поля в грозовой облачности 383 Красимира Янкова, Лъчезар Филипов 389 Взаимодействието на магнитното поле на компактен обект с неговия диск 389 Deyan Gotchev, Plamen Trenchev, Kontstantin Sheiretsky 395 Comments on the Variability of Basic Concepts about the Universe 395 Daniela Boneva, Lachezar Filipov 398	<i>Божидар Сребров, Илия Чолаков</i> Регистриране на ULF геомагнитни вариации на територията на България
Rumen Kodzheykov, Stiliyan Stoyanov, Angel Manev, Dimitar Chervenkov, Margarita Philipova Atmospheric Pollution by Industry 356 Иеан Димитрое Мениджмънт на риска при горски пожари – информационен слой пожарогенни обекти 361 Александър Гиков Деформации в свлачището при кв. Ораново (г. Симитли) през 2010 година 365 Александър Гиков, Хернани Спиридонов, Георги Желев 373 Увсясвана на свлачищните процеси между селата Устрен и Генерал Гешево, Източни 373 Session 5 Аstrophysics and Nonlinear Dynamics Николай Ерохин, Надежда Зольникова, Людмила Михайловская, Ирина Краснова, 383 Красимира Янкова, Лъчезар Филипов 383 Взаимодействието на магнитното поле на компактен обект с неговия диск 389 Deyan Gotchev, Plamen Trenchev, Kontstantin Sheiretsky 395 Comments on the Variability of Basic Concepts about the Universe 395 Daniela Boneva, Lachezar Filipov 398	Portidar Statray Emil Potov
Иван Димитров Мениджмънт на риска при горски пожари – информационен слой пожарогенни обекти	Observation of Geomagnetic Field Disturbances during Earthquakes
Александър Гиков Деформации в свлачището при кв. Ораново (г. Симитли) през 2010 година 365 Александър Гиков, Хернани Спиридонов, Георги Желев Изследване на свлачищните процеси между селата Устрен и Генерал Гешево, Източни 373 Session 5 Аstrophysics and Nonlinear Dynamics 373 Николай Ерохин, Надежда Зольникова, Людмила Михайловская, Ирина Краснова, Румен Шкевов 383 Влияние когерентных структур на поведение флуктуаций электрического поля в грозовой облачности 383 Красимира Янкова, Лъчезар Филипов 383 Взаимодействието на магнитното поле на компактен обект с неговия диск 389 Deyan Gotchev, Plamen Trenchev, Kontstantin Sheiretsky 395 Daniela Boneva, Lachezar Filipov 398	Bozindar Srebrov, Enni Botev Observation of Geomagnetic Field Disturbances during Earthquakes Rumen Kodzheykov, Stiliyan Stoyanov, Angel Manev, Dimitar Chervenkov, Margarita Philipova Atmospheric Pollution by Industry 356
Александър Гиков, Хернани Спиридонов, Георги Желев Изследване на свлачищните процеси между селата Устрен и Генерал Гешево, Източни Родопи	Bozinidal Srebrov, Ermin Botev Observation of Geomagnetic Field Disturbances during Earthquakes Rumen Kodzheykov, Stiliyan Stoyanov, Angel Manev, Dimitar Chervenkov, Margarita Philipova Atmospheric Pollution by Industry 356 Иван Димитров Мениджмънт на риска при горски пожари – информационен слой пожарогенни обекти 361
Session 5Astrophysics and Nonlinear DynamicsНиколай Ерохин, Надежда Зольникова, Людмила Михайловская, Ирина Краснова, Румен ШкевовВлияние когерентных структур на поведение флуктуаций электрического поля в грозовой облачностиоблачности	Воглиан Sreprov, Emil Botev Observation of Geomagnetic Field Disturbances during Earthquakes Rumen Kodzheykov, Stiliyan Stoyanov, Angel Manev, Dimitar Chervenkov, Margarita Philipova Atmospheric Pollution by Industry Мениджмънт на риска при горски пожари – информационен слой пожарогенни обекти Зб1 Александър Гиков Деформации в свлачището при кв. Ораново (г. Симитли) през 2010 година Зб5
Николай Ерохин, Надежда Зольникова, Людмила Михайловская, Ирина Краснова, Румен Шкевов Влияние когерентных структур на поведение флуктуаций электрического поля в грозовой облачности облачности 383 Красимира Янкова, Лъчезар Филипов Взаимодействието на магнитното поле на компактен обект с неговия диск 389 Deyan Gotchev, Plamen Trenchev, Kontstantin Sheiretsky Comments on the Variability of Basic Concepts about the Universe 395 Daniela Boneva, Lachezar Filipov 398	Bozinidal Stebrov, Entri Botev Observation of Geomagnetic Field Disturbances during Earthquakes
Красимира Янкова, Лъчезар Филипов Взаимодействието на магнитното поле на компактен обект с неговия диск	Boznical Steprov, Emil Botev Observation of Geomagnetic Field Disturbances during Earthquakes Rumen Kodzheykov, Stiliyan Stoyanov, Angel Manev, Dimitar Chervenkov, Margarita Philipova Atmospheric Pollution by Industry Аtmospheric Pollution by Industry Мениджмънт на риска при горски пожари – информационен слой пожарогенни обекти Зб1 Александър Гиков Деформации в свлачището при кв. Ораново (г. Симитли) през 2010 година Изследване на свлачищните процеси между селата Устрен и Генерал Гешево, Източни Родопи Зт3 Session 5 Astrophysics and Nonlinear Dynamics
Deyan Gotchev, Plamen Trenchev, Kontstantin Sheiretsky Comments on the Variability of Basic Concepts about the Universe Daniela Boneva, Lachezar Filipov Waves and Interacting Flows in Accretion Close Binary Star Systems 398	Doservation of Geomagnetic Field Disturbances during Earthquakes
Daniela Boneva, Lachezar Filipov Waves and Interacting Flows in Accretion Close Binary Star Systems	Dobservation of Geomagnetic Field Disturbances during Earthquakes
	Dobservation of Geomagnetic Field Disturbances during Earthquakes

Session 1

Space Physics

Chairman: Corr. Member Peter Velinov, DSc Secretary: Res. Fell. Maria Dimitrova

ОСОБЕННОСТИ СЕРФАТРОННОГО УСКОРЕНИЯ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ ВОЛНАМИ В КОСМИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЕ. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Николай Ерохин¹, Надежда Зольникова¹, Людмила Михайловская¹, Евгений Кузнецов¹, Румен Шкевов²

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

Ключевые слова: серфинг зарядов, космическая плазма, ультрарелятивистское ускорение, электромагнитные волны, черенковский резонанс, пороговые амплитуды, численные расчеты.

Абстракт: На основе численных расчетов рассмотрены особенности ультрарелятивистского ускорения заряженных частиц электромагнитными волнами конечной амплитуды в космической плазме (механизм серфинга зарядов на волнах). Задача сведена к анализу нелинейного, нестационарного уравнения второго порядка для фазы на несущей частоте волнового пакета (на траектории частицы), которое решается численно. Целью работы является исследование особенностей ультрарелятивистского ускорения заряженных частиц волновым пакетом с плавной огибающей его амплитуды. Изучена временная динамика колебаний ускоряемого заряда в эффективном потенциале волнового пакета в зависимости от начальных значений компонент импульса заряда, фазовой скорости волны и других параметров. На плоскости начальных данных область захвата частиц в режим ультрарелятивистского ускорения является достаточно широкой по начальной фазе волны на траектории заряда. Максимальная энергия ускоренных частиц возрастает пропорционально ширине локализованного в пространстве волнового пакета и зависит от соотношения знаков начальных компонент импульса зарядов, перпендикулярных внешнему магнитному полю. Сформулированы оптимальные условия для максимальной эффективности ускорения частиц при серфинге на волновых пакетах в космической плазме.

THE FEATURES OF STRONG SURFATRON ACCELERATION OF CHARGED PARTICLES BY WAVES IN SPACE PLASMAS. NUMERICAL MODELLING

Nikolay Erokhin¹, Nadezhda Zolnikova¹, Ludmila Mikhailovskaya¹, Evgenii Kuznetsov¹, Rumen Shkevov²

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

Key words: surfatron acceleration, space plasma, highly relativistic acceleration, electromagnetic waves, cherenkov resonance, threshold amplitudes, numerical calculations.

Abstract: Features of ultrarelativistic acceleration of charged particles by packages of finite amplitude electromagnetic waves in space plasma (surfing mechanism of charges on waves) are considered on the basis of numerical calculations. The problem is reduced to the analysis of the second order nonlinear, nonstationary equation for a phase of main wave on the particle trajectory which is solved numerically. The purpose of this investigation is to consider the features of effective highly relativistic charged particle acceleration by smooth envelope amplitude wave package. The temporal dynamics of accelerated charges within wave package effective potential has been studied depending on the initial value of the charged pulse which is perpendicular to the external magnetic field, the wave phase velocity and other parameters. On the initial data area plane, the particles' domain of capture, in regime of ultrarelativistic accelerated particles increases proportionally to the wave package width and depends essentially on the relation between initial values of the charge pulse components' sign ratio perpendicular to the external magnetic field. The optimum conditions for particles' acceleration with maximum efficiency by wave packets in space plasma are formulated.

Введение

Исследование механизмов генерации потоков ультрарелятивистских частиц с энергиями (10⁹ ÷ 10²²) эВ входит в число актуальных задач астрофизики, в частности, это весьма важно для проблемы происхождения космических лучей. Одним из главных механизмов формирования потоков ультрарелятивистских частиц в космической плазме является серфинг зарядов на электромагнитных волнах (см., например, работы [1-7]).

При этом для оценок числа ускоренных частиц, их максимальной энергии, энергетических спектров, определения параметров электромагнитных волн, при которых возможна генерация потоков ультрарелятивистских частиц в условиях космической плазмы, необходимы, в частности, детальный анализ механизма захвата заряженных частиц в режим сильного ускорения, эффективности ускорения при воздействии пакетов из волн конечной амплитуды.

В настоящей работе представлены результаты численных расчетов захвата и сильного (ультрарелятивистского) ускорения заряженных частиц в магнитоактивной плазме при воздействии локализованного в пространстве пакета электромагнитных волн с плавной огибающей амплитуды, в котором максимальная величина электрического поля выше некоторого порогового значения.

Считая характеристики волнового пакета заданными и постоянными, а также учитывая интегралы движения для ускоряемых заряженных частиц, задачу удается свести к анализу нестационарного, нелинейного уравнения второго порядка диссипативного типа для несущей фазы волнового пакета на траектории рассматриваемой частицы. Полагаем также, что волны распространяются поперек достаточно слабого внешнего магнитного поля, а максимальная амплитуда поля в пакете выше порогового значения, что обеспечивает реализацию механизма серфинга. Следует отметить, что серфотронное ускорение зарядов возможно и при косом (относительно внешнего магнитного поля) распространении волн. Численными расчетами изучена временная динамика колебаний ускоряемого заряда в эффективном потенциале в зависимости от начального значения фазы, величины фазовой волнового пакета на несущей частоте и компонент релятивистского импульса частицы. Естественно, что для реализации ультрарелятивистского ускорения зарядов толщина волнового пакета должна быть достаточно большой.

Показано, что при захвате частицы в режим сильного ускорения с течением времени несущая фаза волнового пакета на траектории захваченной частицы медленно выходит на некоторое асимптотическое значение, соответствующего ускоряющему волновому полю, что является отличительной особенностью механизма серфинга. Компоненты импульса захваченного заряда и его релятивистский фактор увеличиваются практически линейно с ростом времени, что соответствует постоянному темпу ускорения частиц, захваченных волной, при изменении амплитуды ускоряющего поля. Темп ускорения существенно возрастает при увеличении фазовой скорости волны на несущей частоте. При выборе релятивистских значений фазовой скорости волны наибольшее ускорение идет по направлению распространения волны. В обратном случае – низких значений фазовой скорости основное ускорение происходит вдоль волнового фронта

Основные уравнения и численные расчеты серфотронного ускорения

Считая нелинейные эффекты для ускоряющих волн малыми полагаем, что амплитуды волн существенно ниже характерного поля релятивистской нелинейности т.е. выполняется условие $\sigma = e E_0 / m c \omega \ll 1$. Напомним, что захват зарядов в режим серфинга происходит в случае, когда безразмерная амплитуда волнового пакета выше следующего порогового значения $\sigma > u \gamma_p \equiv u / (1 - \beta_p^2)^{1/2}$. Ниже используется обозначение $\beta = v / c$.

Рассмотрим волновой пакет с гауссовским спектром и несущей частотой $\omega_0 = \omega(k_0)$. Для замедленной плазменной волны (ck₀ > ω_0), когда возможен черенковский резонанс с частицами, используем дисперсионное уравнение с обозначениями Y = ω_0 / ω_{pe} , X = ck₀ / ω_{pe} , v = $\omega_{He} / \omega_{pe}$

(1)
$$Y^2 = 1 + 0.5 (X^2 + v^2) - [v^2 + 0.25 (X^2 - v^2)^2]^{0.5}$$
.

Здесь для рассматриваемого ниже случая с $k_0 > \omega_0$ параметр Y^2 находится в интервале значений 1 < Y^2 < 1 + v^2 . Поскольку нелинейным взаимодействием мод в пакете

пренебрегается параметр v^2 нужно считать малым. Согласно (1) это означает также, что отношение отношение групповой скорости к фазовой на несущей частоте будет малым. Важно отметить, что X > 1 и частотный спектр волнового пакета достаточно узкий. Используя (1) легко вычислить скорости $v_g \approx \omega_{pe} \omega_{He}^2 / c^2 k_0^3$, $v_p \approx \omega_{pe} / k_0$. Для гауссовского спектра волн в пакете имеем

(2)
$$E_{X}(x,t) = E_{m} \exp[-\zeta^{2}/L^{2}] \cos(\omega_{0} t - k_{0} x),$$

где $\zeta = x - v_g(k_0) t$, масштаб L = 1 / k_p есть полуширина локализованного волнового пакета, движущегося со скоростью $v_g(k_0)$. Другие компоненты полей E_y , H_z находятся по аналогии с (2). С учетом (2) характерное время пересечения захваченным зарядом волнового пакета порядка $\delta t \sim 2L$ / v_p или в безразмерных переменных имеем $\delta \tau \sim 2L k_0$. За это время центр волнового пакета сместится на расстояние $\delta x \sim 2L v_g / v_p << 2L$. Численные расчеты показали, что сильное (ультрарелятивистское ускорение захваченных зарядов имеет место в случае времен удержания частиц пакетом в ускоряющей фазе поля порядка $\tau_1 \ge 10^4$. Следовательно, условие 2L $k_0 \ge 10^4$ обеспечивает длительное удержание и сильное ускорение зарядов локализованным волновым пакетом в магнитоактивной плазме.

При численных расчетах серфинга зарядов на волновом пакете задачу можно упростить. Во-первых, можно пренебречь малыми вихревыми компонентами волновых полей E_V , H_Z и для фазы пакета на несущей частоте $\Psi_O(\tau) = (\omega_O t - k_O x)$ использовать уравнение

(3)
$$\gamma \beta_{po} d^2 \Psi_0 / d\tau^2 - (1 - \beta_x^2) \cdot (e E_x / mc\omega_0) - u_0 \beta_y = 0,$$

где $E_x(x,t)$ определено формулой (2), $\beta_{po} = \omega_0 / ck_0$, $\gamma = (1 + h^2 + r_0^2)^{0.5} / (1 - \beta_x^2)^{0.5}$, $r_0 = \gamma \beta_y$ и учтены интегралы движения J = $\gamma \beta_y + u_0 \beta_{po} (\Psi_0 - \tau)$, $\gamma \beta_z = h$. Компонента скорости заряда β_x в выражении (3) задана формулой $\beta_x = \beta_{po} [1 - (d\Psi_0 / d\tau)]$. Отметим, что эффекты частотной дисперсии малы и (3) вполне пригодно для описания релятивистского серфинга при выполнении условия на входящие параметры задачи $\tau_1^2 << (X_0^2 / \nu)^4 \cdot (\omega_{pe} L / c)^4$. Границы x_1 , x_2 области $x_1 < x < x_2$, в которой возможны захват заряда волновым пакетом и последующее его ускорение, находятся из условия $u_0 \gamma_{po} < (eE_m / mc\omega_0) \cdot exp(-\zeta^2 / L^2)$.

Для замедленной волны Y² = 1 + 0.5 (X² + v²) - [v² + 0.25 (X² - v²)²]^{0.5}, что дает следующее выражение для групповой скорости электромагнитной волны v_g $\approx \omega_{pe} \omega_{He}^2/c^2 k^3$. Рассмотрим пакет электромагнитных волн с гауссовским распределением по амплитудам вида E_x(x,t) = J dk E(k) exp (i ω t - ikx), E(k) = E_m exp [- ($\delta k / k_p$)²]. Полагаем k = k_o + δk . Тогда имеем ω t - kx = Ψ_o - $\zeta \cdot \delta k$ + $\mu \cdot (\delta k)^2$, где ζ = x - v_gt , μ = 0.5 t d² ω / dk². В итоге поле волнового пакета определяется формулой (2), а для несущей фазы на траектории заряда с учетом явного вида коэффициентов получаем уравнение ($\beta = \beta_{po}$, u = u_o)

$$\frac{d^2}{dt^2} \Psi - \frac{\left[1 - \beta\right]}{\beta \sqrt{1 + h^2}}$$
$$- \frac{u \left[J + \beta u\right]}{\beta \cdot \left[1 + h^2 + \left[J + \beta\right]\right]}$$

(4)

Выполненные численные расчеты серфинга зарядов на волновом пакете показали, что в зоне волнового пакета, где амплитуда электрического выше порогового значения, при нахождении заряда в диапазоне благоприятных фаз Ψ_0 , который оказался довольно широким, а скорость заряда в направлении распространения волнового пакета соответствует условию реализации черенковского резонанса $\beta_{\rm X}(0)\approx\beta_{\rm PO}$, происходят захват и последующее сильное релятивистское ускорение зарядов локализованным волновым пакетом. Установлено, что набор энергии частицей возрастает с увеличением характерной полуширины ρ движущегося с групповой скоростью волнового пакета. Следовательно, генерация потоков ускоренных частиц в космической плазме за счет механизма серфинга возможна и при взаимодействии зарядов с локализованными пакетами электромагнитных волн.

Согласно численным расчетам при ускорении захваченной частицы ее релятивистский фактор и поперечные к внешнему магнитному полю компоненты импульса возрастают практически пропорционально времени удержания заряда волновым пакетом в эффективной потенциальной яме. При этом поперечные компоненты скорости заряда β_{x} , β_{v} выходят на

асимптотические значения, а продольная (относительно внешнего магнитного поля) скорость β_{z}

стремится к нулю. При достаточно сильном ускорении с течением времени ускоряемые частицы конденсируются на дно эффективной потенциальной ямы, которая является нестационарной, т.е. имеет место сжатие сгустка захваченных частиц вдоль оси х. На плоскости (Ψ, dΨ/dτ) дно эффективной потенциальной ямы является устойчивым фокусом. В модельных расчетах также выявлено, что оптимальным условием высокой эффективности ускорения частиц локализованным волновым пакетом является близость фазовой и групповой скоростей на несущей частоте.

На рисунках ниже представлены результаты численных расчетов для ряда вариантов выбора параметров задачи. На рис.1 для случая u = 0.1, β_{po} = 0.4, h = 300, g = 200, ρ = $6\cdot 10^4$ показана динамика фазы волнового пакета на несущей частоте при выборе начальных данных $\Psi(0)$ = 12130 $\cdot\pi$ + 3.34, $d\Psi/d\tau$ $|_{\tau=0}$ = 0. Как видим, для захваченной частицы имеются вариации в диапазоне – 1.792 < $\Psi(\tau)$ - $\Psi(0)$ < 0.326. Удержание заряда волновым пакетом реализуется для времен τ < 71028 при σ = 1.5 σ_c , где пороговое значение безразмерной амплитуды волны равно σ_c = 0.109.



Рис. 1. Динамика фазы на траектории ускоряемой частицы

В данном варианте $\gamma(0) \approx 393.4$, max $\gamma \approx 3322$ т.е. энергия частицы увеличилась почти на порядок. График релятивистского фактора $\gamma(\tau)$ и его линейной аналитической аппроксимации $M(\tau) = 1637 + 0.0426 \cdot (\tau - 31785)$ даны на рис.2. Согласно рис.2 за исключением малого начального участка несмотря на колебания фазы $\Psi(\tau)$ и неоднородность поля волнового пакета наблюдается рост энергии захваченной частицы практически с постоянным темпом ускорения.



Рис. 2. График релятивистского фактора и его аналитической аппроксимации

Временная динамика функции соз $\Psi(\tau)$, определяющей темп ускорения электрона, показана на рис.3. Для захваченной частицы эта функция осциллирует в диапазоне фазы, соответствующем действию ускоряющего поля волнового пакета, а после вылета заряда из потенциальной ямы она быстро осциллирует в интервале (-1, 1) и ее среднее значение равно нулю т.е. набор энергии частицей (теперь уже пролетной) отсутствует.



Рис. 3. Временная динамика функции $\cos \Psi(\tau)$

В силу сохранения импульса заряда в направлении внешнего магнитного поля компонента его скорости β_Z во время ускорения уменьшается: $\beta_Z(0) \approx 0.763$, $\beta_Z(120000) \approx 0.09$. Поперечная компонента скорости $\beta_{\perp}(\tau) = \{ [\beta_X(\tau)]^2 + [\beta_y(\tau)]^2 \}^{0.5}$ для захваченной частицы увеличивается : $\beta_{\perp}(0) = 0.647$, $\beta_{\perp}(100000) = 0.996$. Типичная динамика на плоскости (β_X , β_y) показана на рис.4 Поскольку в начальный момент времени импульс $h = \gamma \cdot \beta_Z$ был достаточно большим, траектория на рис.4 для захваченной частицы почти вертикальна, затем после вылета из эффективной потенциальной ямы и реализации ларморовского вращения траектория весьма близка к окружности. Результаты численного расчета траектории частицы на плоскости (η , ξ), где $\eta = \omega$ y / c, $\xi = \omega$ x / c, представлены на рис.5. Отметим следующее. Как видно из графика на рис.5, для захваченной, ускоряемой частицы траектория близка к прямолинейной, после вылета заряда из эффективной потенциальной ямы волнового пакета происходит ларморовское вращение. С увеличением фазовой скорости волны прямолинейный участок траектории частицы становится более вертикальным.



Рис. 4. Динамика движения заряда на плоскости (β_{x} , β_{v})



Рис. 5. Траектория частицы на плоскости (х, у)

Приведем асимптотические значения поперечных компонент скорости положительного заряда при его сильном ускорении волновым пакетом и фазы пакета на несущей частоте для дна эффективной потенциальной ямы: $\beta_{\rm X} \approx \beta_{\rm p}$, $\beta_{\rm y} \approx -1 / \gamma_{\rm p}$, $\cos \Psi \approx \sigma_{\rm C} / \sigma$. Аналогичные результаты получаются и для других значений исходных параметров. Принципиальный момент возникает в случае рассогласования знаков начальных компонент импульса частицы. Так в рассмотренном выше варианте положим g = - 200 оставив остальные параметры прежними. Тогда частица оставаясь захваченной пакетом вначале тормозится уменьшая компоненту скорости $\beta_{\rm y}$ до нуля и только после смены знака $\beta_{\rm y}$ начинается ускорение. Компонента скорости $\beta_{\rm z}$ вначале возрастает до величины 0.922 (при $\tau \approx 5190$), а затем вследствие ускорения как и ранее уменьшается. На интервале торможения имеем min $\beta_{\perp} \approx 0.3896$. При ускорении аналитическая аппроксимация $\gamma(\tau)$ имеет вид $M(\tau) \approx 1564 + 0.0426$ ($\tau - 40000$). В

данном случае max γ ≈ 2741 т.е. меньше значения в предыдущем варианте. Участок торможения занимает больше времени при увеличении |g |, например, в случае g = - 500. Таким образом рассогласование знаков поперечных компонент импульса частицы является неблагоприятным фактором для серфинга зарядов на электромагнитных волнах и снижает набор энергии частиц при черенковском резонансе с волной. В режиме торможения заряды передают энергию волн тем самым усиливая ее.

Заключение

Рассмотрено ультрарелятивистское ускорение заряженных частиц локализованными в пространстве пакетом электромагнитных волн в космической плазме. Задача решается численно на основе нелинейного, нестационарного уравнения второго порядка для несущей фазы пакета на траектории частицы.

При захвате частиц в режим серфинга поперечные к внешнему магнитному полю компоненты импульса захваченной частицы увеличиваются практически линейно с ростом времени, а поперечные компоненты скорости заряда при сильном ускорении, когда максимальная энергия значительно превышает ее начальное значение, были практически постоянны.

Согласно расчетам реализация черенковского резонанса частицы с пакетом требует достаточно малых отстроек компоненты скорости заряда вдоль направления распространения пакета от фазовой скорости. Однако диапазон начальных фаз волнового пакета на несущей частоте, в котором имеют место захват и последующее сильное ускорение заряда, оказывается достаточно широким.

На этапе ускорения траектория частицы в плоскости, перпендикулярной внешнему магнитному полю, близка к прямолинейной. После смещения заряда в область, где поле пакета ниже порогового значения, ускорение прекращается и происходит его ларморовское вращение. Оптимальным условием высокой эффективности серфотронного ускорения заряженных частиц является согласование знаков компонент импульса заряда вдоль волнового фронта и в направлении распространения волнового пакета. Темп ускорения оказывается практически постоянным и возрастает при увеличении фазовой, а также групповой скоростей волнового пакета на несущей частоте. Следует однако заметить, что с ростом фазовой скорости волны увеличивается пороговое (для захвата частиц пакетом) значение амплитуды электрического поля.

Проведенное исследование представляет интерес для корректной интерпретации экспериментальных данных по регистрации потоков релятивистских частиц в космических условиях включая околоземное пространство, в частности, отклонений их спектров от стандартных степенных скейлингов (см., например, [8]).

Литература:

1. K a t s o u l e a s, N., J. D a w s o n. Physical Review Letters, 1983, v.51, № 5, p.392.

- 2. Березинский, В. С., С. В. Буланов, В. Л. Гинзбург, В. А. Догель, В. С. Птускин. Астрофизика космических лучей, Москва, Наука. 1990, 256 с.
- 3. Ерохин, Н. С., С. С. Моисеев, Р. 3. Сагдеев. Письма в Астрономический журнал, 1989, т.15, № 1, с.3.
- 4. Кичигин, Г. Н. ЖЭТФ, 2001, т.119, вып.6, с.1038.
- 5. Е r o k h i n, N., N. Z o l n i k o v a, R. S h k e v o v, L. M i k h a i l o v s k a y a, P. T r e n c h e v. Доклади на Българската академия на науките, 2007, т.60, № 9, с.967.
- 6. Erokhin, N. S., N. N. Zolnikova, P. P. Grinevich, L. A. Mikhailovskaya. Problems of Atomic Science and Technology, серия "Плазменная электроника", 2006, No 5, P.152.
- 7. Птускин, В. С. УФН, 2007, т.177, № 5, с.558.
- 8. Л о з н и к о в, В. М., Н. С. Е р о х и н. Вопросы атомной науки и техники, сер.Плазменная электроника, 2010, № 4 (68), с.121.

MEDIAN ALGORITHM FOR SECTOR SPECTRA CALCULATION FROM IMAGES REGISTERED BY THE SPECTROMETER AIRGLOW TEMPERATURE IMAGER

Atanas Atanassov

Space and Solar-Terrestrial Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences e-mail: At_M_Atanassov@yahoo.com

Keywords and phrases: Spectrometer Airglow Temperature imager; sector temperature; sector spectre, median filter

Abstract: The Spectral Airglow Temperature Imager is an instrument, specially designed for investigation of the wave processes in the Mesosphere-Lower Thermosphere. In order to determine the kinematic parameters of a wave, the values of a physical quantity in different space points and their changes with time should be known. As a result of the possibilities of the SATI instrument for space scanning, different parts of the images (sectors of spectrograms) correspond to the respective mesopause areas (where the radiation is generated).

An approach is proposed for sector spectra determination from SATI images based on ordered statistics instead of meaning. Comparative results are shown.

МЕДИАНЕН АЛГОРИТЪМ ЗА ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА СЕКТОРНИ СПЕКТРИ ОТ ИЗОБРАЖЕНИЯ, РЕГИСТРИРАНИ С ИНСТРУМЕНТА SATI

Атанас Атанасов

Резюме: SATI е инструмент специално проектиран за изследване на вълнови процеси в Мезосфера/низка Термосфера. За определяне на кинематичните параметри на вътрешни гравитационни вълни трябва да се знаят стойностите на температурата в различни точки на средата и промените й във времето. Като резултат от възможностите на SATI за пространствено сканиране различни части от изображението (сектори от спектрограмата) отговарят на съответни области от мезопаузата където се генерира излъчването.

Предлага се подход за определяне на секторни спектри от изображения на уреда SATI основан на медианно филтриране. Показани са сравнителни резултати.

Introduction

Spectral Airglow Temperature Imager is optical space scanning instrument developed in Centre for Research in Earth and Space Science (CRESS) by York University Canada [1, 2]. For the oxygen molecule emissions, corresponding to transitions $O_2(b^1\Sigma_g^+ - X^3\sum_g^-)$ the maximum radiation

is at the height of the mesopause. It is possible to determine the temperature and the emission rate at the height of the mesopause in different points of an annular sky segment with centre in the zenith by registration of this emission with the SATI instrument and applying suitable data processing. This enables the investigation of the gravity waves propagated at the height of the emission radiation maximum. Except for gravity waves [3, 4], SATI data are used for investigation of planetary waves [5], as well as for the seasonal course of some parameters characterizing the dynamics of the Mesosphere/Low Thermosphere [6].

A version SATI-3SZ was developed at the Stara Zagora Division of the Solar-Terrestrial Influences Laboratory in collaboration with CRESS Laboratory [7].

A new algorithms for data processing registered with this SATI instrument [8÷11] are developed. This paper presents a new approach for calculation of sector spectra. Some comparative results are also presented.

Sector spectra calculation by classical algorithms for SATI image processing

In original algorithms [3, 4] of SATI data processing the images (Fig. 1a) are divided on 12 sectors with equal angle by 30° each (Fig.1b). This is possible after some preliminary image processing connected with cosmic ray rejection and dark image correction and determination of the image centre coordinates (i_0 , j_0). These coordinates are calculated with precision of a whole pixel along each of the two directions of the axes Ox and Oy. Every pixel at a distance less than the image radius (~128ps) is checked in which sector falls according to the angle between its radius vector and the basic direction of the axis Ox

$$\gamma = a \tan((i - i_0) / (j - j_0)),$$

Besides, according to the distance to the image centre p (in pixels), the values of the registered pixel intensity is summed up with the intensities of all pixels located at the same distance: if $\gamma \in (\gamma_{1,k}, \gamma_{2,k})$, then

$$S_k(p) = S_k(p) + I(i, j), p = \sqrt{(i - i_0)^2 + (j - j_0)^2}$$

where S_k is k^{-th} sector sum in the pixel space and p accepts the rounded value of r. Finally, all



produced sums for the sector are averaged in accordance with the number of pixels at the same distance from the centre; in the same way the value of a spectrum element (Fig. 1c) is determined for the respective sector

$$S_{p}^{k} = S_{p}^{k} / n_{p}^{k}$$
, $n_{p}^{k} = \sum_{p=\sqrt{(i-i_{0})^{2} + (i-i_{0})^{2}}} I_{i,j}$

The spectra measured by the SATI instrument are not linear in relation

to the wavelength [7]. The spectra are presented as series of intensities as a function of the distance to the image centre. The correspondence between the serial number of each pixel and the wavelength is significant for the interpretation of the registered spectra, not for their extraction from the images. Thus, each spectrum is formed as a series of values of registered intensities for the respective wavelength, corresponding to the respective pixel.

Each sector spectrum is compared with preliminary calculated spectra (synthetic spectra) for different temperatures of the radiating gas (in our case rotation spectra of O_2), convoluted with the transmittance function of the employed interference filter.

Previous development of sector spectre determination algorithm

A flexible approach for sector spectra determination is presented in [11], with which the sector parameters (γ , θ) are selected arbitrarily within certain intervals. The angle θ varies in the interval (0÷360°) with a step $\Delta\theta$, for example ~1°. The angle γ is selected arbitrarily from some degrees to some dozens of degrees, depending on the space noise in the image. The overlapping of the adjacent sectors is obviously due to this approach.

The distance to the image centre is determined for all pixels in a given sector. The pixel intensities, located at an equal distance from the centre, determined with precision up to one pixel, are summed up and averaged according to their number for each distance. In this way averaged sector spectra are obtained.

Unlike the original approach, here the image centre is determined with precision, higher than one pixel [8], thus enabling a more precise determination of the distances from the image centre to the sector pixels. In this way the sector spectra are determined more precisely. This is evidenced by the more precise determination of the sector temperatures.

New approach for sector spectra determination

Instead of calculating the values of the measured sector spectra as mean values of the measured intensities for all pixels in a particular sector, located at an equal distance towards the image centre, another approach was developed and tried. Again the values of all pixels located at an equal distance p towards the image center are used for determination of one value of the sector spectrum. The verification of all pixels of the sector is organized by an algorithm, identical to the one, described in [11].

Version I: the sector is entirely in one of quadrants I, II, III or IV only and we can write down for index by Ox axis

 $i \in (NINT(sin g(1, cos \phi_1)), NINT(R * MAX(cos \phi_1, cos \phi_2))),$

for $\cos \varphi_1 > 0$

and

$$i \in (NINT(sin g(1, cos \phi_1)), NINT(R * MIN(cos \phi_1, cos \phi_2)))$$

for $\cos \phi_1 < 0$

Version II: the sector falls into I and IV or II and III quadrants simultaneously. Then for the changing of the index by Ox axis

 $i \in (\text{NINT}(\text{sign}(1, \cos \phi_1)), \text{NINT}(\text{sign}(R, \cos \phi_2)))$.

We will note only that in the versions described here, $sign(cos(\phi_1)) = sign(cos(\phi_2))$. The function NINT() is intrinsic function in the Fortran programming language which returns the nearest integer to the argument [12]. The functions MAX() and MIN() return the maximum or minimum value respectively of the arguments.

For the change of index by Oy axis in the above two versions we can write down

 $j \in (NINT(k_1.i), NINT(k_2.i)), k_1.i < k_2.i$

or

 $j \in (NINT(k_2.i), NINT(k_1.i)), k_2.i < k_1.i$

Version III: the sector falls into I and II or III and IV quadrants simultaneously. Then

 $i \in (NINT(R.cos\phi_1), NINT(R.cos\phi_2)), cos\phi_1 < cos\phi_2$

or

 $i \in (NINT(R.cos\phi_2), NINT(R.cos\phi_1)), cos\phi_1 > cos\phi_2$

For the index change along the Oy axis in the last third version we have for $\cos \varphi_1 < \cos \varphi_2$

for $i \in (NINT(R.\cos \varphi_1, 0) \quad j \in (k_1.i, \sqrt{R^2 - i^2})$

and for $i \in [0, NINT(R. \cos \varphi_2) \ j \in (k_2.i, \sqrt{R^2 - i^2})$

Analogously, the boundaries in which the indices change and by $\cos \phi_1 > \cos \phi_2$ can be determined.

Figure 2 illustrate above described versions.



used to sort the values in the W columns.

Simultaneously with the determination of the distance for each pixel towards the image center, their values are stored in rows of a 2dimensional area W_{q, p}. Each column p of the area contains the read values for all pixels located at distance p towards the image center. The sizes of the area are determined so as all measured values of the pixels in the sector with radius R(~125p) and angle γ (5÷40°) to be stored. The application of a bi-dimensional structure presumes а non-efficient utilization of the storage. However, this approach is suitable because the number of pixels is small, additional pointers are not used and the realization is simple, and the sorting is effectively applied. Tentatively, dimension q of area W is determined as

$$\mathbf{q} = \gamma . \mathbf{R} + \Delta ,$$

where Δ is an additional quantity.

The standard run-time subroutine **sortqq** from the Visual Digital Fortran library is

Some results from the application of the algorithm

- a) differences between sector spectra temperatures determined by different approaches; sector spectra temperatures and standard deviations retrieved by ordinary (s) and median (m) approaches are shown in Figure 3 a,b and Figure 4 a,b. It is obvious that the proposed approach works since the differences between the two approaches are very small;
- b) sector spectra dependence on the sector angle; the dispersion of the nocturnal courses of the errors when determining the temperatures as well as the sector temperatures decreases by increasing the sector angle (Fig. 4a,b);
- c) differences by the produced temperatures with the two approaches; when increasing the sector angle (the filter window), the dispersion in the nocturnal course of the determined temperature decreases (Fig. 5a,b).

The differences between the two approaches are within the range of some degrees at sector angle of 5deg and get closer when it is increased.



Fig. 3. Denoised nocturnal courses of standard deviation (a) and temperature (b) for sectors with angles 5, 15, 30, 45 and 60deg calculated by median approach



Fig. 4. Denoised nocturnal courses of standard deviation (a) and temperature (b) determined by median approach for sector with angle 5, 15, 30, 45 and 60deg;

Conclusion and future work

Unlike the previous algorithms for sector spectra determination where the intensities were calculated by averaging, now the values of all pixels at an equal distance towards the image centre are sorted. The value of the middle element in the ordered area after the sorting is taken as the intensity value, analogously to the median filtering. That is why the pixel values which contain pulse noise (salt and pepper noise- results from high energy particles) are not involved in the determination of the intensity of the measured spectrum for the respective wavelength. The application of the sorting procedure is connected with more processing time than the averaging and depends on the number of pixels, i.e. on the sector angle. Different sorting methods exist [13] which yield equivalent results. The efficiency of the sorting methods is different and depends on the number of values for sorting. When this number is small, as in our case, the application of simple sorting methods is possible.



Fig. 5. Nocturnal courses of standard deviation (a) and Temperature (b) determined for sector with angle 30deg; the symbol †denotes the values calculated by "median" approach and the symbol ξ- by standard one by averaging. The lines "___" for "median" approach and "___" for standard one by averaging represent denoised series.

A space filtering is possible if the pixels located at distance (p-1) and (p+1) from the image centre and adjacent to those at distance p are sorted together for determination of the intensity of the p^{-th} values in the spectrum. Let's note that the sorting procedure is non-linear and the mentioned possibility is not equivalent to its sequential applying on the pixels, located at distance p for determination of the sector spectrum and after that for the one-dimension filtering of the produced spectrum.

The application of other approaches for sector spectra calculation is possible. The approach, proposed here, is a special case of the order-statistic filters [14] application. An additional investigation would reveal the effects of the different approaches for sector spectra calculation and their significance for the sector temperature determination, which is the ultimate aim of the image processing.

Acknowledgments:

The author would like to thank Dr. M.G. Shepherd for the support and encouragement and Mrs. Kr. Takucheva for the technical assistance.

References:

 Wiens, R. H., A. Moise, S. Brown, S. Sargoytchev, R. N. Peterson, G. G. Shepherd, M. J. López-González, J. J. Lopez-Morenoand R. Rodrigo, SATI: a spectral airglow temperature imager, Adv. Space Res., 1997, 19, 677-680.

- 2. S a r g o y t c h e v, S., S. B r o w n, B. H. S o I h e i m, Y.-M. C h o, G. G. S h e p h e r d, M. J. L ó p e z- G o n z a I e z, Spectral airglow temperature imager (SATI) – a ground based instrument for temperature monitoring of the mesosphere region. Appl. Opt. 43, 5712-5721, 2004.
- 3. Z a n g, S. P., R. N. P e t e r s o n, R. H. W i e n s and G. G. S h e p h e r d, Gravity waves from O₂ nightglow during the AIDA'89 campaign I: emission rate/temperature observations, J. atmos. Terr. Phys., 1993, 55, 355-375.
- 4. Z h a n g, S. P., Gravity Waves from O₂ Airglow, PhD Thesis, York University, 1991.
- 5.L ó p e z-G o n z á l e z, M. J., E. R o d r í g u e z, M. G a r c í a-C o m a s, V. C o s t a, M.G. S h e p h e r d, G.G. 6.S h e p h e r d, V. M. A u s h e v, S. S a r g o y t c h e v, Climatology of planetary wave type oscillations with periods of 2–20 days derived from O2 atmospheric and OH(6-2) airglow observations at mid-latitude with SATI. Ann. Geophys., 27, 3645–3662, 2009.
- 7. López-González, M. J., E. Rodríguez, R.H. Wiens, G. G. Shepherd, S. Sargoytchev, S. Brown, M. G. Shepherd, V. M. Aushev, J.J. López-Moreno, R. Rodrigo, Y-M. Cho, Seasonal variations of O2 atmospheric and OH(6-2) airglow and temperature at mid-latitudes from SATI observations. Ann. Geoph., 22, 819-828, 2004.
- 8. P e t k o v, N., A. A t a n a s s o v, B. B e n e v, K. K a n e v, G. H r i s t o v, L. B a n k o v, S. S a r g o y t c h e v, M. S h e p h e r d, SATI-3SZ - a Spectral Airglow Temperature Imager in Stara Zagora Station: Possibilities and First Results, Proceedings of conference "Fundamental Space Research", Sunny Beach, Bulgaria, 21-28 Sep 2008, 347-350.
- A t a n a s s o v, A., Proc. Int. Conf. "Fundamental Space Research Recent development in Geoecology Monitoring of the Black Sea Area and their Prospects", Sept. 22-27, 2008, Sunny Beach, Bulgaria, 328-331.
- 10. A t a n a s s o v, A., Determination of SATI Instrument Filter Parameters by Processing Interference Images, Compt. Rrend. Acad. Bulg. Sci., 62, 2009, 8, 993-1000.
- 11. A t a n a s s o v, A., Dark Image Correction of Spectrograms Produced by SATI Instrument, Compt. rend. Acad. bulg. Sci., 63, No 4, 2010
- 12. A t a n a s s o v, A., Algorithm for Sector Spectra Calculation from Images Registered by the Spectrometer Airglow Temperature Imager, Fundamental Space Research 2009, 197.
- Information Technology Programming Languages fortran, International Standard, (фортран 90, международный стандарт, Москва, "Финансы и статистика", 1998, 379.)
- 13. S e d g e w i c k, R., Algorithms in C++, Parts 1–4: Fundamentals, Data Structure, Sorting, Searching, Third Edition, Addison-Wesley Publishing Company, 2008,752p.
- 14. G o n z a I e z, R., R. W o o d s, Digital Image Processing, sec. ed. Prentice Hall, 793.

RADIATION ENVIRONMENT INVESTIGATION RESULTS OBTAINED WITH LIULIN-5 EXPERIMENT IN THE HUMAN PHANTOM OF MATROSHKA-R PROJECT ABOARD THE INTERNATIONAL SPACE STATION

Jordanka Semkova¹, Rositza Koleva¹, Stefan Maltchev¹, Nikolay Bankov¹, Victor Benghin², Inna Chernykh², Vyacheslav Shurshakov², Vladislav Petrov², Sergey Drobyshev²

 ¹ Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
² State Scientific Centre 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, tissue-equivalent phantom, charged particle telescope

Abstract: The Liulin-5 experiment for investigation of ionising radiation distribution in a spherical tissueequivalent phantom has been conducted aboard the International Space Station (ISS) since June 2007. It is an adherent part of the MATROSHKA-R international project on the Russian Segment of ISS for investigating space radiation dose distribution in the human body using a human model – tissue-equivalent phantom equipped with a set of radiation detectors. The charged particle telescope Liulin-5 measures the time resolved energy deposition spectra, the linear energy transfer (LET) spectrum, flux and absorbed dose rates for electrons, protons and the biologically relevant heavy ion components of cosmic radiation simultaneously at three depths of the phantom's radial channel. In this report, we present new results for the radiation quantities obtained from different components of the complex radiation field on the ISS at the minimum of the 23-th solar activity cycle and compare them with data from other radiation detectors on the ISS.

РЕЗУЛТАТИ ОТ ЕКСПЕРИМЕНТ ЛЮЛИН-5 ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА РАДИАЦИОННАТА ОБСТАНОВКА В ЧОВЕШКИ ФАНТОМ ПО ПРОЕКТ МАТРЬОШКА –Р НА МЕЖДУНАРОДНАТА КОСМИЧЕСКА СТАНЦИЯ

Йорданка Семкова¹, Росица Колева¹, Стефан Малчев¹, Николай Банков¹, Виктор Бенгин², Инна Черных², Вячеслав Шуршаков², Владислав Петров², Сергей Дробышев²

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

Ключови думи: космическа радиационна дозиметрия, Международна Космическа Станция, тъканно-еквивалентен фантом, телескоп на заредени частици

Резюме: Експериментът Люлин-5 за изследване разпределението на йонизиращата радиация във сферичен тъканно-еквивалентен фантом се провежда на борда на Международната Космическа Станция (МКС) от месец юни 2007г. Той е съществена част от международния проект "Матрьошка-Р" на МКС за изучаване на разпределението на радиационните дози в човешкото тяло чрез използуване на модел на човека- тъканно-еквивалентен фантом, оборудван с набор от радиационни детектори. Телескопът на заредени частици Люлин-5 измерва в реално време спектрите на депозирани енергии, спектъра на линейно поглъщане на енергията, потока частици и мощността на погълнатите дози на електроните, протоните и биологически значимите тежки йони на космическата радиация едновременно в три дълбочини на радиалния канал на фантома. В работата са представени нови резултати за радиационните величини, получени от различните компоненти на комплексното радиационно поле на МКС в минимума на 23-ия цикъл на слънчевата активност, както и сравнение с данните от други радиационни детектори на станцията.

Introduction

Space radiation is a concern for astronauts' health and safety and investigation of the radiation influence on space vehicles and their crew has been conducted since the early times of human spaceflight. Predicting the effects of radiation on humans in space flight requires accurate knowledge and modeling of the space radiation environment, calculation of primary and secondary particle transport through the shielding materials and through the human body, and assessment of the biological effect of cosmic particles. The radiation field in 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 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 permanent source of ionising 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 is 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 ISS. The trapped protons are encountered by low Earth orbit (LEO) spacecraft in the region of South Atlantic Anomaly (SAA). The trapped radiation in the inner radiation belt shows a pronounced directionality. Due to the East – West asymmetry in the SAA, at a given point the flux of protons coming from west is higher than the flux from east. 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 an astronaut in a spacesuit. At higher latitudes 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.

The radiation field at a location, either outside or inside the spacecraft is affected both by the shielding and surrounding materials. Dose characteristics in LEO depend also on many other parameters such as the solar cycle phase, spacecraft orbit parameters, helio – and geophysical parameters.

Computational models indicate that about half of the ionising radiation exposure at the 51.6^o inclination orbit near solar minimum results from GCR and the bulk of the remainder - from trapped particles [1]. Although only about 5% of the mission time of ISS is spent in the SAA, the astronauts may collect more than 50% of their total dose during this short time period [2].

The biological impact of space radiation to humans depends strongly on the particle's linear energy transfer and is dominated by high LET radiation. Especially important is the effect of the high energy heavy ion component of GCR, possessing high LET and highly penetrating in human body, which provides them with a large potential for radiobiological damage [3]. Cosmic radiation must be measured not just as absorbed dose, but also as dose equivalent, or absorbed dose weighted by biological effectiveness. Biological effectiveness or quality factor (Q) is a function of LET [4].

For the estimation of the organ doses from the complex radiation field in ISS, and thus the radiation risk, measurements in human phantoms are essential. Recently research programs have been proposed to provide the necessary depth-dose-equivalent measurements using fully instrumented phantoms on ISS. In 2004 the ESA project MATROSHKA with an anthropomorphic phantom [5,] and the MATROSHKA-R international experiment were started on the Russian segment of ISS. The experiment MATROSHKA-R includes the Russian spherical tissue–equivalent phantom [6, 7], equipped with passive and active experiment packages for studies of the depth dose distribution of the orbital radiation field at various sides of organs of a human body exposed to cosmic radiation. Liulin-5 is an active experiment in the spherical phantom [8, 9]. The aim of Liulin-5 experiment is long-term investigation of the depth-dose distribution and continuous monitoring of the particle fluxes, dose rates, energy deposition and LET spectra in a radial channel of the phantom, using a telescope of three silicon detectors. The first stage of Liulin-5 experiment on ISS took place from June 2007 to June 2010.

2. Liulin-5 method and instrument

The investigation of the radiation environment in the phantom in ISS by 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 [4], 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. H, D and Q are related by:

(1) H = QavD,

where D is the absorbed (integrated over all particles) dose, and Qav is the dose averaged quality factor, given by:

(2) $Qav = \int Q(L)D(L)dL/D.$

Liulin-5 instrument consists of two units: a detector module and an electronics module. The detector module is mounted in the radial channel of the phantom, while the electronics is outside the phantom (Fig.1).





Fig.1. Liulin-5 onboard ISS. On the top-the electronic block, bottom- the detector module in the spherical phantom

More detailed description of Liulin-5 method and instrument can be found in [8]. The detector module contains three silicon detectors D1, D2 and D3 arranged as a telescope. The detectors axis is along the radial channel. The D1 detector is at 40 mm, D2 is at 60 mm and D3 is at 165 mm distance from the surface of the phantom. Data for flux, energy deposition spectra and absorbed dose rate measured in each detector is recorded. Detectors D1 and D2 operate in coincidence mode. The position of D1-D2 telescope in the phantom corresponds to the position of blood forming organs in human body, while the D3 is placed very close to the phantom's centre. This arrangement allows measuring the dose-depth distribution in the radial channel. The energy deposition spectrum measured in the D1 detector in coincidence mode with the D2 is recorded and used to obtain LET spectrum. The LET spectra in silicon obtained are used for calculation of the LET spectra in water and quality factors. Data are stored and returned to Earth on memory cards. The data format contains the time of the measurement, operational mode, and measured data. The instrument provides time resolved:

- Absorbed dose rate in each detector.
- Flux rate in the range 0 $4x10^{2}/(\text{cm}^{2}.\text{s})$, measured in each of the detectors.
- Energy deposition spectra in D1 detector in the range 0.45 63 MeV in 512 spectral channels.
- Energy deposition spectra in D2 detector in the range 0.45 60 MeV in 512 spectral channels.
- Energy deposition spectra in D3 detector in the range 0.2 10 MeV in 512 spectral channels.
- LET(H_2O) spectra in the range 0.65 90 keV/µm in 512 spectral channels.

The events exceeding the upper energy deposition or LET limit of each detector are recorded in the corresponding 512-th channel.

3. Results and discussions

The period July 2007 - 2009 corresponds to the minimum of solar activity cycle and quiet solar and geomagnetic conditions. The altitude of ISS was varying in the interval 317 - 380 km. The obtained results concern the dose rate and flux distributions at 3 different depths in the radial channel of the phantom, LET spectra, Qav and dose equivalent. Obtained are the dosemetric quantities from the different components of the radiation environment in ISS.

3.1. Energy deposition spectra, LET spectra, and quality factor

The differential energy deposition spectra in the detector D1 and LET spectra, obtained from GCR (left panels) and trapped protons in SAA (right panels) for the time interval 3 to 13 May 2008, are plotted in Fig. 2. The top panels represent the deposited energy spectra. Written under each of these panels are the calculated average dose rate (DRcal) and the average dose rate (DRlow), calculated in the energy deposition range 0.45-10 MeV ($0.65 \le LET$ (H_2O) $\le 14 \text{ keV/}\mu m$) for each detector. DRlow allows comparing the doses obtained in the different detectors (respectively at different depths) in one and the same energy deposition range. On the second panel the differential LET spectra are plotted, under the panels written are the calculated average dose rate DRcal in the telescope D1-D2, and the

average quality factor Qav calculated according to equation (2) and using data from the LET spectrum. The values Qav are obtained when all events, exceeding the upper LET measurement limit are considered as events with LET 90 keV/µm (corresponding to almost maximum Q). In SAA a difference between the dose rates DRcal in D1, calculated from the energy deposition spectrum and from the LET spectrum is observed. This is due to West-East asymmetry of trapped protons leading to anisotropic incident particle fluxes on Liulin-5 detectors and due to sharply anisotropic shielding distributions of D1 and D2 detectors during the experiments with Liulin-5 in the phantom [10].



Fig. 2. Differential energy deposition spectra in the detector D1 and LET spectra, obtained from GCR (left panels) and trapped protons in SAA (right panels) for the time interval 3 to 13 May 2008. On the top -the deposited energy spectra, middle- the differential LET spectra and bottom - the parts of ISS trajectories at which the corresponding data are obtained.

On the bottom panels are presented the parts of ISS trajectories at which the corresponding data for GCR and trapped radiation are obtained.

Well seen are the differences in the spectra from GCR and trapped protons, their dose rates and quality factors. The dose rate measured in SAA is much higher (75 μ Gy/h) than outside it (4.6 μ Gy/h). But the percentage of high LET heavy ions (LET \geq 10 keV/ μ m) in LET spectrum from GCR is higher than it is in SAA spectrum. This is the reason for higher Qav (about 5.7) of GCR compared to Qav of trapped protons (about 1.4). The calculations are based on 15 minutes cycle of measurement of spectra in SAA region and on 85 minutes cycle outside it.

3.2. Distribution of flux and dose rates along the ISS trajectories

A typical distribution of dose rates in geographic and geomagnetic coordinates along the ISS trajectories is presented in Fig. 3. The data represent the measurements in the detector D2 (placed at 60 mm from the phantom's surface - the depth of blood forming organs in the phantom) of Liulin-5 particle telescope recorded in the period 10.01 - 27.05.2009. Maximum dose rate are registered from the trapped protons of the inner radiation belt in the region of SAA. The dose rate reaches maximum 812 μ Gy/h at the centre of SAA (L ~1.35, B~0.2). Minima values of about 0.6 μ Gy/h dose rates from GCR were recorded at equatorial and low-latitude regions. At high geographical latitudes the dose rate



Fig. 3. Dose rates distribution in the period 10.01 - 27.05.2009 at the depth of blood forming organs in the phantom. Data are plotted in geographic (top panel) and geomagnetic coordinates (bottom panel) along the ISS trajectories.

from GCR was up to 20 μ Gy/h. The calculations are based upon 90 s cycles of measurements of the dose rate and particle flux for GCR and 20 s cycles for trapped protons.

Fig. 4 shows a good agreement of dose rate measurements by D1 detector of Liulin-5 and the DB-8 active dosemeter [11] in the Russian segment of ISS. The peaks of dose rate distributions of both instruments correspond to SAA crossings. The maxima of the quasi-sinusoidal distribution represent the GCR dose rates at high latitudes and minima –the near equator GCR dose rates. Data were taken on 7 February 2008 from 12:00 to 16:48 UT.



Fig. 4. Comparison of dose rate measurements by D1 detector of Liulin-5 (rhombi) and the DB-8 dosemeter (triangles and quadrates) in the Russian segment of ISS.

3.3. Dosimetric quantities from GCR and trapped radiation

The results of the averaged daily absorbed doses, average quality factors and dose equivalents in D1 from GCR and trapped protons obtained from particles of $0.65 \le \text{LET} (H_2O) \le 88.1$ keV/µm in different periods from July 2007 to February 2009 are shown in Table 1. It is seen that the averaged daily absorbed doses at the depths of blood forming organs in the phantom are between 180 µGy/day and 220 µGy/day. At those depths the contribution of the trapped protons is about 50-60% of the total absorbed doses and the rest of the dose is from the GCR. A slight increase of daily doses from GCR is observed. The results obtained agree well with the data from thermo-luminescent detectors (TLD) measurements in the spherical phantom conducted from May 2007 to December 2008. TLD data show that at 40-60 mm distances from the phantom surface the averaged daily absorbed doses in containers near Liulin-5 are 170-180 µGy/day [12].

The total averaged quality factors without taking into account the counts in the last 512 channel of LET spectra are between 1.7 and 2.6. Under these circumstances the averaged dose equivalents in D1 detector are between 370 and 480 μ Sv/day. When all counts in the last 512 channel of LET spectra are considered as events of 90 keV/ μ m the averaged total quality factors and dose equivalents increase by a factor of 1.4-1.6. Due to the bigger quality factor of GCR their contribution to biologically significant dose equivalents is much higher than those of the trapped protons. The obtained results are indicative of the GCR high LET heavy ions (LET \geq 10 keV/ μ m) contribution to the average quality factor and dose equivalent in the human body. About 70% of dose equivalent at the depth of blood forming organs in the phantom is from GCR and their secondary particles and the other part is from trapped protons of the inner radiation belt and their secondaries. Similar results are obtained with the NASA tissue-equivalent proportional counter (TEPC) for the period June 2007 - September 2008 in the US and ESA modules of ISS [13] showing that about 70% of dose equivalent in ISS is from GCR.

Table1. Absorbed average daily dose at the depth of blood forming organs, Qav and averaged daily dose									
equivalents obtained in different periods in 2007-2009									
Date	Dose [µGy/day]			Qave			Dose equivalent [µSv/day]		
	GCR	SAA	Total	GCR	SAA	Total	GCR	SAA	Total
3-10.07.07	79.8	117.2	197	3.3	1.22	2.03	261.1	143.3	400.4
5-10.09.07	82.7	134	216.7	2.7	1.15	1.7	224.8	153.9	378.7
3-13.05.08	83.8	97.7	181.5	3.9	1.35	2.6	330.6	132.2	462.8
24.10-	86.8	111.9	198.7	2.8	1.18	1.9	238.8	132.6	371.4
01.11.08									
23.02-	88	95.7	183.7	4	1.31	2.6	356.3	125.4	481.7
28.02.09									

For estimation the depth dose distribution, the doses in the equal for three detectors of Liulin -5 energy deposition range 0.45-10 MeV (0.65 \leq LET (H₂O) \leq 14 keV/µm) are calculated. The results for the total doses at 3 different depths in the radial channel of the phantom as well as the contribution of GCR and trapped protons to them for the time interval 5-10.09.2007 are presented in Table2. As expected, the largest dose rates are observed in the outer-most detector, while the minimal dose rates are in the innermost detector. The total dose at the centre of the phantom is about 1.6 times less than at the depth of blood forming organs. The decreasing of the doses in depth of the radial channel is due to decreasing of doses from trapped protons in SAA, effectively shielded by the phantom itself. At the centre of the phantom the GCR contribute about 60% of the total dose. GCR doses at different depths in the phantom are practically the same. Similar data are obtained for the other periods of measurement. The typical depth-dose curve from LiF TLD detectors in the spherical phantom along the diameter perpendicular to the space station wall shows decreasing of 5-10% between the values obtained at 40 and 60 mm and decreasing by a factor 1.5-1.6 between the doses measured at 40 mm and 165 mm from the phantom's surface. The typical LiF TLD dose distribution in the phantom body versus radial depth indicates the same differences between the data for 40 and 60 mm, independently of the radial attitude [14]. This is in good agreement with the data presented in Table 2, having in mind the differences in measurement ranges of Liulin-5 and TLDs and shielding distributions.

Table 2. Absorbed averaged daily doses in the period 5-10.09.2007r, calculated in the equal for three							
detectors of Liulin -5 energy deposition range 0.45-10 MeV ($0.65 \le \text{LET}$ (H_2O) \le 14 keV/µm) and contribution							
of GCR and trapped protons to the total doses.							
Detector	D1 [µGy/day] D2 [µGy/day] D3 [µGy/day]						
Total dose	191	169	110				
SAA dose	126	101	44				
GCR dose	65	68	66				

3.4. Effect of SAA trapped protons asymmetry on Liulin5 dose rates

ISS passes the SAA region from two directions (ascending and descending nodes) as occurs during orbit precession. The east-west asymmetries of the proton fluxes in the region of the SAA lead to differences in the amplitudes in the dose rate obtained during ascending and descending nodes. It was evaluated that the shielding of the first two detectors D1 and D2 in the radial channel of the



LIULIN-5 det. #1

nGy/sec 200,0 180,0 160.0 140.0 120.0 100.0 80.0 60,0 40.0 20,0 × 0.0 01:41:30 01:43:30 01:45:30 01:47:30 01:49:30 01:51:30

Fig.5a. Top panel -passing the SAA, March 6, 2008 from 01:42 to 01:50 UT on ascending orbit. The Liulin-5 detector axis is directed to west. Bottom panel-dose rate in D1.





Fig.5b. Top panel -passing the SAA, March 5, 2008 from 17:38 to 17:46 UT on descending orbit. The Liulin-5 detector axis is directed to north. Bottom panel-dose rate in D1.

phantom is much lower close to the detector block axis than in other directions [10]. The usual attitude of ISS is with the US laboratory module forward the station velocity vector. Shown is that on ascending orbits at this ISS usual attitude the detector block axis, as well as the low-shielded zone of D1 and D2 is turned to west (the direction of the maximum high-energy proton flux in SAA), while on descending orbits the detector block axis and the low-shielded zone of D1 and D2 is directed to north [10]. Because of that the dose rates measured on ascending are higher than the dose rates on descending orbits at the same areas in SAA. This is illustrated in Fig. 5a and Fig. 5b showing the part of orbits of in SAA respectively on ascending and descending orbits together with the position of ISS at the moments of maximum dose rates, as well as the corresponding dose rates in D1 detector. The ratio of the maximum dose rates at ascending and descending orbits in SAA is about 1.5.

4. Conclusion

Obtained are new results from Liulin-5 experiment for radiation quantities in a human phantom on ISS at the minimum of 23-rd solar cycle.

Shown is that the dose rates at the depth of blood forming organs in the phantom reach more than 800 μ Gy/h at the centre of SAA, at high geographic latitudes the dose rate from GCR is up to 20 μ Gy/h and lowest dose rates of about 0.6 μ Gy/h are recorded at equatorial and low-latitude regions.

The averaged absorbed daily doses obtained from July 2007 to 2099 at the depths of blood forming organs in the phantom are between 180 μ Gy/day and 230 μ Gy/day. At those depths the contribution of the trapped protons is about 50-60% of the total absorbed doses and the rest of the dose is from the GCR.

A slight increase of daily doses from GCR is observed since July 2007 to the end of 2009.

The absorbed doses close to the centre of the phantom decrease by a factor of 1.6-1.8 compared to the doses at blood forming organs depth in the phantom. At the centre of the phantom the GCR contribute about 60% of the total dose.

The total average quality factors Qav for $0.65 \le \text{LET}$ (H₂O) $\le 88.1 \text{ keV/}\mu\text{m}$ are between 1.7 and 2.6, the Qave of GCR is between 2.7 and 4, Qav of the trapped protons of inner radiation belt is between 1.1 and 1.35. Considering all events in the last channel of LET spectrum as events of 90 keV/µm, the Qav and dose equivalent increase by factor about of 1.4 due to increasing the GCR Qav. The dose equivalent of GCR and their secondary particles represents about 70% of total dose equivalent in blood forming organs of human body and the rest is from trapped protons. These results indicate the importance of measurement of LET spectrum (and particularly those of high LET heavy ions) onboard of the upcoming missions to Mars and Moon to obtain more precise data for the radiation exposures of a future interplanetary mission crew.

Investigated is the effect of the trapped protons east-west asymmetry on Liulin5 dose rates in the anisotropic radiation field in SAA area.

The data obtained with Liulin –5 during 2007-2009 agree enough well with the data from passive radiation detectors in the spherical tissue-equivalent phantom of Matroshka-R project and with the data from other active dosemeters on ISS and can be used for verification of radiation environment on ISS.

Further analysis of obtained data is foreseen, including comparisons with models of the radiation environment for the minimum of solar activity cycle, shielding conditions for Liulin-5 detectors, orbital parameters, and with data from other dosemeters aboard ISS.

Acknowledgements

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

References:

- 1. B a d h w a r, G., A. K o n r a d i, W. A t w e I I, et al. Radiation environment on the MIR orbital station during solar minimum. Adv. Space. Res. 22 (4), 501-510, 1998.
- 2. A p a t h y I., Y u. A. A k a to v, 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.
- 3. CUCINOTTA, F., W. Schimmerling, J.W.Wilson, et al. Uncertainties in estimates of the risks of late effects from space radiation. Adv. Space Res., **34**, 2004, 1383–1389.
- 4. ICRP Report No. 60, Pergamon Press, Oxford, 1991.

- 5. Reitz, G., T. Berger. The MATROSHKA facility dose determination during an EVA. Radiat Prot Dos. 120, 442–445, 2007.
- 6. A k a t o v, Y u. A., V.G. E r e m e n k o, I. S. K a r t s e v, et al., Spherical phantom for studying radiation conditions in outer space. Nuclear Measurement & Information Technologies, 3, pp. 67-71, 2002.
- 7. 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.
- 8. Semkova, J., R. Koleva, St. Maltchev et al., Radiation measurements inside a human phantom aboard the International Space Station using Liulin-5 charged particle telescope, Advances in space research, 45, Issue 7, (2010), 858-865, doi:10.1016/j.asr.2009.08.027.
- 9. Semkova, J., R. 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, pp. 1533-1542, 2010.
- 10. Черных, Й., Й. Семкова и др. Влияние ориентации МКС на мощность дозы регистрируемую детекторами прибора Люлин –5, Proceedings of the International Conference on Fundamental Space Research, Sunny Beach, Bulgaria, 23-28 September 2008, pp. 229-233, ISBN 978-954-322-316-9,.
- 11. Benghin, V. et al., Results of the Radiation Monitoring System Onboard The Service Module of ISS, Krakow, Poland, 8-10 September 2008. http://wrmiss.org/workshops/thirteenth/Benghin.pdf
- 12. Jadrníčková, I., K. Brabcová, Z. Mrázová, Dose characteristics and LET spectra on and inside the spherical phantom onboard of ISS, Radiation Measurements, 45, (10), 1536-1540, 2010.
- 13. Semones, E. Thirteenth WRMISS Workshop, Krakow, Poland,
- http://wrmiss.org/workshops/thirteenth/Semones_TEPC.pdf, 8-10 September 2008.
- 14. Shurshakov, V. A., Yu. A. Akatov, I. S. Kartsev, et al. Study of dose distribution in a human body in Space Station compartments with the spherical tissue-equivalent phantom, Proceedings of International Conference "Fundamental Space Research", Sunny Beach, Bulgaria, September 21-28, 2008, 234-238, http://www.stil.bas.bg/FSR/.

EFFECTS OF TERRESTRIAL MAGNETOSPHERE ON RADIATION HAZARD DURING MOON MISSIONS

Rositza Koleva, Borislav Tomov, Tsvetan Dachev, Yurii Matviichuk, Plamen Dimitrov

Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: rkoleva@stil.bas.bg

Keywords: radiation, Moon, magnetosphere

Abstract: One potential method of radiation mitigation during extra-terrestrial missions is in the form of magnetic fields. For Moon missions, the Earth magnetosphere is a source of magnetic field, as the Moon spends about 25% of its orbit inside it. Recent modelling results have conflicted in their conclusions as to whether the Earth's magnetotail at lunar distances is sufficiently strong to provide shielding from GCR with energies greater than 10 MeV. Using RADOM data from the Chandrayaan-1 satellite we try to reveal a possible shielding. The first results show that during the solar cycle minimum, the magnetotail does not mitigate doses on Moon orbiter. However, there is certain evidence that acceleration processes inside the magnetosphere could enhance the flux of energetic electrons at Moon orbit. More detailed analysis is needed to check the magnetospheric effect on doses for different Moon locations.

ВЛИЯНИЕ НА ЗЕМНАТА МАГНИТОСФЕРА ВЪРХУ РАДИАЦИОННИЯ РИСК ПРИ ПОЛЕТИ ДО ЛУНАТА

Росица Колева, Борислав Томов, Цветан Дачев, Юрий Матвийчук, Пламен Димитров

Институт за космически и слънчево-земни изследвания – Българска академия на науките e-mail: rkoleva @stil.bas.bg

Ключови думи: радиация, Луна, магнитосфера

Резюме: Приложението на подходящо магнитно поле е един от възможните методи за облекчаване на радиационната обстановка при полети извън земната магнитосфера. При полети до и около Луната земната магнитосфера е естествен източник на магнитно поле, тъй като около 25% от Лунната орбита попада в нейната област. Численото моделиране на влиянието на геомагнитната опашка върху потока на галактични космични лъчи в местоположението на Луната дават противоречиви резултати. В настоящата работа ние се опитваме да разкрием възможна екранировка от магнитосферата като използваме данни от експеримента РАДОМ на спътника Чандраяаан-1. Първите резултати показват, че в условията на слънчев минимум геомагнитната опашка не намалява радиационните дози, получавани в орбита около Луната. Нещо повече, съществуват известни свидетелства, че процесите на ускорение, ставащи в земната магнитосфера, могат да увеличат потока на енергетични електрони, регистрирани в орбита около Луната. За окончателно заключение относно въздействието на магнитосферата върху радиационните дози при различно местоположение на Луната са необходими по-задълбочени изследвания.

Introduction

Outside the protective atmosphere and magnetosphere of the Earth galactic cosmic rays (GCRs) and solar energetic particle events (SEPs) constitute a substantial radiation hazard to astronauts and technological systems. GCRs have the harder spectrum with a maximum flux near 1 GeV/nucleon. The flux at this level varies by a factor of about 10 between solar minimum and solar maximum. SEPs have a softer spectrum, but their flux can vary by more than four orders of magnitude on a time scale of less than an hour for periods of several days and yield an energetic particle flux higher than GCRs. A possible shielding of these energetic particles is by material walls, which however have to be very thick to avoid the effect of secondaries. Though such shielding is possible for planet bases, astronauts in transit or involved in surface exploration would not have the benefit of it.

Another potential method of radiation mitigation on extra-terrestrial missions is in the form of magnetic fields. Since there are no material interactions, the production of harmful secondaries is not a problem.

For Moon missions the Earth magnetosphere is a source of magnetic field, as the Moon spends about 25% of its orbit inside it. Recent modelling efforts have conflicted in their conclusions as to whether the Earth's magnetotail at lunar distances is sufficiently strong to provide shielding from GCR with energies greater than 10 MeV. On one hand, a recent numerical study by Winglee and Harnett [1] concluded that the quiet-time magnetosphere could offer some magnetic shielding from GCR and SEP at the Moon's orbit. They argued that GCR would be shielded by the magnetosphere since a GCR's gyroradius is comparable to the length scale of the magnetotail. By integrating the magnetosphere could shield particles up to 5 GeV/nucleon at the Moon's orbit, especially at an equatorial lunar base facing the Earth. On the other hand, Huang et al. [2] came to the opposite result. To determine any variation of GCR flux due to possible magnetotail shielding at the Moon's orbit, they performed particle simulations using realistic magnetic fields to model the lunar radiation environment. Their simulation results showed that Earth's magnetosphere does not substantially modify GCR (with proton energies greater than 1 MeV) at the lunar environment during typical solar wind conditions.

The aim of this work is to check for effects of Earth magnetosphere on the flux of energetic particle in low Moon orbit.

Instrumentation and data

In our analysis we use data from RADOM instrument [3] aboard Chandrayaan-1 satellite [4]. The RADOM spectrometer is designed to measure the spectrum (in 256 channels) of the deposited energy from primary and secondary particles. It is a miniature spectrometer-dosimeter containing a single 0.3 mm thick semiconductor detector with area of 2 cm². Pulse analysis technique is used for obtaining the spectrum of the energy deposited in the silicon detector, which is then analysed and further converted to deposited dose and flux. The solid-state detector of the instrument is shielded by several layers with equivalent shielding of about 0.45 g/cm². Thus, direct hits on the detector are possible for electrons with energies \geq 0.85 MeV and for protons with energies \geq 17.5 MeV. We use data for the interval January – March 2009 when Chandrayaan-1 (CH-1) was at a 100 km circular lunar orbit. Solar activity during this period is extremely low; the period falls in the unusually deep and prolonged minimum between 23rd and 24th solar cycles. There were no SPEs, coronal mass ejections or other geomagnetically effective solar phenomena. We should remind that as interplanetary magnetic field is week during solar cycle minimum, the flux of GCR is enhanced in comparison to solar cycle maximum conditions,

Can the terrestrial magnetosphere mitigate radiation hazard on Moon missions?

In this work we present only one of the 6 Chandrayaan-1 crossings of Earth magnetotail, that in January 2009 – Fig.1. The Moon crossed the bow shock and entered the magnetosheath on 07.01. Between 9th and 13th of January it was inside the magnetotail. On January 15th Ch-1 together with the



Moon finally crossed the bow shock and exited the magnetosheath. Interplanetary and geomagnetic conditions, displayed in Fig. 2a, were very quiet. Interplanetary magnetic field (IMF) - top panel, was small, with typical values ~ 2 - 6 nT; Bz - second panel - was fluctuating around zero, but for several hours during magnetotail crossing obtained values around +5 nT, favourable for shielding of the flux of energetic particle, according to [1]. Flow pressure third panel - did not exceed 2.5 – 3 nPa. AL index was also less than 300 nT and SYM/H index, which is proportional to Dst index also did not indicated a development of a storm. RADOM flux data shown in Fig. 2b did not exhibit any effect of magnetotail or magnetosheath encounter, neither in the total flux, nor in the counts in the lowest energy (and most sensitive) channels. The total flux stayed at 2.5 particles/cm².s,

This example shows that in solar cycle minimum conditions, when there are no SPE and GCR flux is enhanced, we could not find any indication that Earth magnetosphere can provide additional shielding on Moon orbiter.



Effect of magnetospheric disturbances on energetic particle flux at Moon orbit



Figure 3 displays the one-hour average of the particle flux registered by RADOM in Moon orbit for the whole interval of observations. The increasing trend in the flux follows the trend of Oulu Neutron monitor data and could be attributed to the increase in GCR intensity due to decreasing solar activity and consequent decrease of interplanetary magnetic field [5]. On the background of the well-grouped data, the local increase up to 4 times around 15^{th} March in flux is distinguished. Figure 4 presents RADOM measurements and characteristic features of the interplanetary and geomagnetic conditions. As reported in [6], during 9 – 17 March 2009 no flares and no SPE were observed. However starting in the second half of 14^{th} RADOM particle flux exhibits enhancement, modulated by the rotation of the Chandrayaan-1 satellite around the Moon and by the rotation of the Moon around the Earth.



At ~ UT 19:53 on 12 March an interplanetary shock hit the Earth, causing a sudden commencement of a small geomagnetic storm. About three hours later, in the course of the growth phase, IMF Bz changed to southern. A great number of substorms followed with AL reaching ~ -800 nT. The interplanetary shock was caused by a high-stream solar wind produced by a coronal hole.
The combination of high-speed solar wind and negative IMF Bz is favorable for the processes of accelerating electrons in the magnetosphere resulting in the production of the so called 'killer electrons' – electrons with energies greater than 1 MeV in the inner magnetosphere [7]. Indeed in the second half of 14 March GOES 10 and GOES 11 satellites begin to register enhanced flux of electrons with energies greater than 2 MeV. The flux reaches its maximum of ~ 3.10^3 particles/sm².s.sr on 15 March. The modulation in GOES fluxes is due to satellite rotation around Earth [7] as at night side they are positioned at L \geq 7 and go out of the outer radiation belt.



Fig. 5. Moon orbit in March 2009 in GSE system of reference. The square marks the position of Moon when RADOM measures enhanced particle flux



The enhancement in RADOM data is registered only in the first energy channel, which makes us believe that these are electrons with energies slightly above the instrument threshold of 0.85 MeV. Nevertheless their relatively low energies and effectiveness, they rise the dose rate from ~ 10μ Gy/h to 14μ Gy/h. As seen from Moon orbit in Fig. 5, on 13 - 15 March CH-1 is situated in the magnetosheath, and on 16 March - out of the magnetosheath but still in the vicinity of the bow shock. This gives us ground to suggest that on 14 -16 March RADOM being at Moon orbit registered enhanced dose rates due to electrons, accelerated in the Earth magnetosphere, which have escaped through the dayside magnetopause and populated turbulent magnetosheath, and penetrated the upstream the solar wind in the vicinity of the bow shock.

Additional support to our hypothesis is a similar geomagnetic event that took place on 15 - 18March 2009. As reported in [8,9], "Solar activity was very low. Old-cycle polarity Region 1012 (S06, L=278, class/area Axx/010 on 11 February) produced isolated B-class flares during 10 - 13 February. Region 1012 decayed to spotless plage on 14 February. No proton events were observed at geosynchronous orbit". Characteristic features of interplanetary and geomagnetic conditions are shown in Fig. 7. An interplanetary shock hit the Earth at ~ UT 00:00 on 14 February. The shock was caused of a corotating interaction region in advance of a recurrent hiah-speed stream and was associated with increased velocities, increased IMF Bt and intermittent periods of enhanced southward IMF Bz. These conditions are favourable for acceleration of electrons in the inner magnetosphere. The greater than 2 MeV electron flux at geosynchronous orbit increased to high levels on 15 February and stayed at high levels till 18 February.

Although these features are similar to the event of 14 - 16 MARCH, RADOM spectrometer at Moon orbiter did not register any flux enhancement

(see Fig. 3). According to our hypothesis, RADOM does not see the electrons accelerated in the inner magnetosphere as the Moon is the solar wind, far upstream the bow shock (Fig.6).

Conclusions

We discussed data about the flux of energetic particles gathered by the RADOM experiment while in circular Moon orbit. The cases investigated showed that the Earth magnetosphere does not mitigate radiation hazard at a Moon orbiter. On the opposite, magnetospheric disturbances can increase the flux of energetic particles and the dose rates when the spacecraft is in or near the Earth magnetosphere.



Acknowledgements. Plots of Moon orbits were retrieved from http://neptun.umea.irf.se/~peje/moon/moon-orbits/. GOES data were retrieved from http://spidr.ngdc.noaa.gov/spidr/. We are thankful to J.H. King, N. Papatashvilli at

ADNET, NASA GSFC and CDAWeb for providing geomagnetic data. This work was partially supported by a grant DID-02/8 from the Bulgarian National Science Fund.

References:

- 1. Winglee, R. M. and E. M. Harnett, Radiation mitigation at the Moon by the terrestrial magnetosphere, Geophys. Res. Lett., 34, L21103, 2007, doi:10.1029/2007GL030507.
- 2. Huang, C.-L., H. E. Spence and B. T. Kress, Assessing access of galactic cosmic rays at Moon's orbit, Geophys. Res. Lett., 36, L09109, 2009, doi:10.1029/2009GL037916.
- 3. Dachev, T., B. Tomov, P. Dimitrov and Y. Matviichuk, Monitoring lunar radiation environment: RADOM instrument on Chandrayaan-1, Curr. Sci., 96, No. 4, pp. 544-546, 2009
- 4. Goswami, J. N. and M. Annadurai, Chandrayaan-1: India's first planetary science mission to the moon, Curr. Sci., 96, pp. 486-491, 2009
- 5. Dachev, T., B. Tomov, Yu. Matviichuk, P. Dimitrov, et al., An overview of RADOM results for Earth and Moon Radiation Environment on Chandrayyan-1 Satellite, Adv. Space Res. 2011 (in press)
- 6. Space Weather Highlights, 09 15 March 2009, SWO PRF 1750, 17 March 2009,
 - http://www.swpc.noaa.gov/ftpmenu/warehouse/2009.html
- 7. Wrenn, G.L., Chronology of 'killer' electrons: Solarcycles 22 and 23, J. Atmos. Solar-Terr. Phys., 71, 1210–1218, 2009. 8. Space Weather Highlights, 09 - 15 February 2009, SWO PRF 1746, 17 February 2009,
- http://www.swpc.noaa.gov/ftpmenu/warehouse/2009.html 9. Space Weather Highlights, 16 - 22 February 2009, SWO PRF 1747, 24 February 2009, http://www.swpc.noaa.gov/ftpmenu/warehouse/2009.html

THE NEAR EARTH RADIATION ENVIRONMENT BY THE RADOM INSTRUMENT ON THE INDIAN CHANDRAYYAN-1 SATELLITE

Borislav Tomov¹, Tsvetan Dachev¹, Yury Matviichuk¹, Plamen Dimitrov¹, Gianni De Angelis², Santosh Vadavale³, Jitendra Goswami³, V. Girish⁴

¹Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: btomov@bas.bg
²SERCO S.p.A., Frascati, Rome, I-00044, Italy e-mail: gianni.deangelis@serco.com
³Physical Research Laboratory, Ahmedabad - 380009, India e-mail: santoshv@prl.res.in, goswami@prl.ernet.in
⁴ISRO Satellite Center, Bangalore - 000000, India

Key words: Earth radiation environment, Moon radiation environment, Dosimetry, Spectrometry.

Abstract: The Radiation Monitor (RADOM) is a miniature dosimeter-spectrometer onboard the Chandrayaan-1 mission for monitoring the local radiation environment. The primary objective of the RADOM experiment is to measure the total absorbed dose and spectrum of the deposited energy from high energy particles both en-route and in lunar orbit. RADOM was the first experiment to be switched on after the launch of Chandrayaan-1 and was operational till the end of the mission in August 2009. The RADOM experiment was selected from the number of the AO (Announcement of Opportunity) proposals for India's first mission to the Moon - Chandrayaan-1. RADOM proved that it could successfully characterize different radiation fields in the Earth and Moon radiation environment. All components like proton and electron radiation belts, as well as galactic cosmic rays were well recognized and measured. The modulation of the galactic cosmic rays due to the solar activity was also clearly observed. The electron radiation belt doses reached ~40000 μ Gy h⁻¹, while the maximum recorded flux was ~15000 particle cm² s⁻¹. The proton radiation belt doses reached the highest values of ~130000 μ Gy/h, while the maximum flux was ~9600 particle cm⁻² s⁻¹. The comparison of these results with other similar instrument on board the ISS shows that RADOM performance is as expected. Outside the radiation belts, en-route to the Moon, the particle flux (~3 particle cm⁻² s⁻¹) and the corresponding dose were very small (~12 μ Gy h^{1}) which further decreased slightly in the lunar orbit because of the shielding effect of the Moon. Average flux and dose in lunar orbit were ~2.5 particle cm⁻² s⁻¹ and ~10 μ Gy h-1 respectively at 100 km orbit. These increased to ~2.8 particle cm⁻² s⁻¹ and ~11 μ Gy h⁻¹ respectively, at 200 km orbit. The total accumulated dose during the transfer from Earth to Moon was found to ~1.3 Gy. Due to the lack of significant solar activity, only minor variations in the particle flux and dose were observed in the lunar orbit. Comparison of RADOM observations with theoretical models of the radiation environment for both the Moon and the Earth is underway which shows good preliminary results.

НАБЛЮДЕНИЯ НА РАДИАЦИОННАТА СРЕДА В ОКОЛОЗЕМНОТО ПРОСТРАНСТВО С ПРИБОРА RADOM НА ИНДИЙСКИЯ СПЪТНИК НА ЛУНАТА CHANDRAYYAN-1

Борислав Томов¹, Цветан Дачев¹, Юрий Матвийчук¹, Пламен Димитров¹, Джани Де Анжелис², Сантош Вадавале³, Житендра Госвами³, В. Гириш⁴

¹Институт по космически и слънчево-земни изследвания, e-mail: btomov @bas.bg ²SERCO S.p.A., Фраскати, Рим, I-00044, Италия, e-mail: gianni.deangelis @serco.com ³Лаборатория за физически изследвания, Ахмадабад - 380009, Индия, e-mail: santoshv @prl.res.in, goswami@prl.ernet.in ⁴Център за космически изследвания - ISRO, Bangalore - 000000, Индия

Ключови думи: Радиационна среда на Земята, Радиационна среда на Луната, Дозиметрия, Спектрометрия.

Резюме: Радиационния монитор (RADOM) е миниатюрен дозиметър-спектрометър на спътника Chandrayaan-1 за измерване на локалните параметри на радиационното поле като тоталната абсорбирана доза и спектърът на депозираната енергия от високо енергийни частици по трасето и в около лунна орбита. RADOM е първият научен експеримент, който е активиран след изстрелването на спътника Chandrayaan-1. Той работи практически без прекъсвания до края на мисията на спътника през август 2009 г. Експериментът с прибора RADOM е селектиран в резултат на конкурс, организиран от ISRO за спътника Chandrayaan-1. Приборът RADOM доказа, че може успешно да характеризира различните радиационни полета в около лунна и околоземна орбита. Всички компоненти на радиационното поле като протонен и електронен радиационен пояс и галактически космически лъчи са добре отделени и измерени. Дозите в електронния радиационен пояс достигат стойности от ~40000 μ Gy h⁻¹, докато максималният измерен поток е ~15000 частици ст² s⁻ . Най-високите измерени дози в протонния радиационен пояс са ~130000 µGy/h, докато максималният поток е ~9600 частици ст² s¹. Сравнението на резултатите от RADOM с подобен експеримент на Международната космическа станция показва, че те са съгласно очакванията. Извън радиационните пояси и по пътя към Луната потокът частици и дози намаляват до стойностите от ~3 частици ст² s⁻¹ и ~12 µGy h⁻¹. Поради екранирането от масата на Луната, потокът частици на 100 км височина е ~2.5 particle cm⁻² s⁻¹, а дозата е ~8.6 µGy h⁻¹. Те леко се уличават на 200 км височина до ~2.8 частици ст⁻² s⁻¹ и ~11 µGy h⁻¹. Тоталната акумулирана доза при трансфера от Земята до Луната е ~1.3 Gy. Вариациите на дозите и потоците в окололунна орбита са малки, поради отсъствието на значителна слънчева активност. Сравнението на получените резултати от прибора RADOM с теоретични модели на околоземното и окололунното радиационно поле показва предварителни добри резултати.

Introduction

This paper describes scientific results from the measurements of the Earth and Moon radiation environment by RADOM instrument since 22^{nd} October 2008. The instrument is a miniature (98 grams, 100 mW) 256 channels spectrometer of the deposited energy (dose) in a single 2 cm² 0.3 mm thick silicon detector.

Instrument description

The RADOM spectrometer (see Figure 1.) main tasks are to measure the spectrum of the deposited energy from primary and secondary particles

onboard the Indian Chandrayaan-1 mission (Goswami and Annadurai, 2009) and to transmit these data to the Earth. RADOM (Dachev et al., 2009) a miniature spectrometerdosimeter containing a semiconductor detector. Pulse analysis technique is used for obtaining the deposited energy spectrum, which is further converted to absorbed dose and flux in the silicon detector. The unit is managed by microcontrollers through specially developed firmware. RS232 interface provide the transmission of the data stored in the buffer memory to the Chandrayaan-1 telemetry. The



Fig. 1. RADOM instrument.

instrument is very similar to: 1) The Liulin-E094 4 Mobile dosimetry units flown in 2001 on American Destiny module of International Space Station (ISS) (Dachev et al., 2002); 2) R3D-B2/B3 instruments flown on the Foton M2/M3 spacecraft in 2005/2007; 3) R3DE/R3DR instruments launched February/October 2008 toward the EuTEF platform of the European Columbus module of ISS and the Zvezda module of ISS Russian Segment respectively (Dachev 2009; Dachev et al., 2009a).

Scientific results

Earth radiation environment

The solid state detector of RADOM instrument is behind ~ 0.45 g cm⁻² shielding from angle of 2π , which allows direct hits on the detector by electrons with energies in the range 0.85-10 MeV. The protons range is 17.5-200 MeV. On other 2π angle where the satellite is the shielding is larger but not known exactly.

RADOM instrument was switched on about 2 hours after the launch of the Chandrayaan-1

satellite on 22nd October 2008. The preliminary results are shown on Figure 2, obtained by overlapping the 2- and 3- dimensional graphics of the "RADOM-FM.exe" software. On the X axis is plotted the Universal Time between 18:25 and 20:55 UT on 22nd October 2008. On the Y axis on the right side are the 256 channels of each spectrum obtained by the RADOM spectrometer. Totally there are 1800 spectra obtained for 1.5 hours with a 10-second resolution. The count rate for 10 sec in each channel is logarithmically color coded by the color bar shown in the rightdown part of the figure.

The vertical axis on the left side of the figure shows the variations of 3 parameters: the measured dose in μ Gy h⁻¹, the flux in particles per square cm per second (cm⁻².s⁻¹) and the ratio of the dose to flux in (nGy cm⁻² particle⁻¹). The last parameter is known also as specific



Fig. 2. Overlap of 2 and 3 dimensional presentation of RADOM data for 22800 km altitude.

dose per particle. A proton in the energy range 17.5-200 MeV can deposit in the matter between 6.5 and 1.08 nGy, while one electron because of much smaller mass in the range 1-10 MeV can deposit between 0.3 and 0.35 nGy (Heffner, 1971).

On the left part of Figure 2 are relative short spectra (up to 30^{th} channel) and high doses and fluxes. We interpret these spectra as generated by electrons in the outer radiation belt, because the specific doses are less than 1 nGy per particle. The specific doses here are higher than expected by Heffner 0.3-0.35 nGy.cm⁻².particle⁻¹ because the population is not purely by electrons - counts from GCR counts exists in the range above 30^{th} channel. These single counts are not seen because of logarithmic coding of the count rate in the spectra. The doses here reach $4.10^4 \ \mu Gy.h^{-1}$, while the fluxes are $1.5.10^4 \ cm^{-2}.s^{-1}$.

Gradually from left to right in Figure 2 the spectra first shortened when the satellite moves toward the slot region and next reached highest channels in the region of the inner radiation belt where high energy protons exists. In same time the doses reached about the 3 times higher values of $1.2.10^5 \ \mu\text{Gy} \ h^{-1}$ nevertheless the fluxes here are smaller than in the outer belt. Here in the middle of the inner belt the highest values of the specific doses are seen of about 5.8 nGy cm⁻² particle⁻¹. This means that protons with energies about 13 MeV are detected. Further motion of the satellite toward the perigee brings a drastic decrease of doses and fluxes to the minimal observed values in the center of the figure. This happen when satellite moves below the proton radiation belt. The spectra here are composed mainly by GCR particles and the doses are very similar to the observed (by us) doses of 12 μ Gy h⁻¹ on ISS in 2008 (Dachev 2009; Dachev et al., 2009) and on Foton M3 satellite in 2007 (Damasso et al., 2009).

After the crossing of the perigee region at about 250 km altitude the satellite starts to move back to the proton belt and to the region between the two belts at about 12000 km altitude. The slot region radiation is mixed between protons, electrons and GCR particles and the dose rates are only few tens of μ Gy h⁻¹. Later the doses rise up again in the electron belt and are similar to the observed at the left part of the figure.

Similar features to those on Figure 2 were observed at any time when Chandrayaan-1 was on Earth orbits till 7th November 2008. The doses out of radiation belts are dominated by the GCR particles. Because of the very low solar activity no solar proton events were registered during the whole period till 29th August 2009.

Comparison of the spectra at ISS with these obtained on Chandrayaan-1 satellite

Figure 3 shows a comparison between the spectra obtained by RADOM instrument in October 2008 with data from R3DE instrument on ISS in February-March 2008 (Dachev, 2009).

Three pairs of curves are plotted on Figure 3. At the bottom, two GCR spectra overlap one over the other, because the measured GCR dose rates are very similar. 11.4 μ Gy h⁻¹ is the measured dose rate obtained by averaging 9951 spectra of R3DE instrument, while the average from 46591 spectra from RADOM dose rate is 11.8 μ Gy h⁻¹. The second pair of averaged spectra is obtained inside of the inner (proton) radiation belt (IRB). Because of the great difference of the altitudes of both satellites the measured dose rates at ISS are 2 orders of magnitude below the line from RADOM. ISS and respectively the R3DE instrument are at an average altitude of 354 km, whereas the Chandrayaan-1 satellite with RADOM is at a 4800 km altitude. The fact that RADOM is crossing the maximum of the inner radiation belt registers more events in the spectrum, which gives better statistics. This allows a more precise determination of the location of the knee at 6.2 MeV deposited energy. Similar is the situation with the outer (electron) radiation belt (ERB) spectra. RADOM dose rate is 37615 μ Gy h⁻¹ at 22000 km altitude, while the R3DE dose rate is 8994 μ Gy h⁻¹ at 360 km altitude.

The main conclusion from Figure 3 is that the spectra obtained by RADOM at the altitudes of the maxima of both radiation belts, with no doubt about the predominant population of particles, are with the same shape as the spectra obtained in LEO on ISS.

Entry into deep space and lunar orbit capture

Chandrayaan-1 was placed into the lunar transfer

trajectory on 3rd November 2008 (13th day after launch) and a lunar orbit capture manoeuvre was carried out on 8th November (18th day after the launch). Figure 4 shows RADOM observations for about 3 days before the lunar orbit capture and about one day after it. More than 40000 measurements with 10 s resolution are used for the figure. The middle 2 graphics of Figure 4 show the moving average over 200 points of measured particle flux and the absorbed dose rate. The bottom graphic shows the distance from the Moon, while the top graphic shows the Oulu Neutron Monitor running average of 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 µGy h⁻ ¹. The range of the measured dose rates is between 3.34 and 41.34 μ Gy h⁻¹ with a standard deviation of 4.25 µGy h⁻¹. The average flux is 3.14 particles $cm^{-2} s^{-1}$, while the flux range is between 1.71 and 4.82 particles $\text{cm}^2 \text{ s}^{-1}$ with a standard deviation of 0.41 cm⁻² s⁻¹. 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 the enhanced shielding of the cosmic rays by the Moon itself. A closer look at the top panel reveals that the second periselene crossing is deeper than the first one. This mostly related with a local increase of the solar activity as evident from the simultaneous decrease of the Oulu NM count rate.



Fig. 3. Comparison of spectra obtained by the R3DE on ISS and RADOM instrument on Chandrayaan-1 satellites. (PRB) means Proton (inner) Radiation Belt. ERB means Electron (outer) Radiation Belt. The obtained spectra shape for both satellites are very similar due to similar radiation sources.



Fig. 4. RADOM observations during lunar transfer trajectory and lunar orbit capture. The distance is from the Moon. The trends in particle flux coincide with the Oulu neutron monitor data trends.

Variations of the dose rate and flux in lunar orbit

When on 14^{th} November 2008 the satellite entered a 100 km circular orbit around the Moon the GCR doses fall down because of the Moon shielding to about 8.8 µGy h⁻¹ and stayed stable around this value. The average flux is $2.29 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Table 1. Comparison of RADOM instrument and model data

Altitude	Flux (cm ⁻² s ⁻¹)	Absorbe d dose rate (μGy h ⁻¹)	Apparent dose equivalent rate (μSv ⁻¹)
10000 km data	2.79	10.78	25.80
10000 km model	3.05	11.16	26.76
100 km data	2.45	9.46	23.21
100 km model	2.55	9.76	23.90

The results from the comparison of the obtained by RADOM instrument fluxes, absorbed dose rates and apparent dose equivalent rates (Spurny and Dachev, 2009) at 100 and 10000 km altitude and the Moon radiation model [9] are presented in Table 1.

It is well seen from the table that the preliminary model (Angelis et al., 2007, 2009) and measured data well coincide. Further work on the model improvement is in progress.

Long term variation of GCR flux and dose rate during declining phase of solar activity

Figure 5 shows the RADOM observations in the lunar orbit until the end of the mission. The RADOM 10 and 30 sec resolution data were added and averaged to obtain hourly flux and dose rates. Overall particle flux in the 100 km orbit (20/11/2008-18/05/2009) was found to be 2.45 particles cm⁻² s⁻¹, and the corresponding absorbed dose rate was 9.46 µGy h⁻¹ over 3545 hours of measurements.

The averaged Oulu NM count rate was 6762 counts min⁻¹. During the last three months of the mission (20/05/2009-28/08/2009), Chandrayaan-1 was in 200 km orbit, where the flux and dose rate increased slightly to 2.73 cm⁻² s⁻¹ and 10.7 Gy h⁻¹ respectively. Oulu NM count rate also increase to 6809 counts min⁻¹. The solid angle of acceptance for open space at 200 km altitude increases by about 10 % then that at 100 km altitude. The observed increase of particle flux and dose rate at 200 km can thus be explained as due to reduced self-shielding of GCR by the Moon.

From Figure 5 it can also be seen that over the whole measurement period between 22/11/2008 and 28/08/2009 the particle flux and dose rate (bottom 2 graphics) show increasing trends, which coincide with the Oulu Neutron monitor data trends in the top graphic. This could be attributed to the increase in GCR intensity due to decreasing solar activity and consequential decrease of interplanetary solar magnetic field. A local increase in the flux rate data around 15th March 2009 is observed and highlighted with an ellipse.



Fig. 5. Long term monitoring of the lunar radiation environment. The particle flux (middle graphic) and dose rate (bottom graphic) show increasing trends. The comparison with the Oulu neutron monitor data (top graphic) shows that this is an actual increase in the GCR. A minor increase in the flux rate connected with increase of the Earth magnetic activity around 15th of March 2009 is observed.

Summary

RADOM observations which began within two hours after launch of the Chandrayaan-1 and continued until the end of the mission demonstrated that it could successfully characterize different radiation fields in the Earth and Moon environments. Signature and intensity of proton and electron radiation belts, relativistic electrons in the Earth magnetosphere as well as galactic cosmic rays were well recognized and measured. Effect of solar modulation of galactic cosmic rays could also be discerned in the data. The electron radiation belt doses reached ~40000 µGy h⁻¹, while the maximum flux recorded was ~15000 cm⁻² s⁻¹. The proton radiation belt doses reached the highest values of ~130000 µGy h⁻¹, while the maximum flux was ~9600 particle cm⁻² s⁻¹. Comparison of these results with other similar instruments on board ISS shows good consistency, indicating nominal performance RADOM. Outside the radiation belts, en-route to the Moon, the particle flux (~3 particle cm⁻² s⁻¹) and corresponding dose were very small (~12 μ Gy h⁻¹) which further decreased slightly in the lunar orbit because of the shielding effect of the Moon. Average flux and dose in lunar orbit were ~2.45 cm⁻² s⁻¹, and the corresponding absorbed dose rate was 9.46 µGy h⁻¹ respectively at 100 km orbit. These increased to 2.73 particles $cm^{-2} s^{-1}$ and 10.7 μ Gy h⁻¹ respectively, at 200 km orbit. The total accumulated dose during the transfer from Earth to Moon was found to ~1.3 Gy. Due to the lack of significant solar activity only minor variations in the particle flux and dose were observed in the lunar orbit.

Acknowledgments

The authors would like to thank the whole Chandrayaan-1 team whose dedicated efforts made it a highly successful mission.

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

References:

- 1. Angelis, G. De, F. F. Badavi, J. M. Clem, S. R. Blattnig, M. S. Clowdsley, J. E. Nealye R. K., Tripathi, and J. W. Wilson, Modeling of the Lunar Radiation Environment, Nuclear Physics B (Proc. Suppl.) 166, 169–183, 2007.
- 2. An gelis, G. De, Ts. P. Dachev, B. Tomov, Yu. Matviichuk, Pl. Dimitrov, F. Spurny, S. Vadawale, Modeling of the Moon Radiation Environment at the Altitude of the Indian Chandrayaan-1 Satellite and a Comparison with the RADOM Experiment Data, 40th Lunar and Planetary Science Conference, The Woodlands, Texas, USA, March 2-27, 2009. http://www.lpi.usra.edu/meetings/lpsc2009/pdf/1310.pdf
- 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, V. 96, No. 4, 544-546, 2009. http://www.ias.ac.in/currsci/feb252009/544.pdf
- 4. Dachev, Ts., B. Tomov, Yu. Matviichuk, Pl. Dimitrov, J. Lemaire, Gh. Gregoire, M. Cyamukungu, H. Schmitz, K. Fujitaka, Y. Uchihori, H. Kitamura, G. Reitz, R. Beaujean, V. Petrov, V. Shurshakov, V. Benghin, F. Spu rny, Calibration results obtained with Liulin-4 type dosimeters, Adv. Space Res. 30, 917-925, 2002. doi:10.1016/S0273-1177(02)00411-8
- 5. Dachev, Ts. P., B. T. Tomov, Yu. N. Matviichuk, P. G. Dimitrov, N. G. Bankov, Relativistic Electrons High Doses at International Space Station and Foton M2/M3 Satellites, Adv. Space Res., 1433-1440, 2009a. doi:10.1016/j.asr.2009.09.023
- 6. D a c h e v, Ts.P., Characterization of near Earth radiation environment by Liulin type instruments, Adv. Space Res., 1441-1449, 2009. doi:10.1016/j.asr.2009.08.007
- 7. D a m a s so, M., Ts. D a c h e v, G. F a I z e t t a, M. T. G i a r d i, G. R e a, A. Z a n i n i, The radiation environment observed by Liulin-Photo and R3D-B3 spectrumdosimeters inside and outside Foton-M3 spacecraft, Radiation Measurements, V. 44, N0 3, 263-272, 2009. doi:10.1016/j.radmeas.2009.03.007
- 8. G o s w a m i, J. N., M. A n n a d u r a i, Chandrayaan-1: India's first planetary science mission to the moon, CURRENT SCIENCE, V. 96, No. 4, 486-491, 2009.
- 9. H a f f n e r, J., Nuclear radiation and safety in space, M, Atomizdat, pp 115, 1971. (in Russian).
- 10. S p u r n y, F., and 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.

ПРОЕКТ «ШУМАН»: ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПО ДАННЫМ МАГНИТОМЕТРИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Виталий Ишков¹, Юрий Кукса², Димитър Теодосиев³, Игорь Шибаев¹, Ярослав Войта⁴

¹ИЗМИРАН, Троицк, Россия ²ЦГЭМИ ИФЗ РАН, Троицк, Россия ³ Институт космических и солнечно-земных исследований – Болгарская академия наук ⁴ИФА – АН Чешской Республики, Прага e-mail: dteod@space.bas.bg

THE SCHUMAN PROJECT: PRELIMINARY RESULTS ACCORDING TO THE MAGNETOMETRIC COMPLEX

Vitaliy Ishkov¹, Yuriy Kuksa², Dimitar Teodosiev³, Igor Shibaev¹, Jaroslav Vojta⁴

 ¹ IZMIRAN, Troitsk
 ² GEMRC IPE RAS, Troitsk
 ³ Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
 ⁴Institute of Atmospheric Physics – Czech Academy of Sciences e-mail: dteod@space.bas.bg

Abstract: The experimental part of the Schuman project is based on two hardware complexes. The first complex - the magnetometric station registers three magnetic components, two electric and amplitude envelopes of the acoustic channel. The quantization time of all channels is 0.5 s. The second complex including two induction magnetic field sensors is designed for registration in the Schuman range. It is lower (0.01 Hz < f < 40 Hz) and at present passes testing. The presented work is based on the data of the first complex working at Troitsk.

The direct response to a number of solar flashes is analyzed. Additional ionization of the ionosphere caused by these flashes results in current reorganization and magnetic components' fluctuation. As solar events have casual character and are manifested in one form or other, against the background of sufficiently regular processes, the estimation of the background conditions of the analyzed parameters and their dynamics in time intervals of different scale is important.

Analysis of daily harmonics and harmonics of high-frequency on time files of duration of up to and more than one month is carried out. The influence of phases of the Moon on a daily harmonic is detected.

It is pointed out that, with a certain degree of smoothness of the parameters, the high-frequency component allows estimating the characteristics of irregular events.

Введение

Проект «Шуман» ставит задачу совместного анализа спутниковых и наземных данных по регистрации ультранизкочастотных электромагнитных полей для диагностики эффектов солнечной и сейсмической активностей в околоземном космическом пространстве. Опыт спутниковых наблюдений доказал их эффективность при анализе и оценке большинства природных явлений и техногенных катастроф. Но даже успешная регистрация соответствующих откликов отражает обычно активную фазу происходящего. Для анализа предистории события и стадии его формирования необходима непрерывная длительная регистрация в стационарных условиях. Возникает естественная необходимость дополнить спутниковый "сегмент" работами по наземной регистрации. Это расширит исследовательские возможности с их практическим применением и выходом на прогноз.

Долговременные наблюдения естественного электромагнитного (магнитотеллурического) поля в инфранизкочастотном диапазоне, а также огибающей сейсмического поля достаточно информативны, после исключения ионосферной составляющей, при анализе сейсмических процессов [1,3]. Кроме сейсмических факторов на параметры нижней ионосферы влияет и солнечная активность. Увеличение частоты регистрации электромагнитного поля до 40 Hz с анализом динамики шумановских резонансов позволит дифференцировать влияние этих факторов. Всё это, дополненное солнечными данными, расширит возможности исследования начальной стадии сейсмического или атмосферного события.

Экспериментальная часть проекта опирается на два аппаратных комплекса. Первый комплекс – магнитометрическая станция регистрирует три магнитные компоненты, две электрические и огибающую акустического канала. Время квантования по всем каналам 0.5 сек. Второй комплекс, состоящий из двух индукционных датчиков магнитного поля, рассчитан на регистрацию в шумановском диапазоне и ниже (0.01 Hz < f < 40 Hz) и в данный момент тестируется. Целью предлагаемого проекта являются :

– организация наземного мониторинга электромагнитных полей;

 экспериментальные и теоретические исследования динамики шумановских резонансов и сопоставление их характеристик при сейсмической и солнечной активностях ;

- анализ спутниковых и наземных измерений в моменты выделенных событий.

Предлагаемая работа демонстрирует возможности и качество данных первого комплекса, работающего в г.Троицк.

Прямой отклик на ряд солнечных вспышек

Обычно возмущение электромагнитных полей сопровождает различные природные явления и отражает их динамику и характер. Соответствующая регистрация полей позволяет исследовать интересующее событие. Так дополнительная ионизация ионосферы, вызванная солнечными вспышками, приводит к токовой перестройке и возмущению В-компонент. Ниже сопоставлены вариации Вх,у,z - компонент магнитометрического комплекса (верхняя часть рисунка в нанотеслах, компоненты маркированы) и минутные данные потока рентгеновского излучения (нижняя часть рисунка в произвольных единицах с датой и начальным временем в UT) в диапазонах 0.5—4.0 и 1.0—8.0 ангстрем спутников серии GOES для четырех событий при различных параметрах вспышек и ионосферы. Общая ось времени в минутах.



30.10.2004 ; Х 1.2 ; максимум вспышки в 11:46.





Отметим, что характерная длительность световой части вспышки ~ 20 минут.

Анализ длинных временных массивов

Так как солнечные события носят случайный характер и проявляются, в той или иной форме, на фоне достаточно регулярных процессов, то важна оценка фоновых состояний анализируемых параметров и их динамика на временных интервалах разного масштаба. При спектральном анализе суточных вариаций горизонтальной компоненты геомагнитного поля проявляются частоты колебаний тепловых приливных атмосферных волн. Полный их набор периодов содержит T = 24, 12, 8, 4 часа. Кроме соответствующих частот выделяются и другие гармоники.

Здесь, как пример, приведен анализ суточной и более высокочастотной (двадцатиминутной) гармоник Вх - компоненты в период с 6 марта по 28 апреля 2003 г. (всего 54 дня). Применяя преобразование Гильберта к соответствующим спектральным компонентам мы получаем зависимость их амплитуд от времени. Огибающая суточной гармоники представлена на верхней части рисунка. Явно растущий тренд амплитуды этой гармоники соответствует увеличению световой части суток. Выделяется влияние фаз Луны на неё. Суммарное воздействие гравитационных сил Солнца и Луны происходит вблизи новолуния, тогда следует ожидать максимального эффекта. Приведенная оценка этому не противоречит.



Огибающая компоненты с периодом T ~ 20 минут представлена на нижней части рисунка. Хорошо видна связь этой компоненты с выделенными моментами суточной. Отметим, что 17 марта и 26 апреля были солнечные вспышки классов X 1.5 и М 7.0 (вечером и утром), что могло «усилить» выбросы на 17 и 57 сутки.

Краткие характеристики комплекса

ИВК-МТМ состоит из измерительного блока, связанного соединительными кабелями с датчиками поля, и интерфейсного блока, подключенного к СОМ порту компьютера (IBM PC) [2]. К измерительному блоку подключаются трехкомпонентный блок кварцевых датчиков магнитного поля, две электрические линии, заканчивающиеся неполяризующимися электродами и сейсмодатчик. Связь между измерительным и интерфейсным блоками осуществляется по двум кабелям. По одному из них подается питание к измерительному блоку и, далее, к блоку датчиков магнитного поля, а по другому осуществляется цифровая связь между компьютером и измерительным блоком. Электрические линии подключаются к измерительному блоку через каналы с гальванической развязкой. К дополнительным электрическим каналам подключены: сейсмодатчик (через блок детектирования и выделения сейсмической огибающей) и датчик температуры блока датчиков магнитного поля. Динамический диапазон по всем каналам - 22 разряда.

Заключение

Проект «Шуман» является естественным продолжением сотрудничества по космической тематике в рамках международных проектов «АПЭКС» и «ИНТЕРБОЛ». По своим научным задачам он тесно связан с уже существующими договорами между ИКИ – БАН и Индийским институтом по геомагнетизму (г.Бомбей, Индия). Разумно формирование базы данных на основе результатов наземного мониторинга и проводимых экспериментов. Следует ожидать востребованность экспериментального материала в задачах экологии, медицины и других приложениях.

Литература:

- 1. С в е т о в, Б., С. К а р и н с к и й, Ю. К у к с а, В. О д и н ц о в. Магнитотеллурический мониторинг геодинамических процессов // ФИЗИКА ЗЕМЛИ. №5. С. 36-46. 1997.
- 2. С в е т о в, Б., Ю. К у к с а , В. О д и н ц о в, А. А м и а н т о в. Измерительно-вычислительный комплекс для магнитотеллурического мониторинга геомагнетических процессов (ИВК-МТМ) // Приборы и системы разведочной геофизики. Саратовское отделение Евро-Азиатского геофизического общества. № 1. С.14-19. 2006.
- K u k s a, Yu., B. S v e t o v. The Seasonal Behavior of the Bz Daily Variations according to the Monitoring at the Bishkek Geodynamic Site (1993–1995) // Geomagnetism and Aeronomy, Vol. 49, No. 6, pp. 816– 821. 2009.

MODEL OF COSMIC RAY IONIZATION IN THE IONOSPHERE TAKING INTO ACCOUNT THE ENERGY INTERVALS FOR PARTICLE PENETRATION

Peter Velinov, Lachezar Mateev, Alexander Mishev

Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: pvelinov@bas.bg

Key words: planetary ionospheres, solar radiation and cosmic ray effects, ionization mechanisms

Abstract: A model for galactic cosmic ray (CR) ionization in the ionosphere is presented in this report. A new analytical approach for CR ionization by protons and nuclei with charge Z in the lower ionosphere and the middle atmosphere is developed. For this purpose, the ionization losses for the energetic charged particles according to the Bohr-Bethe-Bloch formula are approximated in three different energy intervals – two main intervals and an intermediate coupling interval. More accurate expressions for CR energy decrease E(h) and electron production rate profiles q(h) are derived. q(h) is determined by the solution of a 3D integral with account of geomagnetic cut-off rigidity. The integrand in q(h) gives the possibility for application of adequate numerical methods - in this case, Gauss quadrature and Romberg extrapolation, for the solution of the mathematical problem. Computations for CR ionization are made. The contributions of the different approximation energy intervals are presented. The full CR composition is taken into account. The computations are made for different geomagnetic cut-off rigidities R in the altitude interval 30-70 km. The proposed improved CR ionization model will contribute to the quantitative understanding of solar-atmosphere relationships. The computer algebra program system Mathematica 5.2 is applied for calculation of the electron production rate values in characteristic energy intervals of the ionization losses function.

1. Introduction

At present different possible drivers of solar-terrestrial relationships are investigated (Velinov et al., 1974; Dorman, 2004). Velinov (2000, 2006) proposed a combined hypothesis for cosmic rays (CR) - XUV influence on the solar-atmosphere relationships. The cosmic rays and XUV determine to a great extent the chemistry and electrical parameters in the atmosphere. They create ozonosphere and influence actively the ozone O_3 processes. The cosmic rays transmit to the ozonosphere their solar modulation. But the ozonosphere controls the meteorological solar constant and the thermal regime and dynamics (including the dynamics of the cloud system) of the lower atmosphere, i.e. the weather and climate. The XUV influence dominates during the day (in particular around noon) and CR influence dominates during the night and sunrise-sunset periods, because galactic CR are always bombarding the Earth atmosphere. The CR flux varies during the solar cycle in an opposite face to that of sunspots (Velinov et al., 1974; Dorman, 2004). This hypothesis of the solar-terrestrial relationships shows the way to a non-contradictory solution of the key problems of the solar-terrestrial physics.

Thus the galactic and solar cosmic rays are drivers of solar - atmosphere changes. They cause ionization and excitation of the middle atmosphere and lower ionosphere and also electromagnetic and nuclear interactions (Velinov et al., 2009) in the lower atmospheric layers (Velinov et al., 1974). In fact CR determine also the electric conductivity in the middle atmosphere and influence on this way the global electric circuit (Dorman, 2004; Velinov and Mateev, 1990). CR introduce the solar variability in the middle atmosphere and ozonosphere - because they are modulated by solar wind. As a continuation of our studies of CR ionization in the atmospheres of the planets in the Solar system (Velinov et al., 2004) we will present an improved method for calculation of the electron production rate q(h) profiles due to particles of all energy intervals: galactic and solar CR, anomalous CR component and other types of high energy particles (Velinov and Mateev, 2008). The proposed improved CR ionization model will contribute to the quantitative understanding of solar-atmosphere relationships (Velinov et al., 2008; Velinov et al., 2010).

2. Model

The analytical and numerical approaches for penetration of cosmic rays in the system ionosphere - atmosphere are important for determination of the ionization state in the Earth environment. These investigations are based on particle ionization theory developed by Bohr, Bethe and Bloch (Velinov et al., 1974).

Moreover, for the altitude above 50 km, one can further neglect changes of the energy of energetic particles, thus reducing the cosmic rays induced ionization (CRII) computation to an analytical *thin target* model, where the electron production rate per g/cm² is computed as

(1)
$$q(h) = \sum_{i} q_{i}(h) = \frac{1}{Q} \sum_{i} \int_{E_{i}}^{\infty} \int_{A=0}^{2\pi} \int_{\theta=0}^{\pi/2 + \Delta\theta} D_{i}(E) \left(\frac{dE}{dh}\right)_{i} \sin\theta \, d\theta \, dA \, dE$$

Here *A* is the azimuth angle, θ is the angle towards the vertical, $\Delta\theta$ takes into account that at a given height the particles can penetrate from the space angle (0°, $\theta_{max}=90^{\circ}+\Delta\theta$), which is greater than the upper hemisphere angle (0°, 90°) for flat model. The summation in the ionization integral (1) is made on the groups of nuclei: protons p, Helium (α -particles), light L (3 ≤ Z ≤ 5), medium M (6 ≤ Z ≤ 9), heavy H (Z ≥ 10) and very heavy VH (Z ≥ 20) nuclei in the composition of cosmic rays. Z is the charge of the nuclei. Q = 35 eV is the energy required for the formation of an electron-ion pair, *D*(*E*) is the differential CR spectrum, (*dE*/*dh*)_{*i*} are the ionization losses of a particle of type *i*.

In the altitude range from 25-30 to 50 km, an *intermediate target* model needs to be used, that accounts also for the particle's deceleration due to ionization losses. This model was applied for calculation of atmospheric electrical conductivities [Velinov and Mateev, 1990)] in the middle atmosphere for different cases: galactic CR (GCR), solar CR (SCR), Forbush decreases, day and night conditions, etc. (Mateev, 2010).

The structure of the model (1) allows its decomposition in submodels. In this case we take into account the physical meaning of the undependent variables subintervals. The integrand variables are: azimuth angle, zenith angle and kinetic energy of charged particles. Each combination of three characteristic subintervals and the corresponding altitude in the integrand variables defines its own electron production rate submodel, which is included in the general ionization rate model (1) with coupling intermediate energy subintervals. In this way the accordance with the experimental data is improved (Mateev, 2010). Each combination of D(E), dE/dh and intermediate energy intervals defines its own contribution in the electron production rate value with corresponding analytical expression in the model (Velinov et al. 2008).

In this paper we compute the contribution of the ionization rate of some energy subintervals of particles, including the intermediate subinterval, in the general electron production rate value for the case of vertical CR protons penetration and two interval approximation of ionization losses function (Velinov et al., 1974; Ruder et al., 2006).

3. Computational results

The model for two interval approximation (2) of the ionization losses function (of Bohr-Bethe-Bloch) with coupling intermediate energy interval is composed by 3 main terms (3) with corresponding initial energy value (4) – cut off rigidity $E_{km}(h)$, which forms the lower integral boundary in (1):

(2)
$$-\frac{1}{\rho}\frac{dE}{dh} = \begin{cases} 242E^{-3/4} & E = 0.15 - 600 \text{ MeV} \\ 2 & E = 600 - 5 \times 10^6 \text{ MeV} \end{cases}$$
 Interval 1
Interval 2

(3)
$$q(h) = \frac{\rho(h)}{Q} \left(\int_{E_{km}}^{600} D(E) \left(\frac{dE}{dh} \right)_1 dE + \int_{600}^{E_{\infty}(h)} D(E) \left(\frac{dE}{dh} \right)_2 dE + \int_{E_{\infty}(h)}^{\infty} D(E) \left(\frac{dE}{dh} \right)_3 dE \right)$$

(4)
$$E_{km} = \max\{E_{km,1}, E_{km,2}\} = \max\{E_R, E_A(h)\} = \max\{\left(\sqrt{R^2 + 0.88} - 0.938\right)10^3; E_R(h)\}$$

The intermediate energy interval contribution is expressed by the second term in (3). This particular case of the general model (1) is derived in (Ruder et al., 2006).

The GCR protons spectrum for minimal solar activity is taken from (Buchvarova, 2002). The SCR protons spectrum, which is introduced in the computer code, is measured at the GLE05 event on

23 February 1956 (Velinov et al., 1974). The GCR electron production rate profiles are computed for altitudes between 30 and 60 km and geomagnetic cut-off rigidities E_R =10 MeV and 60 MeV. The SCR electron production rate profiles are computed for altitudes between 30 and 70 km.

The graphical presentation of the electron production rate profiles is given on Figs. 1 and 2. On Fig. 1 the values for $E_R=10$ MeV are higher because of the smaller lower integration boundary $E_{km}(h)$ (4). The total ionization rate is higher because of the contribution of all types of CR nuclei (Velinov et al., 1974). The change of the maximum value $E_{km}(h)$ in (4) with height decrease causes the coincidence of both profiles for $E_R=10$ MeV and 60 MeV (Fig. 1).



The same phenomenon occurs in the case of SCR. It is shown on Fig.2. Both curves are identical under the altitude of 38 km. Both maxima for E_R =10 MeV at altitude of 64 km and for E_R =60 MeV at altitude of 39 km are due to the switching of values in formula (4). The powerful SCR spectrum causes a great increase of the profiles values in comparison with these from GCR spectrum.

Altitude <i>h</i> , km	Atmospheric density $\rho(h)$, g.cm ⁻³	Traveling substance path \widetilde{h} , g.cm ⁻²	Cut-off rigidity $E_{A'}$ at $E_{R'}=10 \text{ MeV}$	Cut-off rigidity E_{A} " at E_{R} "=60 MeV	Intermediate Interval Boundary <i>E</i> _B , MeV
60	3.21E-7	0.239	13.99	60	600.46
50	1.057E-6	0.855	29	60	601.71
40	3.97E-6	3.01	59.55	60	606.02
35	8.28E-6	5.93	87.7	87.72	611.86
30	1.77E-5	12.12	131.95	131.94	624.24

Table 1. Atmosphere parameters for GCR ionization calculation – vertical GCR penetration

The bigger difference between both SCR profiles values than that between the GCR profiles values is proportional to the differential spectrum D(E) in the corresponding energy intervals.

Table 2. Electron production rate from GCR in characteristic energy intervals of differential GCR spectrum D(E) for minimal solar activity – vertical GCR penetration

Height <i>h</i> , km	<i>q</i> (<i>h</i>) in [<i>E</i> _A ', 300], MeV	<i>q</i> (<i>h</i>) in [<i>E</i> _A '', 300], MeV	<i>q</i> (<i>h</i>) in [300, 600], MeV	<i>q</i> (<i>h</i>) in [600, <i>E</i> _B], MeV	q(<i>h</i>) in [<i>E</i> _B , 20000], MeV	<i>q</i> (<i>h</i>) in [20, 100], GeV	q' _{GCR} (h)	q" _{GCR} (h)
60	0.016	0.012	0.008	8.7×10 ⁻⁶	0.0262	6.4×10 ⁻⁴	0.168	0,154
50	0.044	0.04	0.027	10 ⁻⁴	0.086	0.0021	0.5234	0,513
40	0.1652	0.1652	0.1	0.0014	0.32	0.008	1.96	1.95
35	0.366	0.366	0.214	0.0056	0.67	0.016	4.2	4.2
30	0.773	0.773	0.47	0.025	1.42	0.035	8.99	8.99

The parameters which form the energy interval boundaries and the ionization profiles for GCR and SCR penetration are shown in Tables 1 and 4. The numerical values of the electron production rate for different altitudes and angles of CR penetration are presented in Tables 2, 3, 3* for GCR and in Tables 5 and 6 for SCR.

Table 3. Electron production rate from inclined GCR penetration in characteristic kinetic energy E_k intervals of differential spectrum D(E) for minimal solar activity and altitude of 50 km

θ	$Ch(X, \theta)$	\widetilde{h}	E _A , MeV	<i>E</i> _Β , MeV	(<i>E</i> _A -300) MeV	(300-600) MeV	(600- <i>E</i> _в) МеV	(<i>E</i> _B -20) GeV	(20-100) GeV	<i>q</i> _{CR} cm ⁻³ s ⁻¹	Ш %
87°	14.73	12.59	134.84	625.18	0.058	0.028	0.002	0.085	0.0021	0.5778	1
90°	35.46	30.32	222.82	660.64	0.033	0.032	0.0049	0.083	0.0021	0.5115	3.2
93°	197.5	168.9	594.5	937.8	-	0.004***	0.03	0.069	0.0021	0.347	28.5
95°	1476	1262	2781.2	3124.3	-	-	0.0071***	0.024	0.0021	0.11	21.4

^{*}Zenith angle; ^{**}Intermediate energy interval contribution: $q(600-E_B)/q_{protons}$; ^{**}Energy interval boundaries: (E_A - E_k)

Table 3^{*}. Contribution of intermediate interval (II) in % for GCR ionization and $E_R=10 \text{ MeV}$

Altitude , km	60	50	40	35	30
Contribution II	1.7×10 ⁻²	6.3×10 ⁻²	0.2	0.44	0.9

Table 4. Atmospheric and geomagnetic cut off rigidities and intermediate energy interval boundaries (IEIB) which are used in the SCR electron production rate model – vertical SCR penetration

Altitude <i>h</i> , km	Cut-off rigidity $E_A(h)$	E_{A} '(h) for geomagnetic cut-off E_{R} =10 MeV	E_{A} "(h) for geomagnetic cut-off E_{R} =60 MeV	IEIB, MeV
70	6.16	10	60	600.11
65	9.43	10	60	600.24
64	10.22	10.22	60	600.27
60	13.99	13.99	60	600.48
50	29	29	60	601.71
40	59.55	59.55	60	606.02
39	64.21	64.21	64.21	-
35	87.7	87.7	87.7	611.85
30	131.95	131.95	131.95	624.23

Table 5. Electron production rate from SCR in characteristic energy intervals of differential GCR spectrum D(E) for GLE05 event from 23 February 1956 – vertical SCR penetration

Altitude <i>h</i> , km	(<i>E</i> _A '-300) MeV	(<i>E</i> _A ''-300) MeV	(300-600) MeV	(600- <i>E</i> _B) MeV	(<i>E</i> _B -20) GeV	(20-100) GeV	<i>q</i> _p '(<i>h</i>) cm⁻³s⁻¹
70	6.79×10 ⁴	11.65	5.3×10 ⁻³	2.4×10 ⁻⁷	2.4×10 ⁻⁴	1.97×10 ⁻¹⁰	6.79×10 ⁴
65	2.1×10 ⁵	-	0.01	10 ⁻⁶	4.78×10 ⁻⁴	3.87×10 ⁻¹⁰	2.1×10 ⁵
64	2.8×10 ⁵	-	0.012	1.31×10 ⁻⁶	5.42×10 ⁻⁴	4.39×10 ⁻¹⁰	3.4×10 ⁵
60	1.25×10 ⁵	43.43	0.0194	3.73×10 ⁻⁶	8.9×10 ⁻⁴	7.22×10 ⁻¹⁰	1.25×10 ⁵
50	1.28×10 ⁴	154.5	0.064	4.4×10 ⁻⁵	2.9×10 ⁻³	2.38×10 ⁻⁹	1.28×10 ⁴
40	1.54×10 ³	1194	0.24	5.7×10 ⁻⁴	0.011	8.9×10 ⁻⁹	1540
39	-	1234	-	-	-	-	-
35	560.91	560.91	0.519	2.3×10 ⁻³	0.021	1.9×10 ⁻⁸	561.45
30	161.7	161.7	1.16	8.6×10 ⁻³	0.042	3.99×10 ⁻⁸	162.91

Θ	E _A , MeV	<i>E</i> в, MeV	(<i>E</i> _A -300) MeV	(300-600) MeV	(600- <i>E</i> _В) МеV	(<i>E</i> _B -20) GeV	(20-100) GeV	<i>q</i> _{CR} cm ⁻³ s ⁻¹	II ^{**} %
87°	134.84	625.18	8.64	0.0697	5.3×10 ⁻⁴	2.49×10 ⁻³	2.38×10 ⁻⁹	8.713	6.1×10 ⁻
90°	222.82	660.64	0.698	0.083	0.00117	0.002	2.38×10 ⁻⁹	0.784	0.15
93°	594.5	937.8	-	0.0013***	6.1×10 ⁻³	4.97×10 ⁻⁴	2.38×10 ⁻⁹	0.0079	77.1
95°	2781.2	3124.3	-	-	5.4×10 ^{-6***}	4.05×10 ⁻⁶	2.38×10 ⁻⁹	9.4×10 ⁻	57

Table 6. Electron production rate at inclined SCR penetration in characteristic kinetic energy E_k intervals of differential spectrum D(E) for GLE05 event from 23 February 1956 and altitude of 50 km

^{*}Zenith angle; ^{**}Intermediate energy interval contribution: $q(600-E_B)/q_{\text{protons}}$; ^{***}Energy interval boundaries: $(E_A - E_k)$;

The corresponding parameters $Ch(X,\theta)$ and \tilde{h} are given in Table 3

The nonlinearity of the problem corresponds to the computational values of the solutions. They are determined by the magnitude of the differential spectrum D(E), the ionization losses function dE/dh

and also by the energy interval values (Tables 2 and 5). The traveling substance path \tilde{h} which determines the atmospheric cut-off $E_A(h)$ and the ionization losses function influences also the ionization rate values (Tables 3 and 6). For some bigger angles of CR penetration ($\theta > 90^\circ$, in spherical Earth model (Velinov et al., 2004)) the intermediate coupling interval has important contribution in the ionization rate value (Table 3, GCR penetration) and even dominates in it (Table 6, SCR penetration). Its contribution is proportional to the traveling substance path increase (with the zenith angle θ increase and the altitude *h* decrease).

The most important contribution for the GCR ionization rate is in the energy intervals [$E_A(h)$ -300] MeV and [$E_B(h)$ -20] GeV. It follows from the energy interval width, the differential spectrum and the ionization losses function values (Table 2). The SCR ionization rate value is determined by the energy interval [$E_A(h)$ -300] MeV where the D(E) and the dE/dh values are higher in comparison with the other energy intervals. The obtained ionization rate profiles are in accordance with experimental data and measurements (Velinov et al., 1974; Mateev, 2010).

4. Solution methods

The numerical algorithm which is applied realizes the Romberg integration method with Richardson extrapolation to the limit (Press et al., 2002). The numerical results are obtained for input accuracy $\varepsilon = 0.004$. They are in accordance with the output values of the *Mathematica* 5.2 computer system (Wolfram, 2003). The relative errors are calculated under 2%. Only in one case the relative error reaches 4.5% and for two other cases it is 2.5%.

5. Monte Carlo simulation of CR ionization

The CR ionization in the middle atmosphere was calculated with the CORSIKA programme system (Heck, 2004). The ionization profiles were obtained with Monte Carlo simulation. They are in accordance with the results of the analytical - numerical model (Velinov et al., 2009). On this way is obtained *the full target model*.

Obviously to build an appropriate model for atmospheric ionization due to cosmic rays it is necessary to follow the evolution and properties of the cascade process in the atmosphere, especially the energy and location with corresponding arrival time of the produced secondary particles at given selected observation level. In the full target model we use the following relations with ionization yield function formalism (5):

(5)
$$Y(x, E) = \Delta E(x, E) \frac{1}{\Delta x} \cdot \frac{1}{E_{ion}} \cdot \Omega$$

where ΔE is the deposited energy in layer Δx in the atmosphere and Ω is a geometry factor, integration over the solid angle with given zenith angle. Therefore the cosmic ray induced ionization is estimated according (6)

(6)
$$q(h,\lambda_m) = \int_{E_0}^{\infty} D(E,\lambda_m) Y(h,E) \cdot \rho(h) dE$$

where $D(E, \lambda_m)$ is the differential primary cosmic ray spectrum at given geomagnetic latitude λ_m , Y is the yield function, $\rho(h)$ is the atmospheric density (g.cm⁻³).

6. Conclusions

This improved analytical - numerical electron production rate model can be applied for calibration of the computer system CORSIKA (COsmic Rays Simulation for KAskade) (Heck, 2004) output results at altitudes 30-35 km. There the nuclear interactions begin to dominate over the electromagnetic interactions which are most important at the altitudes above 35 km. The electron production rate model can be applied for CR ozone production calculation (Tassev et al., 2006) and for electrical conductivities modeling in the middle atmosphere. The calculated intermediate energy interval can have dominating contribution in q(h) for greater traveling substance path in lower altitudes *h* and bigger zenith angle θ in the spherical Earth electron production rate model. The calculated interval contributions in q(h) are caused by the characteristic values of D(E), dE/dh and the energy interval widths.

The presented improved model can be used for detailed investigation of the characteristics and contributions of the different energy intervals in the CR differential spectra and the ionization losses function. On this way the multi-interval computations can be defined in the input data of the model (1). They include also the charge decrease interval (Dorman, 2004; Velinov et al., 2008), the intermediate coupling intervals and the number (from 2 to 6) and types of the approximation intervals of the ionization losses function. The CR ozone production rate evaluation is made just using the energy interval measurements by the GOES satellites and their data bases in the Internet network (Tassev et al., 2006). The energy intervals investigation takes place according to the goal of the user of the model with respect to accuracy and interval types.

References :

- 1. B u c h v a r o v a, M. Modelling the galactic and anomalous cosmic ray differential spectrum (1.8 MeV 100 GeV) with improved smoothing function *Tangens Hyperbolicus*. Compt. rend. Acad. bulg. Sci., 55 (7), 27-30, 2002.
- 2. D o r m a n, L. Cosmic Rays in the Earth's atmosphere and underground. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2004.
- 3. H e c k, D. The SLANT Option of the Air Shower Simulation Program CORSIKA, Forschungs-zentrum Karlsruhe, Report FZKA 7082, 2004.
- 4. M a t e e v, L. Simulation of ionization profiles of cosmic rays in the middle atmosphere during moderate solar activity. Compt. rend. Acad. bulg. Sci. **62** (4), 593-600, 2010.
- 5. P r e s s, W. H., B. P. F I a n n e r y, S. A. T e u k o I s k y, W. T. V e t t e r I i n g, Numerical Recipes in C++ The Art of Scientific Computing. Cambridge University Press, Cambridge, 2002.
- 6. R u d e r, H., P. I. Y. V e l i n o v, L. N. M a t e e v, Interval coupling of cosmic ray protons in ionization model for planetary ionospheres and atmospheres. Compt. rend. Acad. bulg. Sci. 59 (7), 717-722, 2006.
- 7. T a s s e v, Y., P. I. Y. V e I i n o v, D. T o m o v a, Increase of stratospheric ozone in Pfotzer maximum due to solar energetic particles during ground level enhancement of cosmic rays on 20 January 2005. Compt. rend. Acad. bulg. Sci., **59** (11), 1153-1158, 2006.
- V e I i n o v, P. I. Y., L. N. M a t e e v, D. T o m o v a. Improved cosmic ray ionization model for the system lower ionosphere-middle atmosphere. determination of approximation energy interval characteristics for the particle penetration. 38th COSPAR Scientific Assembly, Bremen, Germany, 18-25 July 2010, Report C23-0013-10, scientific event C23.
- 9. V e l i n o v, P. I. Y., 2000. Cosmic ray trigger effect in the galactic–solar-terrestrial physics (GSTP). Compt. rend. Acad. bulg. Sci. 53 (2), 37-40, 2000.
- 10. V e I i n o v, P. I. Y. Advancing our Understanding of the Cosmic Ray Processes that Govern the Solar Influence on Earth and Planets. Sun and Geosphere, **1** (1), 5-7, 2006.
- 11. V e I i n o v, P. I. Y., G. N e s t o r o v, L. D o r m a n, Cosmic ray influence on the ionosphere and on radiowave propagation. Bulg. Acad. Sci. Publ. House, Sofia, 1974.
- V e I i n o v, P. I. Y., H. R u d e r, L. M a t e e v, M. B u c h v a r o v a, V. K o s t o v. Method for calculation of ionization profiles caused by cosmic rays in giant planet ionospheres from Jovian group. Adv. Space Res. 33 (2), 232–239, 2004.
- 13. V e I i n o v, P. I. Y., L. M a t e e v, H. R u d e r, Generalized Model of Ionization Profiles Due to Cosmic Ray Particles with Charge Z in Planetary Ionospheres and Atmospheres with 5 Energy Interval Approximation of the Ionization Losses Function. Compt. rend. Acad. bulg. Sci., 61 (1), 133-146, 2008.
- 14. V e l i n o v, P. I. Y., A. M i s h e v, L. M a t e e v, Model for induced ionization by galactic cosmic rays in the Earth atmosphere and ionosphere. Adv. Space Res. 44, 1002–1007, 2009.
- V e I i n o v, P. I. Y., L. N. M a t e e v, Improved cosmic ray ionization model for the system ionosphere atmosphere—Calculation of electron production rate profiles. J. Atmosph. Sol.-Terr. Phys. 70, 574–582, 2008.
- 16. V e I i n o v, P. I. Y., L. M a t e e v, Effects of Galactic Cosmic Rays and High Energy Particles on the Parameters of the Global Atmospheric Electrical Circuit. Geom. Aeron., 30 (4), 554 557, 1990.
- 17. W o I f r a m, S., The Mathematica book, 5 ed., Wolfram Media, 2003, 1301 p.

SIMULATION STUDY OF LIGHTNING IMPACT ON THE GLOBAL ATMOSPHERIC ELECTRIC CIRCUIT OF VARYING PARAMETERS

Peter Tonev, Peter Velinov

Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: ptonev@bas.bg, pvelinov@bas.bg

Keywords: ionospheric potential, atmospheric conductivity, ionosphere-surface current, air-earth current, thunderstorms, electrified shower clouds, electron heating, transient luminous events, sprite

Abstract: The global atmospheric electric circuit (GEC) is maintained by thunderstorms and electrified clouds. We study by modelling the DC response of GEC to a separate tropospheric electric source under quiet conditions and as a result of a lightning discharge. The phenomena in regional scale are considered first. The electric currents from a cloud into the ionosphere are studied depending on the geomagnetic latitude. The related electric fields can cause electron heating in the lower ionosphere, as well. Moreover, the post-lightning fields can produce a breakdown and red sprite. In global scale, a lightning discharge causes a transient variation of the ionospheric potential, which is evaluated here. The main global parameters of GEC are re-estimated.

СИМУЛАЦИОННО ИЗСЛЕДВАНЕ РОЛЯТА НА МЪЛНИИТЕ В ГЛОБАЛНАТА АТМОСФЕРНА ЕЛЕКТРИЧЕСКА ВЕРИГА С ВАРИРАЩИ ПАРАМЕТРИ

Петър Тонев, Петър Велинов

Институт за космически и слънчево-земни изследвания - Българска академия на науките e-mail: ptonev @bas.bg, pvelinov @bas.bg

Ключови думи: йоносферен потенциал, атмосферна проводимост, ток йоносфера-земя, наземен ток, гръмотевични бури, електрозаредени облаци, електронно нагряване, транзиентни събития на светене, спрайт.

Резюме: Глобалната атмосферна електрическа верига (ГЕВ) се захранва от гръмотевичните бури и електрозаредените облаци. Изследвана е моделно реакцията на ГЕВ, обусловена от отделен тропосферен източник на ток както при спокойни условия, така и в резултат на мълния. Отначало са разгледани проявите в регионален мащаб. Изследван е електрическият ток от облак към йоносферата на различни геомагнитни ширини. Установено е, че съответващото му електрическо поле в ниската йоносфера може да причини електронно нагряване. След мълния то може да доведе до диелектричен пробив и спрайт. Изследвана е глобалната вариация на йоносферния потенциал в резултат на мълния и е направена преоценка на някои глобални параметри на ГЕВ.

Introduction

The thunderstorms (TS) and electrified shower clouds (ESC) in the Earth's troposphere are the electric sources in the global atmospheric electric circuit (GEC) which create a potential of ~250-300 kV of the ionosphere and an air-earth current of ~2 pA/m⁻² [1-4]. A schematic layout of GEC is shown in fig.1. A complex and still incompletely understood system of links exists between: (a) TC/ESC, GEC, the cloud microphysics, the aerosols, the global temperature and climate, on one hand; and (b) the solar activity and space weather parameters, the galactic cosmic ray flux modulated by the solar wind, and other space factors, on the other hand. To investigate a part of this system, we study here the DC response of GEC to a single TS/ESC under different conditions. In regional scale we consider the electric currents and fields above a TS/ESC and their effects in the lower ionosphere, such as electron heating. We show that the electric currents flowing into the ionosphere, as well as the electron heating effect, depend significantly on the geomagnetic (gm) latitude. The transient variation of the ionospheric potential, as a result of a lightning discharge, is studied as a global scale response.

Quasi-static electric fields are also generated in the conjugated region of a lightning discharge. Estimation is made of the contribution of different types of electric currents in GEC.

Contribution of a TS / ESC in a regional scale

We present model results which reveal the role of TS / ESC in GEC with varying parameters. These results concern the DC aspect of GEC when by the space and time scales involved the electric and magnetic components can be considered as independent. First, we study the coupling of a single electric generator (TS or ESC) with the atmospheric regions above it in a regional scale. Some results



Fig. 1. Schematic view of the global atmospheric electric circuit represented as an equivalent circuit. In a region of TS / ESC upward electric current are generated. In fairweather regions the currents are downward.

which concern global scale DC interactions of a lightning to GEC are described in the next Section.

Our modeling is based on the continuity equation for the density of the electric current **j** whose source is a single TS or ESC by quiet conditions or during a cloud-to-ground (CG) lightning discharge:

(1)
$$\nabla \cdot \mathbf{j} = \mathbf{0}$$

Eq.(1) is used under two types of conditions:

1) In the steady-state case, when no lightning discharges are generated (slow changes of electric charges occur), Eq.(1) is for the conduction current $\mathbf{j} = \mathbf{j}_{c} = [\sigma]\mathbf{E}$, where $[\sigma]$ is the conductivity which is a tensor above 70 km.

2) During a CG lightning discharge in a TS Eq.(1) is for the full Maxwell current $\mathbf{j} = \mathbf{j}_M = \mathbf{j}_C + \mathbf{j}_D$, where $\mathbf{j}_D = \varepsilon_0 \partial \mathbf{E} / \partial t$ is the displacement current. The boundary conditions for Eq.(1) reflect that the surface

is of infinite conductivity, compared to the adjacent air, and the parallel conductivity at a predetermined ionospheric altitude can be considered as infinite (or tends to infinity). Above 70 km the conductivity tensor [σ] significantly depends on the inclination (dip angle) *I* of the geomagnetic field.

First, we study the electric current which flow from a TS or ESC into the ionosphere at different gm latitudes. Fig.2a shows the boundary contours of 90% of the upward electric current which flows from an electrified cloud to the ionosphere, when the geomagnetic field is oriented vertically (assumed for high-middle latitudes). Three different conductivity profiles are used. Curves 1 and 2 are obtained for idealistic conductivity profiles by constant scale heights H = 4, and 5.5 km with no account of the anisotropy. Curve 3 corresponds to a realistic conductivity profile with respect to anisotropy. In this case the electric current at altitudes above 70 km tends to flow within a vertical tube with the increase of both the parallel conductivity and anisotropy. Fig.2b shows the electric current generated above a TS/ ESC at equatorial gm latitudes, where the geomagnetic field is horizontally oriented; the contours of the current are shown in a plain which is parallel to the equatorial plain. While the current



Fig. 2a. Contours of the upward electric currents generated by a TS/ESC at high latitudes which confine 90% of the total current for 3 conductivity profiles. Contours 1, 2 are obtained with no respect to anisotropy; it is taken into account only by contour 3.



Fig. 2b. Contours of the electric current generated above a TS / ESC at equatorial gm latitudes in a vertical plane parallel to the equator. Below 75 km the current is predominantly upward, and above 75 km it becomes almost horizontal.

below 75 km is predominantly upward, above 75 km it is re-oriented as almost horizontal in west-east direction. This is an effect of the Hall conductivity which becomes significant above about 70 km.

The total current from a single TS / ESC to the ionosphere is estimated. In case (1) almost total current generated by the source is oriented to the ionosphere. This is shown below by the percentage of the upward current in the total current as a function of the scaled altitude of the source cloud charge (the ratio $\zeta_{\rm C}$ of charge altitude to the conductivity scale height).

Sc	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
Upward current (%)	39	63	77	86	91	94

After a CG lightning discharge (type 2) much larger transient current to the ionosphere is produced. The peak current at 65 km reaches few kA [10]; its time scale is comparable to the local relaxation time ($<\sim 10^{-1}$ s).

Electric fields are also generated in GEC (in the lower ionosphere) in regional scale above a TS/ESC. The generated ones after a lightning discharge (the post-lightning fields) are much larger than those formed under quiet conditions. The electric fields are dramatically influenced by the gm latitude. Two cases of magnetic field orientation are considered again: (a) vertical, corresponding to high-middle latitudes; and (b) horizontal (at equatorial gm latitudes). Fig.3 shows a typical altitudinal dependence of the normalized dominating components of the electric field above an electric charge Q in a thundercloud in both cases. These results show that the electric field E above 75 km in case (b) is much larger than in case (a). Typical values for the ratio $R_{b/a}$ between the electric field intensities at altitudes 75 - 90 km above a thundercloud in cases (b) and (a) are given below:

Altitude, km	75	80	85	90
R _{b/a}	11.4	27.2	61.5	70.4

These steady-state electric fields can cause electron heating in the lower ionosphere above a thundercloud which leads to a decrease of the conductivity at night (in daytime such effects do not take place). This is demonstrated below for a specific nighttime conductivity profile by different effective cloud charge Q (50, 100, and 150 Coulombs) located at 15 km: the height intervals Z_5 and Z_{10} are given, where the conductivity reduction is at least 5 and 10 times, respectively:

Q, Coulomb	50	100	150
<i>Z</i> ₅, km	76.8 - 81.6	75.3 - 82.1	73.2 - 82.6
Z_{10} , km	76.1 - 81.0	74.4 - 81.5	71.4 - 82.2

During and shortly after a lightning discharge (by conditions of type 2) the respective (postlightning) electric fields are much stronger, than by quiet conditions (1), especially in the lower



Fig.3. Vertical E_z and horizontal E_r normalized components of the electric field of a charge at altitude 15 km and constant by time in cases: (a) ($I=90^0$) and (b) ($I=0^0$).



Fig. 4. Peak electric field as function of height by two types of CG lightning discharges: not accompanied (1) and accompanied (2) by continuing currents. Curve **3** is for the breakdown electric field.

ionosphere. This is demonstrated below by the ratio between the peak of the electric field $E_{CG}(\text{peak})$ due to a CG lightning discharge, and the field *E* (steady-state) before the discharge (by conditions 1).

Altitude, km	40	70	85	90
Ratio $E_{CG}(peak) / E$ (steady-state)	16.8	187	1285	1490
Time of E_{CG} relaxation, s	2.1	2.7	0.25	0.012

Because of the big electric fields and of their relatively long relaxation, they possibly can cause a red sprite, e.g. [6]. It has to be mentioned that in the lower ionosphere the post-lightning electric fields, as well as their effects there, depend dramatically on the gm latitude, as shown in [9]: at equatorial gm latitudes they are much larger than at gm high-middle latitudes. The comparison between the peak electric field in cases (a) and (b) generated by the same source and by the same conductivity profiles gives similar results for the ratio between these peaks as the results obtained for steady-state conditions. The electric field is also significantly influenced by the parameters of the causative lightning discharge and of conductivity Fig.4 shows typical profiles of the vertical electric field E (the dominating component), which is generated after a CG lightning discharge in case (a) in two sample cases. Curves 1 and 2 correspond to +CG lightning discharges whose peak current are similar, but in the second case the discharge is characterized by continuing currents and long tail, as opposed to case 1. Fig.5 explains why the +CG discharges of type 2 are much better candidates for sprite-producing discharges than those of type 1. That is because the profile of the peak electric field has a knee at altitude where the relaxation time equals to the lightning discharge time. After +CG lightning with continuing currents the interval, where a breakdown is realized, comprises lower altitudes where the field is large enough for a long time to generate and maintain streamers in a proper timescale.

Besides, the spatial parameters of the region of electron heating in case (b) dramatically differ than those in case (a), as shown in [9]: in case (a) it has larger horizontal dimensions and is significantly shifted (up to many tens of kilometers) in east-west direction, compared to case (a).

The ionospheric potential V_I is a global characteristic of GEC, since the ionosphere is equipotential at gm latitudes below ~60⁰. However, at higher gm latitudes the ionospheric potential is influenced by the ionospheric convection which determines a significant potential difference of 30-150 kV between the dawn and dusk sides of the polar cap by negative component B_z of the IMF [4]. Since this potential difference is a function of the solar wind parameters, it realizes a link between space weather and the atmospheric processes. This potential modification is mapped downward to GEC and the surface: it influences the air-earth current by ~20% and up to ~40 % by high solar activity [7].

We study the response of the background ionospheric potential V_l to a single CG lightning discharge. A model of the equivalent circuit (fig.1) is developed. Eq.(1) is transformed to a discrete representation for the Maxwell current in the equivalent circuit, in which separate segments are characterized by their resistor and capacitance. The results for the transient variation of the ionospheric potential V_l after lightning are shown in fig.5a,b, for a +CG and –CG lightning discharges, respectively, by an altitudes of the removed charge $Z_c = 10$ km and $Z_c = 6$ km. We see that the relative variation of the ionospheric potential by a single lightning discharge is rather small: 0.025% by +CG and 0.01% by –CG. A question arises whether the transient variation of V_l due to strongest +CG discharges can cause a measurable variation of the air-earth current and the potential gradient at the surface. If this is possible, this will serve as a confirmation of the Wilson's hypothesis.

We show in [8] that a +CG lightning discharge can cause a transient variation of the electric field in the conjugate region in the lower ionosphere and strato/mesosphere. The electric field intensity caused by a very strong lightning discharge (with a charge moment change 3500 C×km) in the conjugate region is 7.5×10^{-3} , 3.4×10^{-2} , 0.12, 0.02 V/m at altitude 90, 80, 70 and 60 km, respectively.

Further, estimations of the main GEC parameters are given based on a large number of studies (e.g. [1-3]) and on our results mentioned above.

Average surface Potential Gradient (PG):	<i>PG</i> = 100 - 120 V/m
Vertical conduction current density:	$i_z = 2 - 3 \text{ pA/m2}$
Air conductivity at sea level:	$\sigma_{\rm SL} = 2 - 3 \times 10^{-14} {\rm S/m}$
Ionospheric potential:	$V_{\rm I} = 250 - 300 \rm kV$
Total charge on the Earth's surface:	$Q_{TE} = -2 - 5 \times 10^5 \text{C}$
Total resistance of the atmosphere:	<i>R</i> _T = 200 - 230 Ω
Total air-earth current:	<i>J</i> _T = 1000 - 1800 A
Average columnar resistance:	$R_{\rm C}$ = 120 p Ω .m ²
Mean global number of thunderstorms acting:	n _{TS} = 1000 - 2000

Time constant τ_G of GEC (i.e. the time for its discharging if there are no electric sources) is determined from the equation $J_T = dQ_{TE}/dt = -Q_{TE}/\tau_G$, i.e. $\tau_G = -Q_{TE}/J_T = 120 - 500$ s with respect to the estimations of Q_{TE} and J_T . We adopt $\tau_G = 250$ s (it is the geometric mean of minimum and maximum estimations), which agrees with [2].

Different types of currents flow in GEC, whose relative contribution has to be estimated. These types of currents are analyzed below:

1) Upward corona currents which flow from the ground (from sharp objects) up to the electrified clouds. According to the first studies [11], the total corona current J_{COR} over the globe is $J_{COR} = -100 \text{ C.m}^{-2}$.year⁻¹, which is an overestimation. A partial estimation is obtained in [3] for the total corona current J_{COR-TC} below all thunderclouds: $J_{COR-TC}=10^3 \text{ pA.m}^{-2}$. If the total area of the thunderstorms over the globe is $3 \times 10^{11} \text{ m}^2$, as obtained in [2] (i.e. 0.06% of the Earth's surface), then J_{COR} has an average density ~ 0.6 pA.m⁻² over the globe.

2) Upward currents due to negatively charged precipitations J_{PR} – these currents are generated below both TS and ESC with total area 2% of the Earth's surface. Their average density below the precipitating clouds is 45 pA.m², therefore their average density over the globe is 0.95 pA.m² [3].

3) Currents of the cloud-to-ground lightning discharges (intra-cloud discharges and those between clouds have no contribution in GEC). According to [5], their average density is 0.45 pA.m^2 by mean fair-weather current of 2 pA.m². The total current of these discharges depends on the relative contributions of the negative and positive CG discharges. Negative -CG discharges occur about ten times more often than the positive ones (+CG). However, the ratio between the total amount of charge transferred in both discharge types is 4:3, with respect to larger amount of charge removed by a +CG lightning discharge compared to a -CG one [3]. Having in mind that the global average rate of the lightning discharges is estimated to be ~50 s⁻¹, and the CG discharges are not more that 30% of all discharges, we conclude that the contribution of the CG lightning is the main source of the ionospheric potential. It shows, in agreement with [3], that the contribution of the CG lightning discharges by electric currents in GEC is small compared to the other current sources.

Some problems of the AC aspects of GEC

They are related to propagation of ELF/ VLF electromagnetic fields in the lonosphere-Earth waveguide. A specific problem is the investigations of the Schumann resonances of this waveguide, which can serve as an indicator of global tropospheric characteristics as temperature and humidity. Assumingly, their main modes (~8, ~14 Hz) play an important role in controlling the α -wave frequency in human brains. Thus, SR can be a link between space weather and the health status of humans (e.g. cardio-vascular system, etc.). Commonly, the ELF / VLF waves can be used to indicate lightning discharges over the globe or to examine the disturbances in the D-region of the ionosphere. Their simulation is needed in the future, e.g. with the use of the FDTD method.

Conclusion

First, the electric currents and fields generated by a thunderstorm or an electrified cloud in regional scale by DC conditions are studied as part of investigating of the global atmospheric electrical circuit. We established that the upward currents from a cloud to the ionosphere depend particularly on the gm latitude. At equatorial gm latitudes a large east-west component of these currents is formed above 75 km, as opposed to high-middle latitudes where the currents flow in a vertical tube. The related electric fields are able to cause electron heating in the lower ionosphere by nighttime conditions above their source. This electric heating causes a decrease of the conductivity in the lower ionosphere up to several times. This is the effect by quiet conditions, when lightning discharges are missing. During and shortly after a +CG lightning discharge the electric fields in the lower ionosphere generated increase by 10^3 and more times and are able to cause a dielectric breakdown. These regional electric fields have a horizontal extent of 60-150 km in the lower ionosphere. Another localization where electric fields are generated after a lightning discharge is the magnetically conjugate region, in the lower ionosphere and mesosphere. However, these fields are much smaller than those at the same altitudes above the lightning discharge: from ~30% at 100 km to ~ 0.003% at 60 km.

A CG lightning discharge causes a transient modification of the ionospheric potential globally. Typically, it is an increase of few hundredths of percent by a cloud-ground lightning discharge.

References:

1. H a r r i s o n, R. G., The global atmospheric electric circuit and climate, GEOP220, 2004.

- 2. R y c r o f t, M. J., A. O d z i m e k, N. A. A r n o l d, M. F u l l e k r u g, A. K u l a k, T. N e u b e r t, New model simulations of the global atmospheric electric circuit driven by thunderstorms and electrical shower clouds. The roles of lightning and sprites, J. Atmos. Solar-Terr. Phys., 69, 2007, 2485-2509.
- 3. W i I I i a m s, E. R. The global electrical circuit: A review, Atmospheric Research, 91 (2009), 140-152.
- 4. T i n s I e y, B. A., L. Z h o u, Initial results of the global circuit model with variable stratospheric and tropospheric aerosols, J. Geophys. Res., 111, D16205, 2006.
- 5. F u I I e k r u g, M., 2004. The contribution of intense lightning discharges to the global atmospheric electrical circuit during April1998. J. Atmos. Sol.-Terr. Phys. 66, 1115-1119.
- 6. T o n e v, P. T., P. I. Y. V e I i n o v, Electric atmosphere-ionosphere vertical coupling above thunderstorms of different intensity, J. Atmos. Solar-Terr. Phys., 69, 2007, 2510-2522.
- 7. T o n e v, P.T., P.I.Y. V e I i n o v, Modelling the effect of solar and geomagnetic activity on the electric currents in the global atmospheric electrical circuit, Report II04-0333 on IAGA, August 2009, Sopron, Hungary.
- 8. T o n e v, P.T., P.I.Y. V e I i n o v, Model study of electric fields in ionosphere and strato/mesosphere generated by thunderstorms in magnetically conjugate region, Report on 38-th COSPAR, 18-25 July 2010, Bremen, Germany
- 9. T o n ev, P., P.I.Y. V e l i n o v. Variations of quasi-electrostatic fields and ionosphere potential above lightning discharge at equatorial latitudes. Adv. Space Res., 2005, 35, 1461-1466.
- 10. V e I i n o v, P. I. Y., P. T. T o n e v, Elecrtic currents from thunderstorms to the ionosphere during a solar cycle: Quasi-static modeling of the coupling mechanism, Adv. Space Res, 42, 2008, 1569-1575.
- 11. W o r m e I I, T.W., 1953. Atmospheric electricity: Some recent trends and problems. Quart. J. Roy. Met. Soc. 79, 474-489.

Sixth Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, SAFETY 2-4 November 2010, Sofia, Bulgaria

АВАНГАРДНО ОТКРИТИЕ – КОСМИЧЕСКА СВОБОДНА ЕНЕРГИЯ НА НИКОЛА ТЕСЛА И НОВА КОСМИЧНА НАУЧНА СТРАТЕГИЯ & ТЕХНОЛОГИИ

Здравко Андонов

Институт за космически и слънчево-земни изследвания – Българска академия на науките e-mails: ; zda @abv.bg, zda1952 @bas.bg; zda.cosmos @gmail.com

Ключови думи: Авангадно откритие; 6D Космическа Свободна Енергия – 6D КСЕ на Никола Тесла; Космически Енергиен Потенциал; Риманов Потенциал на ЕМВ, Светлина & Термодинамика; Космическа Научна 6D Стратегия – Принципно Ново 6D Пространство-Време и 6D трансференция на Е-М вълни.

Абстракт: Генерално резюме: Това R&D представяне включва иновативни научни хипотези, даказателства и парадигми относно "Авангардно откритие: - 6D Космическа Свободна Енергия (КСЕ) на Никола Тесла и Нова 6D Космична Научна Стратегия & Технологии"... Генералната идея за Откритието на 6D КСЕ е резултат от: 1. Скандалното цензуриране на фундаменталния научен труд, депозиран в Гьотинген на 10 фев. 1858 г. от Бернхард Риман (17.IX.1826 – 20.VII.1866) относно "Риманова Системно Интегрираща Теория РСИТ-RSIT на Е-М вълни, Светлината и Термодинамиката" – Фундаментално достижение в Света на Науката – абсолютно по-добър път за R&D на КСЕ след "Електродинамиката на К. Ф. Гаус (30.IV.1777 – 23.II.1855), Нойман и Херц" – и специално - RSIT - преди Джеймс Клерк Максуел (13. VI. 1831 – 05. XI. 1879) да създаде теория на Е-М вълни и уравнения (1865), аксимален потенциал" (Харковски у-т - 1886); **3.** КСЕ-експерименти на Никола Тесла (мултидисциплинарен гений - 10.VII.1856 – 7.I.1943) – извън уравненията на Максуел (Лъчиста (Радиантна) енергия на Тесла: – 21.III. 1901 – Апаратура за ползване на лъчиста енергия – Патент №685,957 – 512; 21.III.1901 – Метод за ползване на лъчиста енергия – Патент №685,958 - 517); 4. Космическа времева жироскопична енергия на Н. А. Козирев (2.IX.1908–27.II.1983); Огледала на Козирев и Е-М "Нулеви зони"; 5. Е-М Потенциал на М. С. Жданов; 6. Т. Ц. Трифонов – Открития на ТТТ-Ефекти от 1980г. – позитивно доказателство за принципно нов Закон за Е-М вълни и Светлината!... Заключенията и стратегическите препоръки за КСЕ са достижения на проекта "МУЛТИКОСМОС" (Космически стратегически идеи за решаване на интердисциплинарни проблеми и устойчиво развитие на Земята & Космоса, Космическите науки & Изследвания)..." - http://multi-cosmos.com/.

Иновативна мотивация и цел: Генералнната иновативна мотивация е научната констатация, че Светът на Науката няма реално разбиране на пълния потенциал и пълната поляризация на Е-М вълни и Светлината!... След Сър Уилям Роуън Хамилтън (4.VIII.1805 – 2.IX.1865) цялата Световна Наука върви по неправилен път върху неправилна интерпретация на авангардните идеи и парадигми на Хамилтън. Всички следващи фундаментални открития, парадигми и теории са развивани, използвайки екстремален научен шанс или/и некоректно тълкуване идеите и парадигмите на Хамилтън: Откритието на Е-М индукция от Фарадей; Максуел-Фарадей системата от уравнения; СТО на Айнщайн; Дуалистичната теория вълна-частица на Луи де Бройл, базирана на трудовете на Айнщайн и Макс Планк, 11D Квантовата Космология на С. Хокинг, и т.н. Основната цел е строго теоретично и практическо доказателство на принципно ново анвангардно откритие – 6D трансферентна КСЕ!...

Авангардна научна методология: Иновативни авангардни научни хипотези относно Риманова системна интеграция на Е-М динамика, Светлина,Гравитация и Термодинамика; Мултидименсионална природа на Времето, включваща скаларен и векторен потенциал (градиентен (дивергентен) и ротационен п-л) на Е-М вълни, Светлината и т.н. Обобщени иновативни авангардни научни хипотези за 6D вълнови уравнения на Е-М вълни и светлинни вълни, използвайки 6D развитие на вълнови и холографски парадигми на Луи де Бройл, Дейвид Бом (Де Бройл-Бом Теория) и т.н.

Иновативни резултати: 1. Авангардно откритие на 6D КСЕ и развитие на парадигми на Н. Тесла. **2.** Авангардна принципно нова стратегия за Космическите Науки & Технологии върху КСЕ, РСИТ и др.

Пролог: IN MEMORIAM - Това R&D е посветено на 60-годишнината на Дтн (DSc) Любомир Димитров Стоянов (07.IX.1950 – 03.VIII.2010) – Един от Световните Научни Лидери по "Инверсни Геодезични Проблеми & Потенциални Теории" – 1-ви Член-Автор на Проектите "АНТИМУС" (Аномалии в космологични, глобални и биологични времена и мултитемпорални опасности за устойчиво развитие на Земята и Живота във Вселената) и "МУЛТИКОСМОС" (Космически стратегически идеи за решаване на интердисциплинарни проблеми и устойчиво развитие на Земята & Космоса, Космическите науки & Изследвания)...

Авторът – Автор & Мениджър на проектите: ANTIMUS & MULTICOSMOS – 02.XI.2010, ИКСИ-БАН

ADVANCED DISCOVERY – COSMIC FREE ENERGY OF NIKOLA TESLA AND NEW SPACE SCIENCE STRATEGY & TECHNOLOGIES

Zdravko Andonov

Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mails: ; zda@abv.bg, zda1952@bas.bg; zda.cosmos@gmail.com

Keywords: Advanced Discovery; Cosmic Free Energy CFE; Cosmic Energy Potential; Hamilton'&Rieman' Potential of EMW, Light & Termodynamics; Nikola Tesla's 6D CFE; 6D Space Sciences Strategy – Principal New 6D S-T, 6D Transference of E-M Waves.

Abstract: General Resume: This R&D representation includes innovative scientific hypotheses, proofs and paradigms about "Advanced Discovery - 6D Cosmic Free Energy of Nikola Tesla and New 6D Space Sciences Strategy & Technologies". The General Idea for the Discovery of 6D CFE is secret know-how result from: 1. Scandal censorship on the fundamental scientific work (Göttingen – Februar 10, 1858) of Bernhard Riemann (September 17, 1826–July 20, 1866)) about "Riemann System Intergation Theory (RSIT) of E-M Waves, Light, Gravitation and Termodynamics" - Fundamental Achievement of World Science - absolutely better way for R&D of CFE after "The Electrodynamics of C. F. Gauss (30 April 1777 – 23 February 1855), Neumann and Hertz" – but especially – RSIT- before J. C. Maxwell ((13 June 1831 – 5 November 1879)) Theory of E-M Waves (TEMW) and Equations (1865), including only Rotational Potential; 2. Aleksandr M. Lyapunov (June 6, 1857 -November 3, 1918) R&D on "Body with Maximum Potential" (Kharkiv U-ty - 1886); 3. CFE Experiments of Nikola Tesla's (10 July 1856 – 7 January 1943 - multi-disciplinary genios) - without using of Maxwel Equations (Tesla's Radiant Energy - Mar. 21, 1901 - Apparatus for the Utilization of Radiant Energy – Pat. No. #685,957 – 512; Mar. 21, 1901 - Method of Utilizing Radiant Energy – Pat. No. #685,958 - 517); 4. Cosmic Time Zhiroskopes Energy of N. A. Kozyrev's (September 2, 1908–February 27, 1983) experiments; Kozyrev's Mirrors and Electromagnetic "Null Zones"; 5. Michael S. Zhdanov's E-M Potential R&D; 6. Trifon Tsanov Trifonov's – Discoveries of "TTT-Efects" since 1980 as a proof positive of Brain New Laws as "Transference of EMW and Light"!... Conslusions & Strategy Recommendations for CFE and for advanced future S&T Startegy are represented as achievements of brain new Project "Multicosmos": - "Cosmic Strategical Ideas for Decision of Interdisciplinary Problems and Sustainable Development of Earth & Cosmos, Space Sciences & Research" - http://multi-cosmos.com/.

Innovative Motivation and Purpose: General innovative motivation is scientific conclusion that World Science has not real understanding of E-M Waves and Light Full Potential and their Full Polarization!... After Sir William Rowan Hamilton (4 August 1805 – 2 September 1865), the wholel World Science has gone the wrong way on the wrong interpretation of Hamilton's advanced ideas and paradigms... All subsequent fundamental discoveries, paradigms & theories are developed using extremely scientific chance outside of Hamilton's ideas & paradigms: The Faraday's Discovery of E-M Induction; The Maxwell - Faraday System Equations; The Einstein's Special Theory of Relativity; Louis de Broglie's Wave - Particle Duality Theory of Matter based on the work of Albert Einstein & Max Planck on light; S. Hawking' 11D Quantum Cosmoslogy Theory; Etc. The general Purpose is strong theoretical and practical proof of brain new Advanced Discovery – 6D Transferent CFE!... Advanced Scientific Methodology: Innovative Advanced Scietific Hypoteses about Hamilton' & Riemann'

Advanced Scientific Methodology: Innovative Advanced Scietific Hypoteses about Hamilton' & Riemann' System Integration & Potentials of E-M Dynamics, Light, Gravitation and Thermodynamics; Multi-Dimensional Nature of Time, including Hamilton (Time Potential) & Continiuum Potential of E-M Waves and Light, Etc.... Generalized Innovative Advanced Scientific Hypoteses about Alternative of 6D Waves Equations of E-M Waves and Light's Waves, using 6D Development of Waved and Holografic Paradigms of Louis de Broglie, David Bohm (De Broglie–Bohm Theory), etc.

Innovative Result: Advanced Discovery of Cosmic Free Energy & 6D R&D of Nikola Tesla's Paradigms; Advansed Brain New Space Sciences Strategy & Technologies on the CFE, Riemannian SIT, etc.

Prologue:IN MEMORIAM - This R&D is dedicated to the 60-Year anniversary of **DSc** Lyubomir Dimitrov Stoyanov (Sep. 07, 1950 – Aug. 03, 2010) – One of World Scientific Leaders of Inverse Geodetic Problems & Potential Theory; 1-st Member&Author of Project "ANTIMUS" (Anomalies in Cosmological, Global and Biological Times and Multitemporal Dangers for Suitable Development of the Earth and the Life in Universe.) and 1-st Member&Author of Project "MULTICOSMOS" (Cosmic Strategical Ideas for Decision of Interdisciplinary Problems and Sustainable Development of Earth & Cosmos Space Sciences & Research)...

The Author – Projects ANTIMUS & MULTICOSMOS Author & Manager –Nov. 02, 2010, SSTRI – BAS

Въведение към авангардното откритие и състояние на проблема

Прогресиращият световен интерес към личността, идеите, откритията, изобретенията и неимоверният брой действащи патенти [27,31,37,40] закономерно поставят на най-висок пиедестал, с принос към Човечеството, Геният Никола Тесла. Съдейки по резултатите от множество съдебни процеси в САЩ, всички в полза на Тесла [9,10,27,31,37,40], крайно време е

в енциклопедиите, учебниците и монографиите, недвусмислено да бъдат дадени категорични доказателства за неговите авторски откривателски приоритети, даващи на Земната Цивилизация съвременните електросистеми с променлив ток, радиото и системите за радиокомуникация и радиолокация, телевизията, лазерният лъч, електромобилът, летящите чинии и какви ли не още иновации (над 700 документирани), свързани с незнаен брой засекретени патенти [9,10,27,37,40] под и над егидата на FBI, NSA, DHS, USIA, NASA и т.н. В последно време свръхинтерес предизвикват идеите и енигмите за действителни патенти и разработки по т.н. "Свободна Космическа Енергия" (или още "Енергия на Етера" (Eternal Energy), "Енергия на Вакуума" (Vacuum Energy), Енергия на Нулевата Точка (Zero Point Energy); "Енергия на Нулевата Зона" (Null Zone Energy) и др. За да избегнем хаоса от понятия, използвам терминологията 6D КСЕ, а самата КСЕ каузално свързвам с обединителното поле Gesamtfeld (The Unified Field of all Fields), постулирано от Айнщайн [22], свързано с целия пространствено-времеви континиум (S-T Continuum), включващ цялата "Холографска Вселена" [1-50]...Твърденията, че след Тесла не се е раждал Човек, разбиращ природата на електричеството в неговите космически измерения, не са далеч от истината [27,31,37,40]... От гледна точка на съвременната квантова психология и NLP на личността, едно божествено явление, онази котка от детството на Тесла, която малкият Никола гали, и между нея и пръстите му прескачат електрически искри ("роднини (дечица) на мълниите"), остава «вечният творчески двигател» на Тесла [37], заедно с «Фауст» на Гьоте!... С това само вметвам да не се абсолютизира «енергията на вакуума» като самоцел и квинтесенция в творчеството на Тесла и в тълкуването на КСЕ, защото мълниите са една парадигма на «студения термоядрен синтез». за която и най-големите корифеи в Науката не са се срамували да признаят, че Природата и Вселената непрекъснато се шегуват с институционалната Наука [5,15,22,30,40,43,50]... Самият Тесла е Световен образец № 1 на Човекът – Институция... Човекът - Покорител на мълниите [9,10,31,37,40] - факт станал перманентен коронен номер на Тесла, будещ възхищение, стигащо до екстаз; но и страх, стигащ до ужас!... Казвам всичко това не от какъвто и да било емоционален сантимент, а единствено от принципите на здравия разум, за да бъде максимално точно дешифриран антропогенезиса на творчеството на Тесла, което да даде мегатренда и мегаградиента в еволюцията на откритията и стратегията на Гения Тесла. Точно КСЕ би предпазила самовлюбената Световна Институционална Наука [1-50] от т.н. "Генерални Системни Фатални Грешки"... А тях ги има [6,8,19,31,32,40,49] и в ЦЕРН, и в ОИЯИ, и в стратегическите и космическите програми на Великите сили, вкл. САЩ и СССР... От гледна точка на 6D КСЕ е ясно защо големият адронен колайдер в ЦЕРН (LHC) вероятно ще бъде последен от тоя тип [19] – Защото липсва пълният енергиен S-T потенциал на Сътворението!...

Мечтата на Никола Тесла [31] е да започне глобално разпространение на електричеството посредством «етера» - сила, генерирана с помощта на неизчерпаеми природни космически източници [1-50]. Тази сила ще бъде консумирана от милионите получатели според нуждите, пренасяна до всеки от тях чрез *резонантна тръба, обхващаща планетата*. Подобна енергия ще се предава *не чрез "напречно Е-М лъчение",* както обикновено съвременните Е-М теории твърдят, а чрез *надлъжни вълни*. Тесла провежда множество експерименти, които доказват, че подобен начин на разпространение е напълно възможен. Известно е, успява да запали електрически крушки на огромни разстояния. Обира овации, дори в Кеймбридж в присъствието на лорд Релей и цялата лаборатория «Кавендиш». Открива нов начин на трансфериране на Е-М енергия в природна среда, защитен с не по-малко от 5 патента [27,37]... Изследвайки Тесла, установих, че той изпреварва теоретиците, владеейки ХП (Хилберт-Преобразувание) в честотната област с произволни 6D трансферентни [1-5] АФЧМ (Амплитудни, Фазови, Честотни Модулации) от първите до последните му опити с Е-М вълни [37,40]. Обаче същността на 6-мерната трансферентна КСЕ остава скрита в ХХ век...

Иновативна критика, анализ, модели и парадигми на авангардното откритие

Д. К. Максуел, дал първия вариант на уравненията [39] в съвременната теория на електромагнетизма, определено вярва в етера. В 9-то издание на "Енциклопедия Британика" от 1875 г., Максуел пише [31]: "Единственият етер, който оцеля, е този, измислен от Хюйгенс за обяснение разпространението на светлината. Доказателствата за съществуването на искрящия етер се явяват допълнителна характеристика на светлината, а освен него са открити и други лъчения. А характеристиките на тази среда, както се заключава от феномена на светлината, се оказват точно онези, необходими за обяснението на явлението електромагнетизъм"... Какви са тези «други лъчения»?! - Това е целият спектър на Е-М вълни, представени на Фиг. 1. В случая с КСЕ е важно да отбележим стремежът на Тесла да осигури на Света свободен достъп на КСЕ, която е с неизчерпаеми резерви. Посочвам само 5 (от общо над 700-те патента на Тесла), свързани с безжичното (чрез природна среда) предаване на енергия и Е-М вълни, както следва: 1. June 24, 1899 Apparatus for Utilizing Effects Transmitted from a Distance to a Receiving Device Through Natural Media - #685,955 – 331; 2. June 24, 1899 Method of Intensifying and Utilizing Effects Transmitted Through Natural Media - #685,953 – 338; 3. Aug. 1, 1899 Method of Utilizing Effects Transmitted Through Natural Media - #685,954 – 344; 4. Aug. 1, 1899 Apparatus for Utilizing Effects Transmitted Through Natural Media - #685,956 – 353; 5. May 16, 1900 Art of Transmitting Electrical Energy Through the Natural Mediums - #787,412–361.



Фиг. 1. Принципна схема за разпределението на Е-М спектър по типове Е-М вълни: Радиовълни (вкл. FM / TV, Radar), на Големият Взрив - 150 GHz и Квазарите – 300GHz; Инфрачервена радиация; Визуалиризаща Светлина; Ултравиолетова радиация, Ренгенови лъчи; Гама лъчи - Космически лъчи...

Fig. 1. Principle chart of E-M spectrum with E-M waves' clusters: Radiowaves (incl. FM/TV, Radar), Big Bang - 150 GHz & Quasars – 300GHz; IR Radiation, Visible Light, UV Radiation, X-rays; Gama - Space Rays...

Вместо обаче най-свободния начин за тренсфериране на енергия – мечтата на Тесла за акумулиране и трансфериране на КСЕ, енергийните магнати в САЩ и в Европа налагат найнесвободния начин за пренос на ел. енергия - този при двете смъртоносни за човека честоти от 50 Hz и 60 Hz... Така се гарантира почти 100 % монопол на енергията от енергийните магнати. Естествено – това просто обяснение или липсва в учебниците и в монографиите по проблема, или се тълкува превратно...

През XXI в. Официалната Наука тотално отхвърля «етера». Той не е тема за сериозни дискусии. Но «Призракът на «етера» продължава да броди из определени кръгове на всички области на Науката» [27,33,39]. Перманентно на съвременната Наука й предстои да довършва недовършената си работа, да прави нови изследвания, каквато е и дефинитивната същност на понятието "Research". Един изход е обединителното поле на физичните полета Gesamtfeld [1-8,11-14,28,29,34,46-50] като компенсаторна алтернатива на етера... Какво е смятал Тесла за «етера» - Gesamtfeld? И в тази връзка - какво е мислел за "електричеството"?... Лишено ли е от здрав разум твърдението, че след Тесла [37] в Света няма нито един Учен, който да разбира природата и същността на "Електричеството"... През XIX в. етерът е неразривно свързан с понятието "електричество" и приписваните му характеристики на среда - проводник на светлината и на други Е-М вълни. Идеята за "частици електричество - електрони" — все още не е на мода. Тогава електричеството се възприема като неуловима "етерна" течност. В една лекция пред Американския институт по електроинженерство през май 1891 г. в Ню Йорк. Тесла изрича [31]: "От всички форми на необозримата и вездесъща енергия на природата, които са в непрекъсната промяна и движение, така, както душата вдъхва живот на неживата вселена, електричеството и магнетизмът вероятно са най-удивителните... Знаем, че електричеството действа като неразбираема течност; че в природата от него би трябвало да съществува постоянно количество; че то не може да бъде нито създадено, нито унищожено... И че електричеството и феноменът на етера са идентични." [31]...

Тесла подчертава [31], че този етер се движи във всички посоки и е динамичен. Според него използването на етера би могло да се превърне в спасение за човечеството - "Със силата, извлечена от него, с всяка форма на енергия, придобита без усилие от неизчерпаеми складове, човечеството ще тръгне напред с гигантски крачки". И накрая добавя: "Въпрос на време е хората да прикачат машините си към самото колело на природата." Постепенно става демоде да се говори за етера, независимо от какъв вид е — статичен или динамичен. Настъплението на Теорията на относителността на Алберт Айнщайн през 20-те и 30-те години на ХХ в. постепенно прогонва етера от езика на физиката. При все това, в чест на 75-ия рожден ден на Никола Тесла (10 юли 1931 г.), списание "Таим" помества лика му на корицата си и разказва за работата на изобретателя по овладяването на "напълно нов и неочакван енергиен източник". Енигмата КСЕ над век след екперимента в Колорадо спрингс от 1899 г. продължава и днес! Феноменалните индуктивни намотки на Тесла, гарантират 6D-E-M трансференции... На пръв поглед единственото, което циркулира из тези намотки или извън тях, е само онова, което модерната физика знае или очаква да има там - електрони за "електричеството", което може би се намира в жиците на намотките, и "електромагнитно лъчение", което извира от тях. Нека да поставим категорично за първи път тук и сега въпросът: - Възможно ли е да има паралелно генерирани с напречните вълни и "надлъжни вълни"?!... И как да овладеем тяхната енергия, която тотално надминава енергията от напречните вълни?!... Възприето е, че Е-М лъчение е напречна вълна (перпендикулярна на посоката на разпространение), електрично и магнитно явление в нищото на S-T [17,22].

Десетилетия наред учените са озадачени от принципите, по които работят намотките на Тесла. Подчертавам: – Намотките на Тесла изобилстват от насоки относно структурата на «динамичния етер» и изобщо 6D S-T континиума. Експериментите му отново ни връщат към двете форми на електричеството — общоприетата форма (обвързана с масата, с потока на електроните) и отхвърлената от конвенционалната наука — електричество без масивен носител, способно да тече през газова среда и вакуум. Тази свободна форма на електричество е т.н. "студено електричество". Обаче и "електричеството без проводников носител" има обяснение в цензурираното или в малко известното творчество на Риман [33,44,45,50]: - Риман си мисли пространството запълнено с непрекъсната материя, изпитваща действието на гравитацията, на светлината и на електричеството. Той навсякъде внася представата за разпространяване на процесите в течение на времето. Факт, открит в лично писмо на Гаус до Вебер [33] — с изричната молба за пълна тайна. При това Риман изпреварва и творчески Максуел [39,44]. При Риман имаме вариационния проблем на оптиката на Мъкълъф (Werke, S. 538, d.) в обединителен вид на физичните полета [33]... Съвсем невероятно е Риман да е познавал оригиналните работи на Мъкълъф [33]. Действието на тежестта Риман си представя така: веществото, изпълващо навсякъде пространството, прониква със скоростен потенциал в създаващите тежестта масови точки и там се превръща в "духовна маса" едно съвсем

предизвикателно схващане. Но ако опорните масови точки са подобни на тези на свръхконцентрираната маса на черните дупки и квазарите, нещата могат да придобият и подруг смисъл – за космически кръговрат на маса и енергия, каквото представляват правият и обратният израз на уравнението (1)... Риман <u>пръе</u> (а не Айнщайн) свързва *еравитацията със светлината* [33] !!!, както се вижда от формулата [33] във Werke, S. 538 с. Феликс Клайн признава "*Аз не съм наясно за начина, по който формулата е възникнала, и не мога да кажа какво от нея би се запазило при днес възприетите теории*". Появата на Айнщайн и неговата цялостна "реинтерпретация" на творчеството на Риман, не само и не просто на Римановата геометрия, обяснява почти всичко... Това е и причината за ново пренаписване на "*Историята на съвременната Наука*" [44]... Малко вероятно е Тесла да е познавал Римановата натурфилософия [44]... Но той практикува непрекъснато 6D комплексен анализ и комплексни функции с най-чудновати 6D АФЧМ на КСЕ. И е жив пример на трансферентни експерименти с гравитационни, светлинни и всички Е-М вълни (Фиг.1) върху себе си, подобно на Цьолнер [50] – баща на трансценденталната физика, интерпретиращ "космическите лъчи" на ниво 10²⁶Hz [14].

Иновативна научна методология за авангардното откритие

Иновативната научна методология [1-5] е мотивирана от нуждите за търсене, колектиране и прецизиране на КСЕ и е обоснована от фундаменталното откритие «6D трансференция на Светлината и на Е-М вълни в цялост". Къде е тогава мястото на ТЕМВ на Максуел [22,39] ?!... - Най-голямата възхвала, но и най-голямата критика на ТЕМВ на Максуел, прави самият Айнщайн [22]: «СТО дължи своето възникване на уравненията на Максуел за Е-М поле. Обратно, само Специалната Теория на Относителността дава на уравненията на Максуел удовлетворително формално тълкуване. Уравненията на Максуел са найпростите, инвариантни относно преобразуванията на Лоренц, уравнения на полето, които могат да бъдат написани за антисиметричния тензор, свързан с векторно поле. Всичко това би било добре, ако не знаехме от квантовите явления, че теорията на Максуел не предава енергетичните свойства на лъчението. Специалната теория на относителността, обаче, не дава достатъчни указания за решаване на въпроса как трябва да се видоизмени теорията на Максуел (при това видоизменението да бъде естествено). Тази теория не дава също отговор на въпроса на Мах защо инерчните системи се различават физически от другите отправни системи. Фактът, че специалната теория на относителността е само първа крачка в необходимото развитие, ми стана ясен едва при опита да представя и гравитацията в рамките на тази теория» [22]... Но ако "ТЕМВ на Максуел не предава енергетичните свойства на лъчението» [22], тя по същество е невалидна за енергетичния фундамент на физиката и на практика Максуел се проваля [33] и в първите си теоретични опити да свърже ЕМВ (Фиг. 1) с принципа на Хюйгенс за разпространение на светлинните вълни, така и с обяснението на енергетичния потенциал на Е-М индукция [36]...

Преди Айнщайн, изследване и критичен анализ на Максуел прави Феликс Клайн [33]: -"Максуел си представя процеса електричество с една толкова дълбока реалистичност, че тя днес може само да ни изненадва; а именно той си мисли, че между въртящите се части на средата са поместени малки фрикционни ролки за премахване или намаляване на триенето. Тези телца, които приличат на топчетата на един сачмен лагер, той разглежда като собствено местоположение на електричеството. Въпреки големите му усилия Максуел не успява да се придвижи напред с тези конкретни представи. Ето защо той ги изоставя изобщо и се обръща към чисто феноменологичния начин на представяне, в който днес се възпитава всеки студент. Съгласно този начин, <u>напълващата пространството</u> среда е носител; от една страна - на електрични, а от друга - на магнитни вектори, чието <u>действие и формална взаимна зависимост са известни, но за по-дълбокия смисъл, въобще не се поставя въпрос</u>"...

Рекапитулирам думите на Ф. Клайн: – "Въпреки големите му усилия Максуел не успява да се придвижи напред с тези конкретни представи". Първоначалните представи на Максуел [39] кореспондират с "Принципа на Хюйгенс" за разпространение на светлинните вълни, който пък принцип кореспондира с "Телата с максимален енергетичен потенциал" – т.е. с един малко известен "Принцип на Ляпунов за тяло с максимален потенциал! [36]...

Хокинг [23-24], пишещ и бестселера за Космоса ("Кратка История на Времето") с една единствена формула

(1)

$$E = mc^2$$

гарантира приза "Шампион на Шампионите" в "Космическата формула 1" единствено за Айнщайн! Но Формулата има дълга и славна история, в която най-заслужилите – У. Р.

Хамилтън (ф-ла на 6D характеристичната ф-я), В. Вебер, Б. Риман, А. Поанкаре, Н. Тесла и др., незаслужено се игнорират [1-5,33] !!!... Тази Формула поставя началото и на ядрената, и на космическата ера... Как обаче реално да свържем ядрената и космическата ера с търсенето и управлението на 6D КСЕ на Тесла [9,10,16,25,30,31,37,40], развивайки 1-та обединителна теория на Риман [44] с мегатренда и мегаградиента на Тесла [37]... Да, има една група Учени – да ги наречем «Шампиони на Космическия Фантом 1»... Те са Шампиони на «Подсъзнанието», което естествено дори на формално ниво е неправилно формулирано, както и всичко във «Формалната Наука» на Нобелистите и на "възможните неща" [1-50]... Тесла работи по формулите на "Физика на Невъзможното" [27]... Такива са и откривателите на космическо фоново лъчение CBR [5] - Пензиас и Уилсън... Но нужда от 6D теория има и днес!... 6D-Турбуленцията на Колмогоров е също една 6D Трансференция [1-5] от 6D Света на Поанкаре...

Развитието на свободния 6D ейконал с "3D-Componentum Momentum" (парадигмата на Дирак [20]) за КСЕ е направено в [1-5]. Свободния 6D ейконал тук е представен като иновативно свободно диференциално уравнение на "Времевите Вълни" в общия случай на 6D нестационарни и анизотропни функционали на Времето, Пространството и Скоростта (Time, Space & Velocity), където навсякъде точките са физически, а не математически:

(2)
$$T(S,W) = T(x,y,z,t_x,t_y,t_z);$$
 $S(T,V) = S(x,y,z,t_x,t_y,t_z);$ $V(S,T) = V(x,y,z,t_x,t_y,t_z);$

(3)
$$(\partial T/\partial x)^{**2} + (\partial T/\partial y)^{**2} + (\partial T/\partial z)^{**2} + (\partial T/\partial x)^{**2} + (\partial T/\partial y)^{**2} + (\partial T/\partial z)^{**2} = 1/V(x, y, z, t_x, t_y, t_z)^{**2}$$

Иновационната 6D-парадигма [1-5] за новата 6D CGT (Cosmological General Theory) върху 6D разширенията на теориите и моделите от Da Vinci и Kepler до Hamilton, Poincare, Einstein, Hawking има следното иновационно универсално 6D разпределение за 6D S-T Света с 6D обратни FT (Inverse Fourier Transforms) [2-3]:

(4)
$$s(x,y,z,t_x,t_y,t_z) = \frac{1}{(2\pi)^6} \iiint S(k_x,k_y,k_z,\omega t_x,\omega t_y,\omega t_z). \{exp[i(\sum \omega t - \sum kt)]\} . dk_x dk_y dk_z d\omega t_x d\omega t_y d\omega t_z.$$

Тук: k_x , k_y , k_z , ωt_x , ωt_y , ωt_z – трансцендентни честотно вълнови S-T параметри (наречени на Leonardo da Vinci – разбиращ Света на Космоса "in un modesimo tempo"). Този 6D S-T Свят е представен релативистично и квантово – обединяващ микро-космоса, космоса и макро-космоса. За целта въвеждаме следната система от дистанции и качествени "Q" норми, валидни в локален, глобален и космологичен план за съответните 4D-6D парадигми [3]:

(5)
$$d = sqrt \{x^2 + y^2 + z^2 + k(t_x^2 \cdot v_x^2 + t_y^2 \cdot v_y^2 + t_z^2 \cdot v_z^2)\}, k = + -1;$$

(6)
$$Q_{ktxyzvd} = sqrt \{k(t_x^2 \cdot v_x^2 + t_y^2 \cdot v_y^2 + t_z^2 \cdot v_z^2)\} // d.$$

При новия Q-модел на Тесла-Айнщайн-Минковски [3] векторът на скоростта на Поанкаре [41] е опростен и дистанцията на Айнщайн-Минковски, валидна за Макро-Космоса е с комплексни компоненти [3] при въведени операции конволюция & деконволюция (* & **//**):

(7)
$$d = sqrt \{x^2 + y^2 + z^2 + k(t^2 \cdot c^2)\}$$
, а качествената норма е

(8)
$$Q_{ktcd} = \operatorname{sqrt} \{k(t^2 \cdot c^2)\} / d$$
, където $c = Q_{ktcd} \cdot d // \operatorname{sqrt} \{k(t^2)\}$.

Генералната космологична *S-T-M-Q-E* парадигма, алтернативна на Айнщайн-закона е комплексната 6D КСЕ [3]

(9)
$$E = sqrt \{k\} Q^2_{tkcd} * \{m\} * \{d // t\}^2 - \{... = ...\} \iff E = mc^2$$

В този случай {S-T-M-Q-E} е комплексно Q-многообразие [3,19,35,44,45] и сме елиминирали "скоростния фантом на Нютон", за да удовлетворим основната парадигма на Хокинг и на квантовата физика []23,24,34] за минимално време и максимална скорост в определено пространствено разпределение на частиците[1-7,13,42]... Всъщност самата постановка на основният проблем на физиката за невъзможността на едновременното определяне на местоположенията на частици и техните скорости, свързан с "Принципа на неопределеността на Хайзенберг" е по презумпция дефиниран като нерешим проблем, тъй като е игнорирана първичната същност на времето преди получаването на каквито и да е релативни и квантови скорости!... Правилното дефиниране на "Основният Проблем на Физиката" е "Проблемът за едновременното определяне на местоположения на частици в многомерна координатна система S-T и техните времена". – Принципно различен проблем, започващ с правилното дефиниране на многомерна координатна система S-T (Пространство-Време), каквато в никакъв случай не е нито 4D координатната система на Минковски в TO, нито 11D координатната система на квантовата космология [22-24]!... Там просто или липсва времева координатна ос, или обратните многомерни времеви задачи са нееднозначни, неразрешими или абсурдно сингулярни, което ги определя като катастрофични системи по дефиниция [7-32]...

Главните научни парадигми в Световната Наука [1-50] са неизбежно свързани с теориите и практиките за многомерното Пространство-Време (Space-Time (S-T)) [1-7,28,29,33,50] и със Светлината, влязла в космическо единство с Е-М вълни [1-7,11-14,32,34,46] и основния закон за енергията, масата и скоростта на светлината [1-5,17,23,24,33,35,44]. И все пак основните научни дилеми остават нерешени: - Наистина ли живеем в 4-мерния Свят на Минковски, както твърди Айнщайн [22] или живеем в Свят със 6 (6D S-T) и повече измерения, като например 11D S-T на Стивън Хокинг [1-7,13,21-25]?!... Логичен е и въпроса: - В цялата световна история на науката има ли гениален учен, който категорично да наречем Иноватор-Предвестник на Тесла, разбиращ трансценденталния характер на Света като Риман и експериментатор като Тесла?! Иноватор предвестник на фундаменталното откритие – трансференция на светлината & Е-М вълни и на трансценденталната стратегия - "Космос - Земя - Човек"[1-7,35,37,43,50]?! - Да! - Предвестникът е Учен от класата на Гаус (1777-1855) и тандема Гаус-Вебер (W. Weber, 1804-1891) [33]! Този Учен е Цьолнер (J. C. F. Zöllner - 1834–1882), [5,33,50]... Огромните приноси на Гаус [33] в теорията на потенциала (вкл. електромагнетизма) и на Ляпунов [36] са добре известни... Но не и за тялото с максимален потенциал [36] - за разлика от "Принципът на Ферма за екстремалното време" и "Принципът на Хюйгенс за разпространението на вълните" [2]!... Нещо повече! - Риман е първият Учен, създал Обединителна теория на физичните полета (светлина, Е-М вълни, гравитация, термодинамика) [35,44]! Риман и Цьолнер са първите учени [33,37,50]., осъзнаващи "Холографската Вселена"[5,17,47], RS методологията [1-5,] и имплицитно - холографски свързаните космически полета и Човека, както и интуитивно – връзката на квантовата физика [11,21] и холографските принципи с 6D трансференцията [5] преди Тесла!... А "пионерите на мълниите" са Франклин, Ломоносов и Рихман... Геният на академичните Гении - Анри Поанкаре [41] дефинира безапелационно, че «Нашият Свят е Свят на 6-мерните трансференции... Откъде знам това?! – От опита». Подчертавам – без никакви преки и косвени пояснения от страна на Поанкаре и без никакви научни коментарии до преоткриването на 6D вълновите трансференции [1-5], включително на Светлината и Е-М вълни [5]!... И западните школи [1,8-20,26,31-32,34,38,42-43], вкл. Хокинг, Пенроус, Бери, ; така и източните [21,22,25,33] – вкл. Понтрягин, Боголюбов и т.н., са се разминали с думата «трансференция» и естествено - с целия свят на «6D трансференциите на Поанкаре»... В западната научна литература [6-27,31-50] трансференцията е заглъхнала и като дума, а в източната [14,32] – положението е още по-лошо - заменена е с «преместване» в трудовете [32] на Поанкаре!... Тесла не работи със строго обоснована 6D научна методология. Не е запознат нито с 6D трансферентната постановка за Света на Поанкаре, нито с ХП в честотната област с АФЧМ. Но на дело ги прилага смело и блестящо!... Преди съвременната ера, започнала с Ръдърфорд, Айнщайн, Капица и т.н. [6,30,46]... Шокиращ Света и в космическата ера, преоткриваща трансценденталната многомерна физика на Гаус, Вебер, Риман, Ампер и Цьолнер [50], чиято физическа смърт е предизвестена от 4D-6D трансферентните му експерименти със светлинните и електрическите полета... Трансценденталната 6D феноменология достига кулминация при Тесла и Козирев [31,48] в 6D КСЕ със 6D трансференции- перманентен шок за официалния Свят на Науката!...

Иновативни резултати, изводи и препоръки от авангардното откритие

1. Установено е, че в системите си за трансфер на енергия Тесла е използвал различни 6D АФЧМ, включително интегралното ХП в честотната област – от първата му безколекторна машина за променлив ток до 6D генерирането на мултифункционални 6D трансферентни мълнии и прехода през целия спектър на Е-М вълни в т.ч. - на Големия взрив и на квазарите. Предложено е създаването на 6D трансферентни многофазни системи за променлив ток, 6D трансферентни електродвигатели и 6D E-M системи, техника, технологии и др. с препоръки за 6D-6nD R&D, в т.ч. на 6D транс-суперкомпютри и TV на нива 150GHz – 300GHz – 300TeraHz...

2. Създадена е иновативната научна 6D методология за нуждите на търсене, колектиране, прецизиране и използване на 6D КСЕ, обоснована от фундаменталното откритие "6D трансференция на Светлината и на Е-М вълни в цялост", чиито предвестници са 6D трансферентните групи на Поанкаре и 6D турбулентността на Колмогоров, но самото откритие и формули за 6D Е-М трансференция е иновативно 100% мое авторско право и дело. Приоритетите за откритието на 6D трансференцията на Е-М вълни и светлината са към датата 22.V.2000 на BPU-4 General Conference и са налични в ProQuest® :& CSA Illumina - Cambridge Information Group (www.cambridgeinformationgroup.com). Считаният за безследно изчезнал мой доклад на BPU-4 ("Development of Transcendental Theory of the Theories (TTT) and 6D Time-Space for Cosmos and Planets" - Bulgarian Journal of Physics. Vol. 27, 2000, pp. 46-49.) беше открит случайно 10 години по късно. Независимо от това приемам за съоткривател на 6D-трансференциите на Е-М вълни и светлината Трифон Ц. Трифонов, чийто уникални 6 броя TTT-ефекти [5] от 1980 г. са и катализатор, и ключов фактор за успех и на 6D КСЕ, съгласно "Парадокса на Нилс Бор"...

3. Създаден е теоретичен и методологичен фундамент за развитие на космически хиперенергийни системи и космическа стратегия за развитие на 6D трансферентни КСЕ системи за устойчиво екологично развитие на Света, включително 6D трансферентни енергийни, двигателни, ракетни, TV и др. системи. Категорични са изводите, че идеите, откритията и изобретенията на Тесла са теоретична, техническа и технологична основа за известните стратегически проекти SDI, GVEN, HAARP, PHILADELPHIA, ANEERBE, HAUNEBU...

4. Препоръчва се на всички заинтересовани институции в България, Европа и Света с възможности за стратегическо партньорство да се включат в проекта MULTICOSMOS, да инвестират, да спонсорират, да патентоват и да развиват по проекта MULTICOSMOS открития и патенти [5], катализирани от Тесла за овладяване на 6D КСЕ, 6D квантови суперкомпютри, 6D хипер TV и др., вкл. интегрални схеми и колектори на нива: 150 GHz – 300 GHz – 300 TeraHz...

Литература – References:

- A n d o n o v, Z. D., 2003: The Decision of the World Physical Problem and the Paradigms of Einstein, Heisenberg, Schrodinger, Dirac and Hawking. - Proc. Int. Conf. "100 Years-John Atanasov"–Shumen, p. 35-42.
- 2. A n d o n o v, Z. D., 2005: Multidimentional Time The Problem of Problems in the Sciences for the Earth, Cosmos and Civilizations. – "SES'2005", Session I: - Space Physics & Astronomy, 2005, p. 97-102.
- A n d o n o v, Z. D., 2005: Multidimensional 4D–6D Paradigms in Cosmos Synergetics, Earth Observation Control Systems and Space Education. – Scientific Conference SES 2005, 10-13 June 2005, Varna, Session VIII, ISBN 954-438-484-7, 2005, pp. 489-494.
- A n d o n o v, Z. D., 2006: Thinking Experiments in Remote Sensing of Earth and Cosmos. Proceedings SENS - Varna, BG, http://www.space.bas.bg/astro/ sens2006/Cd/ R6.pdf, Session 3, Paper No. R6, p. 1-7.
- A n d o n o v, Z. D., 2010: Fundamental Discovery Transference of Light & Electromagnetic Waves and RS Cosmos-Earth-Human Strategy. – Scientific Conference SES 2010 with International Participation, 02-03 Nov. 2010, Sofia, p. xxx-xxx.
- A r o n s o n, S., 2010: The Brookhaven National Laboratory 10-Year Strategic Plan: Photon Sciences; QCD Matter; 21st Century Energy Security; Physics of the Universe - U.S. Department of Energy, Office of Science, http://www.bnl.gov/10yr-plan/.
- 7. A t k i n, R. H., 1979: Time as a pattern on a multi-dimensional structure. GENERAL SYSTEMS, Vol. XXIV, System Scientific Ins., University of Louisville, US, 1979, p. 47-61.
- 8. B e a n, R., 2009: A weak lensing detection of a deviation from General Relativity on cosmic scales. arXiv: 0909.3853, 4 pp. (All 44 Publ. http://www.slac.stanford.edu/spires/find/hep/www?AUTHOR=rachel+bean).
- 9. B e a r d e n, T., B e d i n i J., 2004: Free Energy Generation (Energy from Vacuum), Chenieae Press, 43 color photographs, 193 p.
- 10. B e a r d e n, T., 2001: Earth Change News The Gandor Crash, http://earthchangesmedia.com/ufo/ 0209gandor.htm.
- 11. B o h m, D., 1952-1965: Quantum Theory. Palmer physical laboratory Princeton University Prentice Hall, Inc., New York; RU – Д. Бом, 1965: Квантовая теория, М., "Наука", 728 с.
- 12. B o r n M a x, E m i I W o I f, 1999: Principles of Optics. ISBN 0-521-64222-1, Cambridge U-ty, UK, 985 pp.
- 13. B u r k e, W. L., 1988: Space-Time, Geometry, Cosmology. University of California, Santa Cruz Mill Valley, California, 416 p.
- 14. Capra Fritjof, 1975-2000: The Tao of Physics: An Exploration of the Parallels Between Modern Physics and Eastern Mysticism. 1975 by Shambhala Publications of Berkeley, California; Boston 2000, 367 pp.
- 15. C a s t l e d e n, R., 2008: Discoveries that Changed the World. Omnipress, 477 p.
- 16. C h a n d r a s e k h a r, S., 1950: Radiative Transfer. Oxford; RU C. Чандрасекар, 1953: Перенос лучистой энергии. Изд. "Иностранной Литературы", Москва, 1953, DjVu 2010, 432 с.

- 17. C o I e s, P., 2005: The state of the Universe. NATURE, Vol. 433/Issue No. 7023, p. 248-256.
- C O S P A R, H. C. van de Hulst (President), 1960: SPACE RESEARCH I Proceedings of The First Int. Space Science Symposium - NICE, 11-16 I 1960, North-Holland Publishing Company - Amsterdam, 1195 p.
- 19. D i n e v, D., 2006: Particle Acceleratiors. Academic Publishing House "M. Drinov" Sofia, 255 p.
- 20. D i r a c, P. A. M., 1958: Generalized Hamiltonian Dynamics. Royal Society, Vol. 246, p. 326-332.
- 21. D y s o n, F. J., 1991: Butterflies and Superstrings. World Treasury- N. Y., L. Brown, 1991, p. 128-145.
- 22. E i n s t e i n, A., 1949: Autobiographisches Albert Einstein, Philosopher-Scientist The Library of Living Philosophers, Tudor, Evanston, Ill., 95 pp.
- 23. H a w k i n g, S. W., G. F. R. E I I i s, 1973: The Large Scale Structure of Space-Time. Cambridge U-ty, ISBN 052109906-4, 391 p.
- 24. H a w k i n g, S. W., 1999: Quantum Cosmology, M-theory & the anthropic principle. Cambridge University & All of SH www.damtp.cam.ac.uk/ user/hawking.
- H e c h t, L., 2001: SHOULD THE LAW OF GRAVITY BE REPEALED ? The Suppressed Electrodynamics of Ampère-Gauss-Weber. - http://www.21stcenturysciencetech.com/articles/spring01/Electrodynamics.html, 21st Century science & Technology Magazine.
- 26. H u b e r, M., J. A. B I e e k e r, J. G e i s s, 2002: The Century of Space Science. Publ. Springer; ISBN-10: 0792371968, 1868 p.
- 27. K a k u, M., 2009: Physics of the Impossible. ISBN 9780141030906, London: Penguin. 216 p.
- 28. K a l i t z i n, N. S., 1958: Über eine einheitliche Feldtheorie. WZHUmnR-B., 7 (2), p. 207-215.
- 29. K a I i t z i n, N. S., 1975: Multitemporal theory of relativity. Publishing House Bulgarian Academy of Sciences, 123 pp., & http://www.collections/canada/wbin/resanet/resultsm/Relativity+Physics.
- 30. К е д р о в, Ф. Б., 1982: П. Л. Капица Поредица "Портрети" София, Издателство "Наука и Изкуство", 150 с.
- 31. K e n y o n, J. D., 2008: Forbidden Science: From Ancient Technologies to Free Energy. Inner Traditions Bear & Company, ISBN-13: 9781591430827, ISBN: 1591430828, 336 p.
- К и с л о в, В. В., 1986: Многомерное объединение модели эл. магн. и слабых взаимодействий W-S с гравитацией: Бозонный сектор (6D Г-матриц). – В-к М. у-та, С-я З "Физ. Астр.", 1986, т. 27, №6, с. 29-33.
- 33. K I e i n ,F., 1926 & 1927: Vorlesungen über die Entwicklung der Mathematik im 19. Jahrhundert" (2 Bände), Julius Springer Verlag, Berlin; BG - Развитие на математиката през XIX век. – С. "H & И", 1973, 478 с.
- 34. L a c h i e z e R e y, M, et al., 1999: Theoretical & Observatory Cosmology: Proceedings NATO Science Series–C: Mathematical & Physical Sciences– Vol. 541, Kluwer Acad. Pub., 396 p.
- 35. L a u g w i t z, D., 1999: Bernhard Riemann, 1826-1866: turning points in the conception of mathematics Birkhauser, Boston, 359 p.
- 36. L y a p u n o v, A. M., 1954: The complete works Volume I, Academic Press, Moskow, IAN USSR, 448 p.
- 37. M a r t i n, T. C., 1988: The Inventions, Researches and Writings of Nikola Tesla, Lindsay Publication Inc., 496 p.
- 38. Махин, В. А., В. Ф. Присняков, Н. П. Белик, 1969: Динамика жидкостных ракетных двигателей -М. : Машиностроение, УДК 629.7.036.5.015.3.03, 384 с.
- 39. M a x w e I I, J. C., 1865: A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field. Phil. Trans. R. Soc. Lond., 1865 155, p. 459-512.
- 40. M o r g a n, B., 2010: Scalar Wars The Brave New World of Scalar Electromagnetics (SEM), http://www.prahlad.org/pub/ bearden/scalar_wars.htm.
- 41. P o i n c a r e, H., 1892: Les Methodes Nouvelles de la Mecanique Celeste: Vol. I-III Paris, 1892. Russian: - Изд. "Наука", Москва, 1971, т. I - 771 с.; т. II - 999 с.; т. III - 771 с.
- Попов, К., 1955: Мат. основы теории необр. термодинам. процессов. ЖЭТФизики, АН СССР, М., Т. 28, Вып. 3, с. 257-282.
- 43. P r i g o g i n e l., l. S t e n g e r s, 1986: La Nouvelle Alliance. Metamorphose de la Science. Editions Galimard, 342 p.
- 44. R i e m a n n, B., 1876: Bernhard Riemann's gesainmelte mathematische Werke & Nachlass», Leipzig Teubner; ГИТТЛ, 1948, 543 с.
- 45. R o s e n b e r g, S., 1997: The Laplacian on the Riemannian Manifold ISBN 0521 46300 9, Cambridge U-ty Press, 174 p.
- S h a p i r o, M. M., T. S t a n e v, J. R. W e f e I, 2001: Astrophysical Sources of High Energy Particles and Radiation. - Kluwer Academic Publishers - Dordrecht / Boston / London – NATO Advanced Study Institute, 379 pp.
- 47. T h o m a s, M. E., 1998-2004: Next Generation World's First Entangled Atomic Particle Communication and Holographic Quantum Memory. http://www.colossalstorage.net/colossal.htm.
- 48. T r o f i m o v, A. V., C. H i I t n e r: Kozyrev's Mirrors and Electromagnetic Null Zones MA'AT MAGAZINES, March, 2009, "Reflections of Russian Cosmic Science", http://www.spiritofmaat.com/.
- 49. W a I k e r, T., 2009: The Force is With Us: The Higher Consciousness That Science Refuses, 1st Quest Edition, 222 p.
- 50. Z öllner, Johann Karl Friedrich, 1881: Transcendental Physics. An Account of Experimental Investigations From the Scientific Treatises of Johann Carl Zöllner - Harvard Digit Library, 2011, 486 p.

CHARACTERIZATION OF THE GCR FLUX AND DOSE RATE DURING THE 2001-2010 TIME INTERVAL

Tsvetan Dachev¹, Borislav Tomov¹, Yury Matviichuk¹, Plamen Dimitrov¹ Ondrej Ploc², Santosh Vadawale³, Jitendra Goswami³, Gianni De Angelis⁴

¹Space and Solar-Terrestrial Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences e-mail: tdachev @bas.bg
²Nuclear Physics Institute - Czech Academy of Sciences, Czech Republic e-mail: ploc @ujf.cas.cz
³Physical Research Laboratory, Ahmedabad - 380009, India e-mail: santoshv @prl.res.in, goswami @prl.ernet.in
⁴SERCO S.p.A., Frascati, Rome, I-00044, Italy e-mail: gianni.deangelis @serco.com

Key words: Space radiation, Space weather, Dosimetry, Spectrometry.

Abstract: The fluxes and absorbed dose rates from Galactic Cosmic Rays (GCR) and their secondary were continuously measured in Low Earth Orbit (LEO) and at aircraft altitudes by Liulin type spectrometers between March 2001 and September 2009. This period covers the unique maximum of GCR flux observed in the end of the 23rd solar cycle. The aircraft detector was repeatedly placed in the cabin of Airbus A310-300 for approximately 50 days. 24 runs were performed, with more than 2000 flights and 13500 flight hours on routes over the Atlantic Ocean between Prague and New York and Toronto, and back mainly. Well seen increase of the dose rates from about 1.6 to 2.5 Gy h-1 connected with flux increase from 0.485 to 0.576 cm-2s-1 is found at aircraft altitudes during the declining of the solar cycle. In LEO, during the declining phase of the solar cycle, the dose rates at L>4.5 increase on average from about 6.14 to 12.2 Gy h-1. The flux increases on average from 1.64 to 3.23 cm-2 s-1. The short term (397 days) global average variations of the GCR dose rate on the ISS orbit is analyzed by about 3 million individual 10-second resolution measurements between February 2008 and June 2009. The finding is that for this period the global daily dose rate increases from about 85 to 90 Gy day-1, which is generated by average increase of the global GCR flux rate from 1.02 to 1.04 cm-2 s-1. GCR dose rates at 100 km lunar orbit also increase by the decrease of solar activity.

ХАРАКТЕРИЗИРАНЕ НА ПОТОКА И МОЩНОСТТА НА ДОЗАТА ОТ ГКЛ В ПЕРИОДА 2001-2010 Г.

Цветан Дачев¹, Борислав Томов¹, Юрий Матвийчук¹, Пламен Димитров¹, Ондреж Плоц², Сантош Вадавале³, Житендра Госвами³, Джани Де Анжелис⁴

¹Институт за космически и слънчево-земни изследвания – Българска академия на науките e-mail: btomov@bas.bg
²Институт по ядрена физика - Чешка академия на науките, Чешка република e-mail: ploc@ujf.cas.cz
³Лаборатория за физически изследвания, Ахмадабад - 380009, Индия e-mail: santoshv@prl.res.in, goswami@prl.ernet.in
⁴SERCO S.p.A., Фраскати, Рим, I-00044, Италия e-mail: gianni.deangelis@serco.com

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

Резюме: Потоците и мощностите на абсорбираните дози от галактически космически лъчи (ГКЛ) и техните дъщерни излъчвания са измерени в околоземното пространство и на височината на полетите на граждански самолети между март 2001 и август 2010 г. Този период се характеризира с уникалния максимум на потока на ГКЛ, свързан с минимума в края на 23-тия цикъл на слънчевата активност. Детектор от типа "Люлин" е използван многократно в кабината на самолети Airbus A310-300 в цикли от около 50 дни всеки. 24 цикъла на измервания, които включват повече от 2000 полета с около 13500 летателни часа са изследвани главно по трасета от Прага до Ню Йорк и Торонто и обратно, над Атлантическия океан. Наблюдава се добре изразено увеличение на мощността на дозата от около 1.6 до 2.5 Gy h-1. То е свързано с увеличение на потока от 0.485 до 0.576 cm-2s-1. Нарастването на дозата и потока на височината на полетите на граждански самолети е в резултат от намаляването на слънчевата активност в края на 23-тия и цикъл. В същия период в ниска околоземна орбита мощностите на дозите за L>4.5 нарастват средно от около 6.14 to 12.2 Gy h-1. Потокът нараства средно от 1.64 до 3.23 cm-2 s-1. Краткопериодичната (397 дневна) вариация на глобалната средна мощност на дозата от ГКЛ на Международната космическа станция (МКС) е анализирана с обработката на около 3 милиона отделни 10 секундни измервания между февруари 2008 и юни 2009 г. Намерено е нарастване на глобалната дневна доза от около 85 to 90 Gy day-1, което е генерирано от нарастване на глобалния поток от ГКЛ от 1.02 до 1.04 cm-2 s-1. Мощностите на дозите от ГКЛ в около лунна орбита също се увеличават, когато намалява слънчевата активност.

Introduction

The dominant radiation component in near Earth and Moon space environment are the galactic cosmic rays (GCR) modulated by the solar activity. The GCR are charged particles that originate from sources beyond our solar system. They are thought be accelerated at the highly energetic sources like neutron star, black holes and supernovae within our Galaxy. GCR are the most penetrating of the major types of ionizing radiation. The distribution of GCR is believed to be isotropic throughout 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). HZE particles, especially iron, possess high-LET and are highly penetrating, giving them a large potential for radiobiological damage (Kim et al., 2010). Up to 1 GeV, the flux and spectra of GCR particles are strongly influenced by the solar activity and hence shows modulation which is anti-correlated with solar activity.

Instruments description

The main purpose of Liulin type Deposited Energy Spectrometer (DES) is to measure the spectrum (in 256 channels) of the deposited energy in the silicon detector from primary and secondary particles at the aircraft altitudes, at Low Earth Orbits (LEO), outside of the Earth magnetosphere on the route and on the surface of the planets of Solar system. The DES is a 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 dose and flux in the silicon detector. The unit is managed by the microcontrollers through specially developed firmware. Plug-in links provide the transmission of the stored on the flash memory data toward the 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 the GCR dose rate increase since 2001 following Liulin type spectrometers were used in near Earth radiation environment on different carriers:

Mobile Dosimetry Unit MDU-5 was used for more than 13500 hours between 2001 and 2009 on aircraft of Czech Airlines (CSA) at different routes. The experiments and data analysis were managed by Prof. F. Spurny (Spurny and Dachev, 2002, 2009);

Mobile Radiation Exposure Control System - Liulin-E094 containing 4 active batteries operated dosimeters worked successfully between May and August 2001 on the board of US Laboratory module of the International Space Station (ISS). The system was a part of the experiment Dosimetric Mapping E094. The Principal Investigator of the experiment was Dr. Guenther Reitz from DLR, Germany (Reitz et al., 2005; Dachev et al., 2008; Nealy et al., 2007; Wilson et al., 2007);

Radiation Risks Radiometer-Dosimeter (R3D) for Biopan (R3D-B) with 256 channels ionizing radiation monitoring spectrometer and 4 channels UV spectrometer known as R3D-B2 was successfully flown 31 May – 16 June 2005 inside of the ESA Biopan 5 facilities on Foton M2 satellite. The operation time of the instrument was about 20 days for fulfilling of the total 1.0 MB flash memory with 60 sec resolution (Häder et al., 2009);

R3D-B3 spectrometer is with almost same mechanical characteristics as R3D-B2. It was successfully used 14-29 September 2007 inside of the ESA Biopan 6 facilities on Foton M3 satellite. Together with R3D-B3, the Liulin-Photo instrument (Similar to MDU-5 instrument) was flown but inside of the capsule of the Foton M3 satellite (Damasso et al. 2009);
R3DE instrument worked on EuTEF platform outside of European Columbus module of ISS between 20th of February 2008 and 1th of September 2009 with 10 seconds resolution behind less than 0.4 g cm⁻² shielding. (Dachev et al., 2002; Dachev, 2009);

RADOM instrument was launched successfully on Indian Chandrayaan-1 satellite on 22nd of October 2008. It starts working 2 hours after the launch with 10 seconds resolution behind about 0.45 g.cm⁻² shielding. The instrument sends data for number of crossings of the Earth radiation belts and continues to work on 100 and 200 km circular lunar orbit measuring mainly the GCR environment (Dachev et al., 2009).

Scientific results

Aircraft radiation environment

Figure 1 summarizes all data obtained by 2 Liulin type instruments on CSA aircraft between 2001 and 2009. All data in the period 2001-2007 was collected by the MDU#5 instrument. The 2009 was data in measured with a new build instrument, which have almost same characteristics as MDU#5. More than 64000 measurements with 10 minutes resolution are presented on the figure. Each patches of data were obtained in about 1-3 months of



Fig. 1. Variations of the average deposited dose rate for transatlantic flights at altitude 10.6 km.

continues measurements campaign. Mostly aircraft flights on the destinations Prague - New York and Prague - Toronto at fixed altitude of 35000 feet (10.6km) are used. The cut-off rigidity varies between 0.16 and 2.0 GV when the latitude changes between 50 and 65°.

On the X axis is plotted the date between January 2001 and October 2009. On the left hand Y axis the measured absorbed dose rate in the silicon of the detector is plotted. The right hand Y axis is for the Oulu Neutron Monitor response in percent. The Oulu data <u>http://cosmicrays.oulu.fi/</u> are seen on the figure as continues heavy black line, which varies in average between -7% in the maximum of the solar activity (2001-2004) and +9% in the minimum of solar activity in 2009.

The Liulin data rises in average from about 1.75 to 2.5 μ Gy h⁻¹. This tendency is presented on the plot by polynomial fit of data shown as black line through them. The dose rates obtained during the solar proton event and Ground Level Enhancement on 15th of April 2001 (GLE 60) (Spurny and Dachev, 2001) form the absolute maximum in the data and are specially mentioned in the left hand side of the picture. The increase of the GCR data in 2009 shows single points, which are comparable with those obtained during GLE 60. The calculated apparent dose equivalent dose rates shows very similar to the presented at Figure 1 variations but in an average range from 4-6 μ Sv h⁻¹. Some extreme high measurements in 2009 reach values of 11 μ Sv h⁻¹.

Figure 2 was specially designed to present how closer the measured GCR dose rates and fluxes on aircraft and spacecraft are. There are 2 panels on the figure. The X axes is for the geographic latitude in the range from 0 to 70° in the Northern hemisphere. The data in the figure are selected from relatively narrow longitudinal range $-\pm 40^{\circ}$ from the Greenwich meridian. Two facts allow us to conclude that only GCR data are separated: 1) This latitudinal and longitudinal range is away from the region of the South Atlantic Anomaly (SAA); 2) There are no Solar Proton Events in the mentioned above time intervals.

In the panels are presented the measured absorbed dose rates (bottom panel) and fluxes (top panel) at 4 vehicles, which data are taken for the periods and altitudes as follows: Aircraft -05.05-

26.06 2005 at 10.6 km; Foton M2 1-12 June 2005 at 260 km; Foton M3 15-24 September 2007 at 267 km; ISS (MDU#2) 6-13 July 2001 at 393 km.

The main results from the analysis of Figure 2 are: 1) All latitudinal profiles shows similar shape with minimum at low latitudes and rising values toward high latitudes; 2) In the range 10-30° the values are practically independent from the latitude. The averaged dose rates in this range are 0.66 μ Gy h⁻¹ at aircraft, 1.34 μ Gy h⁻¹ at Foton M3/M3 satellite and 1.93 μ Gy h⁻¹ at ISS. Simple calculations reveal that the ratios of the dose rates in this range at altitudes 10.6, 260 and 393 km are as 1:2:3 i.e. the GCR component of the Earth radiation environment is attenuated only 3 times from the Earth magnetic field and atmosphere on it path from space to the ground; 3) The aircraft dose rates and fluxes shows almost fixed values in the range 50-60°.

Spacecraft radiation environment

In Figure 3 is presented the distribution of the obtained dose rates on 4 spacecraft are plotted as a

function of the McIlwain's L-parameter, that corresponds to the equatorial radius of a magnetic drift shell in the case of a dipole field. The plots show the different radiation components and how they are distributed in the space around the Earth. The dose rate data from the Foton M2/M3 satellite shows 2 well seen maximums – one at L values about 1.4 and another at about 3.8. The lower L value maximum correspond to the inner (proton) radiation belt, which is populated mainly by protons with energies from few tens to few hundred MeV. These maximums are also in anticorrelation with the solar activity (Dachev et al., 1999) but here because the stronger dependence by the altitude and shielding these variations isn't seen clear.

The higher L value maximum corresponds to the outer (electron) radiation belt, which is populated mainly by electrons with energies from hundreds of keV to few MeV. These maximums are

not seen in the bottom and top panels where ISS data are presented. On the top panel there are no outer belt electrons because they are not generated in the low solar activity of the measurements in June 2009 (Wrenn, 2009). The bottom panel also don't shows relativistic electrons (Dachev et al., 2009) because the data are taken inside the ISS Destiny module behind more than 20 g cm⁻² shielding, which absorb them.

The large amount of points with low doses and fluxes are obtained at low and mid magnetic latitudes outside of the radiation belts and is generated mainly by GCR particles, which shows a "knee" at L value about 2.5–3. After the knee toward high latitudes the dose rates are practically fixed and show a straight line, because these measurements are in the region where practically open space GCR data are recorded. The averaged values there are: 2001 - 6.14 μ Gy h⁻¹, 2005 – 7.38 μ Gy h⁻¹, 2007 - 10.3 μ Gy h⁻¹ and 2009 - 12.2 μ Gy h⁻¹. The 2009 values are about twice higher than the observed in 2001 by the Liulin-E094 instrument inside the ISS. In same time the flux increases in average from 1.64 to 3.23 cm⁻² s⁻¹.

Figure 4 presents the temporal variations of the daily (for 400 days) GCR dose rate measured by R3DE instrument on ISS in the period between 21st of February 2008 and 22nd of June 2009. The daily GCR dose rate was obtained by averaging of 5000-8200 measurements per day (7024 in average) with 10 s resolution at all latitudes in the altitudinal range 350-375 km above the



Fig. 2. Latitudinal profiles of the dose rate and fluxes at aircraft, Foton M2/M3 spacecraft and ISS.





earth. Totally more than 2.8 million points were used. The averaged flux is obtained to be 0.997 cm⁻² s⁻¹, while the averaged dose rate is 3.67 μ Gy/h with averaged maximum of 27.44 and minimum of 0.041 μ Gy h⁻¹.

Except the daily GCR dose rate (diamond points) the Oulu NM count rate (square points) are presented. It is seen that the daily GCR dose rate slowly rise up from about 88 to 94 μ Gy d⁻¹, which in general follow the Oulu NM count rate. The linear regression between the both values shows the following formulae:



Fig. 4. Long term variations of the R3DE daily dose rate on ISS in the period 21 February 2008-22 June 2009.

(1) Daily CGR $[\mu Gy d^{-1}] = 0.0237^*$ Oulu NM counts [c min.⁻¹] – 67.818)

The short term variations with about a month length don't have any explanation till now and seem there are not connections with the presented in the bottom with triangles periods when the Space Shuttle were docked to the station (Dachev et al., 2010).

Figure 5 shows the RADOM dose rate (upper curve) and flux in the lunar orbit between 20 November 2008 and 18 May 2009 in dependence by Oulu NM count rate. The RADOM 10 and 30 sec resolution data were added and averaged to obtain hourly flux and dose rates (Vadawale et al., 2010). The averaged particle flux for this period in the 100 km orbit was found to be 2.45 particles cm⁻² s⁻¹, and the corresponding absorbed dose rate was 9.46 μ Gy h⁻¹ over 3545 hours of measurements. The averaged



Oulu NM count rate was 6762 counts min⁻¹. During the last three months of the mission (20/05/2009-28/08/2009), Chandrayaan-1 was in 200 km orbit, where the flux and dose rate increased slightly to 2.73 cm⁻² s⁻¹ and 10.7 μ Gy h⁻¹ respectively. Oulu NM count rate also increase to 6809 counts min⁻¹. The observed increase of particle flux and dose rate at 200 km can thus be explained as due to reduced self-shielding of GCR by the Moon.

From Figure 5 it can be seen that both RADOM parameters over show linear dependence from the Oulu Neutron monitor data. This could be attributed to the increase in GCR intensity due to decreasing solar activity and consequential decrease of interplanetary solar magnetic field.

Summary

The paper collects large amount of Liulin instruments measurements in the declining phase of the 23rd solar cycle in the range of altitudes from 10.6 km above the Earth, in low Earth orbit up to 100 km around the Moon. In all altitudes the measured absorbed dose rates and fluxes show well defined increase when solar activity decrease in all time intervals starting with few days and finishing with the almost whole solar cycle.

Acknowledgments

The authors would like to thank to: Donat Haeder, University of Erlangen Germany, Gerda Horneck and Guenther Reitz, DLR, Institute of Aerospace Medicine, Germany for the cooperation in the realization of the instruments for Foton M2/M3 satellite and for R3DE instrument on Columbus module of ISS.

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

References:

- 1. B e n t o n, E. R., B e n t o n E. V., Space radiation dosimetry in low-Earth orbit and beyond. Nucl Instrum Methods Phys Res B., 184(1-2), 255-294, 2001.
- 2. Dachev, Ts., J. Semkova, B. Tomov, Pl. Dimitrov, Yu. Matviichuk, R. Koleva, St. Maltchev, G. Reitz, G. Horneck, G. De Angelis, D.-P. Häder, V. Petrov, V. Shurshakov, V. Benghin, I. Chernykh, S. Drobyshev, N. Bankov, Space Shuttle drops down the SAA doses on ISS, Fundamental Space Research, Suplement of Comptes Rend. Acad. Bulg. Sci., ISBN 987-954-322-409-8, 69-72, 2010. http://www.stil.bas.bg/FSR2009/pap67.pdf
- 3. D a c h e v, T., A t w e I I, W., S e m o n e s, E.; T o m o v, B., R e d d e I I, B. ISS Observations of SAA radiation distribution by Liulin-E094 instrument. Adv. Space Res. 37, 1672-1677, 2006.
- 4. Dachev, Ts. P., B. T. Tomov, Yu. N. Matviichuk, Pl.G. Dimitrov, F. Spurny, Monitoring Lunar radiation environment: RADOM instrument on Chandrayaan-1, Current Science, Vol. 96, NO. 4, 544-546, 25 February 2009, ISSN: 0011-3891, 2009. http://www.ias.ac.in/currsci/feb252009/544.pdf
- 5. 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, 2002. doi:10.1016/S0273-1177(02)00411-8
- 6. D a c h e v, Ts. P., Characterization of near Earth radiation environment by Liulin type instruments, Adv. Space Res., 1441-1449, 2009. doi:10.1016/j.asr.2009.08.007
- 7. D a m a s s o, M., D a c h e v Ts., F a l z e t t a G., G i a r d i M. T., R e a G., Z a n i n i A., The radiation environment observed by Liulin-Photo and R3D-B3 spectrumdosimeters inside and outside Foton-M3 spacecraft, Radiation Measurements, 44, 263-272, 2009.
- 8. H ä d e r, D. P., P. R i c h t e r, M. S c h u s t e r, Ts. D a c h e v, B. T o m o v, PI. G e o r g i e v, Yu. M a t v i i c h u k, R3D-B2 Measurement of ionizing and solar radiation in open space in the BIOPAN 5 facility outside the FOTON M2 satellite, Adv. Space Res. Volume 43, Issue 8, Pages 1200-1211, 2009. doi:10.1016/j.asr.2009.01.021
- Heynderickx, D., J. Lemaire, E. J. Daly, and H. D. R. Evans, Calculating Low-Altitude Trapped Particle Fluxes With the NASA Models AP-8 and AE-8, Radiat. Meas., 26, 947-952, 1996a. (see also http://www.spenvis.oma.be/spenvis/help/background/traprad/traprad.html).
- 10. N e a I y, J. E., F. A. C u c i n o t t a, J. W. W i I s o n, F. F. B a d a v i, N. Z a p p, T. D a c h e v, B. T. T o m o v, E. S e m o n e s, S. A. W a I k e r, G. de A n g e I i s, S. R. B I a t t n i g, W. A t w e I I, Pre-engineering spaceflight validation of environmental models and the 2005 HZETRN simulation code, Adv. Space Res., 40, 11, 1593-1610, 2007. doi:10.1016/j.asr.2006.12.030
- 11. R e i t z, G., B e a u j e a n, R., B e n t o n, E., B u r m e i s t e r, S., D a c h e v, Ts., D e m e, S., L u s z i k-B h a d r a, M., O I k o, P. Space radiation measurements on-board ISS—the DOSMAP experiment. Radiat. Prot. Dosimetry, 116, 374-379, 2005. http://rpd.oxfordjournals.org/cgi/content/abstract/116/1-4/374
- 12. S a w y e r, D., V e t t e, J. AP8 trapped proton environment for solar maximum and solar minimum, National Space Science Data Center, Report 76-06, Greenbelt, Maryland, 1976.
- 13. 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.
- 14. S p u r n y, F., T. D a c h e v, Measurements in an Aircraft during an Intense Solar Flare, Ground Level Event 60, on the 15th of April 2001, Letter to the Editor of Radiation Protection Dosimetry, Vol. 95, No. 3, pp. 273-275, 2001.
- 15. 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.
- 16. S p u r n y, F., and 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
- 17. V a d a w a I e, S. V., J. N. G o s w a m i, T. P. D a c h e v, B. N. T o m o v, V. G i r i s h, Monitoring of the Earth and Moon Radiaition Environment with RADOM Experiment onboard Chandrayaan-1, Advances in Geosciences, 2010. (Accepted article) http://arxiv.org/abs/1012.2014
- 18. Wilson, J. W., Nealy, J. E., Dachev, T. P., Tomov, B. T., Cucinotta, F. A., Badavi, F. F., DeAngelis, G., Leutke, N., Atwell, W. Timeserial analysis of the induced LEO environment within the ISS 6A, Adv. Space Res., 40, 1562-1570, 2007. . doi:10.1016/j.asr.2006.12.030
- 19. W r e n n, G. L., Chronology of 'killer' electrons: Solarcycles 22 and 23, J. Atmos. Solar-Terr. Phys., 71, 1210–1218, 2009.

MAIN SPECIFICATIONS OF A NEW LIULIN TYPE INTELLIGENT CREW PERSONAL DOSIMETER

Tsvetan Dachev¹, Borislav Tomov¹, Yury Matviichuk¹, Plamen Dimitrov¹ Yukio Uchihory², Ondrej Ploc³

¹Space and Solar-Terrestrial Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences e-mail: tdachev@bas.bg
²National Institute of Radiological Sciences, Chiba, Japan e-mail: uchihori@nirs.go.jp
³Nuclear Physics Institute - Czech Academy of Sciences, Czech Republic e-mail: ploc@ujf.cas.cz

Key words: Space radiation, Dosimetry, Spectrometry.

Abstract: The 15-year development, calibrations and use of the Liulin type personal dosimeters confirm their reliability to measure the absorbed dose rates and fluxes in aircraft and spacecraft. Since 2002, many attempts were made to evaluate the equivalent doses from the spectra obtained by them. Now we are confident that apparent dose equivalent interpretation procedure in aircraft is well developed and can be used in a wide range of cases. On the other hand, the necessity for active crew dosimeter is a problem still not solved on the International Space Station (ISS). The 4-year efforts of the ESA study group headed by Dr. Guenther Reitz for development of new "European Crew Personal Active Dosimeter" (EuCPAD) for astronauts came to the result that this dosimeter has to be a mixture of modules for measurement of charged particles and neutrons with mechanical dimensions of maximum 105x67x20 mm, volume below 150 ml and mass below 250 g. This dosimeter is under development

The purpose of this paper is: 1) To present the developed Liulin personal devices and to compare their dimensions with the proposed EuCPAD 2) To review the existing Liulin dose interpretation and radiation sources separation procedures 3) To propose a new "Intelligent Crew Personal Active Dosimeter" (ICPAD) based on the existing Liulin type devices, which can be used by astronauts in internal and external vehicle activities. The possible improvements are seen in both the hardware and the software aspect. The new software will be capable, based on the analysis of the shape of the deposited energy spectrum and the value of the dose-to-flux ratio, to distinguish the different kinds of radiation sources in space as GCR, inner radiation belt protons and outer radiation belt electrons and to calculate, store and present on display the absorbed and equivalent doses.

ГЛАВНИ СПЕЦИФИКАЦИИ НА НОВ, ИНТЕЛИГЕНТЕН, ПЕРСОНАЛЕН ДОЗИМЕТЪР ЗА КОСМОНАВТИТЕ

Цветан Дачев¹, Борислав Томов¹, Юрий Матвийчук¹, Пламен Димитров¹ Юкио Учихори², Ондреж Плоц³

¹Институт за космически и слънчево-земни изследвания – Българска академия на науките e-mail: btomov @bas.bg ²Национален институт по радиологични науки, Чиба, Япония e-mail: uchihori @nirs.go.jp ³Институт по ядрена физика - Чешка академия на науките, Чешка република e-mail: ploc @ujf.cas.cz

Ключови думи: Космическа радиация, Дозиметрия, Спектрометрия.

Резюме: 15 годишното усъвършенстване, калибриране и използване на персонални дозиметри от типа "Люлин" е доказало тяхната способност да измерват мощността на абсорбираната доза в самолети и спътници. След 2002 г. са направени многобройни опити за оценка на еквивалентната доза, като се използват получените от тях спектри. Сега ние сме сигурни, че процедурата за интерпретация на видимата еквивалентна доза на самолети е добре разработена и може да бъде използвана в широк кръг от задачи. От друга страна не е решен проблемът за създаване на активен, персонален дозиметър на Интернационалната космическа станция. Изследователската група на ЕКА, оглавявана от д-р Гюнтер Райтц за създаване на нов "Европейски, активен, персонален дозиметър" (EuCPAD) за астронавтите постигна следния резултат за неговата същност и размери: EuCPAD трябва да съдържа модули за измерване на дозата от заредени частици и от неутрони и да има размери не по-големи 105х67х20 mm, обем под 150 ml и маса под 250 g. Този проект за дозиметър се намира във фаза на разработка.

Целта на тази статия е: 1) Да се представят разработените досега персонални дозиметри от типа "Люлин" и да се сравнят техните размери с предложения EuCPAD; 2) Да се анализират съществуващите процедури за интерпретация на дозата и за разделяне на преобладаващия тип радиация. 3) На базата на съществуващите прибори от типа "Люлин" да се предложи нов "Интелигентен, персонален, активен дозиметър" (ICPAD), който да бъде използван от астронавтите при работа както вътре в станцията, така и извън нея. Подобренията са възможни както в областта на хардуера, така и на софтуера. Чрез анализ на формата на спектъра и на стойността на отношението доза поток ще може да се разделят различните основни типове радиационни източници като GCR, протони от вътрешния и електрони от външния радиационен пояс. Тези данни да се използват да се изчисли, съхрани и покаже на дисплей абсорбираната и еквивалентната доза.

Introduction

The main purpose of Liulin type Spectrometry-Dosimetry Instruments (LSDIs) (please see Table 1) is cosmic radiation monitoring at the workplaces. LSDI measures the amplitudes of the pulses generated by the incoming particle and rays radiation in the silicon detector, which is proportional to the deposited energy and respectively to the absorbed dose in Gray.

Picture/Parameters	Name (year of the development) Use (years)	Dimensions (mm) (Reference)	Volume (ml)	Mass (g)	Battery type	Active live time (days)
	Liulin-3 2 detectors telescope (1995) Aircraft & accelerators (1995-1997)		600	450	4 AA size primary	1
	Liulin-E094, 4 Mobile Dosimetry Units (MDU) (1998) ISS (2001) & aircraft (2005-till now)	96x64x24 (Dachev et al., 2002)	147	230	Li-ion 7.2 V 1350 mAh accum.	4
Liulin-ISS 4 MDU units (2002 (2005-till now)		100x65x26 (Dachev et al., 2000)	188	230	Li-ion 7.2 V 1350 mAh accum.	6
Linite dB LED Read	Liulin-6S (2005) Aircraft & accelerators (2005-till now)	100x40x20 (Dachev et al., 2005)	80	100	Li-ion 3.6 V 1.8 Ah accum.	7
	Liulin-6G (2008) Aircraft (2008-till now)	120x40x20 (Dachev et al., 2005)	96	125	Li-ion 3.6 V 1.8 Ah accum.	5
	Portable EuCPAD instrument ISS ???	Maximum 105x67x20 (Reitz, 2008)	Below 150	Below	???	???

Table 1. External view and some functional parameters of the developed till now personal units.

These amplitudes are organised in 256 channels spectrum of the deposited energy in the silicon detector, which is further used for precise calculation of the absorbed and equivalent doses and for characterization of the type and energy of the incoming radiation (Dachev, 2009). The LSDI functionally is low mass, low power consumption or battery operated dosimeter. LSDI usually contains: one semiconductor detector, one charge-sensitive preamplifier, a fast 12 channel analog-to-digital converter (ADC), discriminator, real time clock, 2 or more microcontrollers and a flash memory. Different modifications of LSDI use additional modules such as: UV sensitive photo diodes, temperature sensor, Global Positioning System (GPS) with antenna and receiver, display, multimedia card (MMC) or SD card.

The unit is managed by the microcontrollers through specially developed firmware. Plug-in links provide the transmission of the stored on the memory data toward the standard Personal Computer (PC) or toward the telemetry system of the carrier. A computer program in PC is used for the full management of the LSDI through standard serial/parallel or USB communication port. The same program stores the full data sets on the PC and visualizes the data for preliminary analysis. Different power supplies were used in the different instruments. They include 3.6 V or 7.2 V rechargeable or primary batteries, 28 V or 43 V DC aircraft and satellite power and 110 V, 400 Hz AC aircraft power line.

Presentation of the developed Liulin personal devices and comparison of their dimensions with the proposed EuCPAD

Table 1 summarizes the efforts in STIL-BAS for developments of Liulin personal devices since 1995. Most of them are with simple 1 detector construction. Also most of them used Li-ion accumulators as power supply. This option don't have alternative if long active live time of the detector is required.

From the table it is seen that because use of new developed chips and design in the time between 2002 and 2008 the volume of the LSDIs reduces from 147 to 80 ml for instruments without display and from 188 to 96 ml for the instruments with display.

From other point of view the developed by us LSDIs are much smaller than the expected new Portable EuCPAD, which is still not designed newer the less that much higher scientific (Bhadra et al., et al., 2008; Rollet et al., 2008) and financial resource was used by the ESA partners, engaged with the development of the dosimeter (Retz et al., 2008). The best claimant for the external design of the future New Liulin type Intelligent Crew Personal Active Dosimeter (ICPAD) is the Liulin-6G instrument if a display will be required there. If in future the user will not require a display the best design is those of Liulin-6S. In both cases future use of Lithium-Polymer cells can reduce the mass of the battery at least twice in comparison with the standard Lithium-ion cells. http://www.ibt-power.com This means about 15 g less weight with the same case.

Review the existing Liulin ration dose interpretation and radiation sources separation procedures

The main measurement unit in the spectrometers is the amplitude of the pulse after the preamplifier generated by particles or quantum hitting the detector. The amplitude of the pulse is proportional by a factor of 240 mV.MeV⁻¹ to the energy loss in the detector and respectively to the dose and LET. By the 12 bit ADC these amplitudes are digitized and organized in a 256-channel spectrum using only the first 8 bits of the ADC. The dose D [Gy] by definition is one Joule deposited in 1kg. We calculate the absorbed dose by dividing the summarized energy deposition in the spectrum in Joules to the mass of the detector in kilograms.

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

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 pulses in channel "i", *K.i.k_i.A_i* is the deposited energy (energy loss) in Joules in channel "i". *K* is a coefficient. All 255 deposited dose values, depending on the deposited energy for one exposure time, form the deposited energy spectrum.

On the basis of calibrations of the Liulin type spectrometers in CERN and comparisons with TEPC (Tissue Equivalent Proportional Counter) measurements, a method was developed (Spurny et al., 2007) to evaluate Ambient dose equivalent, H*(10).

During the calibrations in CERN it was found the value of the ambient dose equivalent - $H^*(10)$ depends by the predominant type of radiation seen in the deposited energy spectrum. For the Galactic cosmic radiation (GCR) where predominant are high energy protons, alphas and heavy ions with high radiation biological effectiveness (RBE) the $H^*(10)$ values are calculated by the relation (2), which take

into account the high RBE by the coefficient of 5 for the channels above 15. The final relation for calculation of the H_{GCR} is as following:

(2)
$$H_{GCR}^{*}(10) = K\{\sum_{i=1}^{14} ik_i A_i + 5\sum_{i=15}^{256} ik_i A_i\} MD^{-1}$$

For the Inner radiation belt (IRB) source, where predominant radiation source are protons with energies between 30 and 400 MeV the $H^*(10)$ values are calculated by the relation

(3)
$$H_{GCR} * (10) = 1.3K \{ \sum_{i=1}^{14} ik_i A_i + \sum_{i=15}^{256} ik_i A_i \} MD^{-1}$$

For the Outer radiation belt (ORB) radiation the $H^{*}(10)$ values are equal to the absorbed doses, because energetic electrons (1-10 MeV), which populated it don't have any radiation biological effectiveness.

Long-term measurements in space by the active dosimeters as Liulin-E094, R3D-B2/3, R3DE/R and RADOM give us abundant material for the methods to distinguish different kind of predominant radiation by the form of the curve of the deposited energy spectrum and by the calculation of the dose to flux ratio and Heffner's formulae (Dachev, 2009).

Figure 1 presents six averaged deposited energy spectra obtained by R3DE (Dachev, 2009) and RADOM instruments (Dachev et al., 2009, 2011). RADOM data are from October 2008 when the Chandrayaan-1 satellite was still in near Earth radiation environment.





Three pairs of curves are plotted. The lowest 2 curves are associated with GCR type of radiation environment. The IRB curves cover the whole spectrum, while the ORB are in narrow range of first channels. On Figure 1 it is well seen that different type of radiation give forms of the deposited energy spectra, which are easy to distinguish by their form and position in the field Deposited energy/Deposited per channel Dose Rate. We plan to develop and prove different software, which will be able after obtaining of the spectra, using the master microprocessor of ICPAD to answer correctly what is the predominant radiation in the spectra.

Another procedure for distinguishing the predominant different kind of radiation sources was described in (Bankov et al., 2010). It is based on the polynomial presentation of the obtained doses in dependence by L value, which requires connection of the ICPAD trough Internet WLAN module with the ISS service system.

Proposal for a new "Intelligent Crew Personal Active Dosimeter" (ICPAD)

Starting the development of the new ICPAD we study the advantages and disadvantages of the main schema of the new instrument – dosimetric telescope (Semkova et al., 2007) or single detector as the existing till now Liulin devices. The main advantage of the dosimetric telescope is the opportunity to be obtained directly the Linear Energy Transfer (LET) spectrum, which is used further for calculation of the equivalent dose. Unfortunately this is not possible to be performed after obtaining of each spectrum because the small statistics (Semkova, 2010). The disadvantages of the dosimetric telescope for the case of personal dosimeter are larger volume, mass and power consumption in comparison with single detector. That is why we decide to propose single detector instrument with following size and ranges:

```
Size:<120x40x20 mm; Mass:</td><110 grams; Volume:<96 ml</td>Detector:2 \text{ cm}^2, 0.3 mm;LET Si range:0.1164- 29.8 keV/µ; LET H2O:0.1443- 36.9 keV/µDose range:0.093 nGy - 1.56 mGy; Dose Rate range:2.8.10<sup>-9</sup>-0.19 Gy/hFlux range:0.01 - 1250 cm²s-1; Temperature:-20°C - +40°CLi-lon battery:3.6 or 7.2 V; Flash memory: 2 MBActive time:>5 days
```



Fig. 2. Preliminary block-diagram of the new Intelligent Crew Personal Active Dosimeter. Blocks with dashed lines are optional.

Figure 2 presents the preliminary block-diagram of the proposed ICPAD. It is necessary to mention that the main blocks is same as the used till this moment blocks in the instruments build for different space experiments between 2001 and 2010 (Dachev, 2009). New are here only the 2 optional blocks seen in the right part of the figure with dashed lines and mentioned as "Display" and WLAN "Internet module microcontroller".

The display is optional because our experience with the development of the MDUs for Liulin-E094 and Liulin-ISS (pls. see Table 1) shows that the different agencies American and Russian have controversial understanding of the necessity of display. The WLAN connection with the ISS service system can be used in both directions. To transmit to ICPAD new measurement initialization parameters and L values. In the case of use of the ICPAD as personal dosimeter to transmit toward the Radiation protection service system the current obtained by the astronaut doses, which can be added to the whole personal file, to be evaluated the personal history of the dose accumulation and to be issued to the astronaut specific alerts if necessary.



Fig. 3. Preliminary algorithm of the software, which well manage the new Intelligent Crew Personal Active Dosimeter.

Figure 3 presents the preliminary algorithm of the software, which will manage the ICPAD. The first 2 step is the measurements of the dose rate D1 and flux F1 and analysis of the shape of the curve. The results are compared and stored in the memory. Next step is a confirmation measurement of 2 new D2, F2 values. These values are compared with the obtained in the first step. If all parameters (D1/F1, D2/F2 and shape) confirm the solution the algorithm goes forward, calculates the absorbed and apparent H*(10) dose rates and shows them on the display (if available), and stores them in the memory. If the solution is not confirmed then the algorithm goes once back otherwise forward.

The foreseen external view of the ICPAD will be similar and smaller than the Liulin-6S in a case without display and then Liulin-6G with display (please see Table 1).

Summary

The ability of the Liulin type instruments to be used as personal dosimeters are mentioned in the conclusions of the paper of Uchihori at al., 2008. They write: "We demonstrated that the MDU can measure lower LET ions and particles from "Fragment experiments" despite the fact that the instrument is both simple and small. In the space radiation environment, the majority of radiation fluence consists of protons and helium ions. The Liulin-4J MDU has the capability to measure the radiation dose from these light ions and can be used as a personal dosimeter by astronauts and cosmonauts".

The paper describes the possible hardware and software solutions for a new ICPAD, which will be able on the base of the analysis of the shape of the deposited energy spectrum and the value of the dose to flux ratio to distinguish the different kind of radiation sources in space as GCR, Inner radiation belt protons and outer radiation belt electrons and to calculate, store and present on display the absorbed and equivalent doses.

Acknowledgments

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 n k o v, N., T. D a c h e v, B. T o m o v, Pl. D i m i t r o v, Yu. M a t v i i c h u k, A simulation model of the radiation dose measured onboard of the ISS, Fundamental Space Research, Suplement of Comptes Rend. Acad. Bulg. Sci., ISBN 987-954-322-409-8, 147-149, 2010. http://www.stil.bas.bg/FSR2009/pap144.pdf
- 2. B h a d ra, M. L., G. R e i t z, P. B e c k, T. B e r g e r, A. J a k s i c, S. R o I I e t, M. V u o t i I a, European Crew Personal Active Dosemeters, Part 1: Review of existing devices, WRMISS13 Krakow, September 8-10, 2008. http://wrmiss.org/workshops/thirteenth/Luszik-Bhadra.pdf
- 3. Дачев, Цв. Г. Георгиев, Б. Томов, П. Димитров, Ю. Матвийчук, Н. Кънчев, В. Петров, В. Шуршаков, Е. Стасинополус, Ж. Барт, Портативен дозиметър -радиометър-"Люлин-3" за мониторинг на космическа радиация, Втора национална конференция по слънчево земни въздействия, Ст.Загора. Сборник от разширени резюмета, ТЕ4, стр 71-72, юни, 1995.
- 4. D a c h e v, Ts., B. T. T o m o v, Yu. M a t v i i c h u k, Pl. D i m i t r o v, J. Space Radiation Dosimetry System for the Russian Segment of the International Space Station, Proceedings of the ET2000 Conference, Book 2, 97-102, 2000.
- 5. D a c h e v, Ts., PI. D i m i t r o v, B. T o m o v, Yu. M a t v i i c h u k, 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, 2005.
- 6. D a c h e v, T., A t w e I I, W., S e m o n e s, E.; T o m o v, B., R e d d e I I, B. ISS Observations of SAA radiation distribution by Liulin-E094 instrument. Adv. Space Res. 37, 1672-1677, 2006.
- 7. D a c h e v, Ts., T o m o v , B., M a t v i i c h u k, Yu., D i m i t r o v Pl., L e m a i r e, J., G r e g o i r e, Gh., C y a m u k u n g u, M., S c h m i t z, H., F u j i t a k a, K., U c h i h o r i, Y., K i t a m u r a, H., R e i t z, G., B e a u j e a n, R., P e t r o v, V., S h u r s h a k o v V., B e n g h i n, V., S p u r n y, F. Calibration results obtained with Liulin-4 type dosimeters, Adv. Space Res. 30, 917-925, 2002. doi:10.1016/S0273-1177(02)00411-8
- 8. D a c h e v, Ts. P., B. T. T o m ov, Yu. N. M a t v i i c h u k, PI .G. D i m i t r o v, F. S p u r n y, Monitoring Lunar radiation environment: RADOM instrument on Chandrayaan-1, Current Science, Vol. 96, NO. 4, 544-546, 25 February 2009, ISSN: 0011-3891, 2009. http://www.ias.ac.in/currsci/feb252009/544.pdf
- 9. D a c h e v, Ts. P., Characterization of near Earth radiation environment by Liulin type instruments, Adv. Space Res., 1441-1449, 2009. doi:10.1016/j.asr.2009.08.007
- 10. D a c h e v, Ts. P., B. T. T o m o v, Yu. N. M a t v i i c h u k, Pl .G. D i m i t r o v, V a d a w a l e, S. V., J. N. G o s w a m i, V. G i r i s h, G. de A n g e l i s, An overview of RADOM results for Earth and Moon Radiation Environment on Chandrayyan-1 Satellite, Adv. Space Res., 2011. (In print)

- 11. R e i t z, G., P. B e c k, T. B e r g e r, A. J a k s i c, S. R o I I e t, M. V u o t i I a, European Crew Personal Active Dosemeter (EuCPAD) Part 3: Concept/Detailed Design Ideas, WRMISS13 Krakow, September 8-10, 2008. http://wrmiss.org/workshops/thirteenth/Reitz.pdf
- 12. Rollet, S., G. Reitz, P. Beck, T. Berger, A. Jaksic, M. Vuotila, European Crew Personal Active Dosemeters, Part 2: Numerical Simulations, WRMISS13 Krakow, September 8-10, 2008. http://wrmiss.org/workshops/thirteenth/Rollet.pdf
- 13. S e m k o v a, J., K o I e v a, R., M a I t c h e v, St., et al. Status and calibration results of Liulin-5 charged particle telescope designed for radiation measurements in a human phantom onboard the ISS. Adv. Space. Res. 40, 1586–1592, 2007.
- 14. S e m k o v a, J., Private communication, 2010.
- 15. S p u r n ý, F., P I o c, O. and 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.
- 16. U c h i h o r i, Y., H. K i t a m u r a, N. Y a s u d a, H. K e n t a r o, K. Y a j i m a, Ts. P. D a c h e v, Chapter 7: Liulin-4J portable Silicon Spectrometer, Results of the ICCHIBAN-3 and ICCHIBAN-4, Experiments to Inlercompare the Response of Space Radiation Dosimeters, HIMAC-128, NIRS, Japan, pp 76-88, March, 2008.

ВАРИАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ИОНОСФЕРЫ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ И РАЗВИТИИ ТАЙФУНОВ

Геннадий Беляев¹, Владимир Костин², Елена Трушкина¹, Ольга Овчаренко¹, Бойчо Бойчев³

¹Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн – РАН e-mail: belyaev@izmiran.ru ²Государственный экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия

e-mail: kostin@maryno.net

³ Институт космических и солнечно-земных исследований – Болгарская академия наук e-mail: boytchev@space.bas.bg

Резюме: Для ~70 тайфунов были рассмотрены параметры ионосферы на высоте ~960 км по данным всего комплекса научных приборов спутника Космос-1809. Показано, что над тайфунами в период интенсификации наблюдается возрастание Ne – электронной концентрации. Особенно отчетливо данный эффект проявляется в ночных условиях для супер тайфунов. Над тайфуном Harry имеется резкий пик Ne с меридиональными размерами ~100 км и более широкая область увеличенного Ne в тысячи км. В дневных условиях, на следующий день после интенсификации тайфуна Harry, к западу в области ~50° наблюдается увеличение Ne на 20-30%, что интерпретируется как дополнительная накачка тайфуном нейтральной компоненты. Интенсивная грозовая активность в области тайфунов приводит к специфичному возрастанию электростатических колебаний вблизи циклотронной частоты водорода в магнитосопряженном районе, что интерпретируется как инжекция ионов водорода вниз из области отражения неканализированных вистлеров. Перед интенсификацией и на стадии истощения супертайфунов Раде и Оwen наблюдалась ночная тропическая аномалия с экстремальными характеристиками. В отдельных случаях, в области тропической депрессии в дневных условиях за сутки до появления глаза тайфуна, над ним наблюдалось резкое понижение Ne до 40% в области 200-400 км. Часть результатов представленных в докладе были опубликованы в работе [1].

VARIATIONS OF IONOSPHERIC PARAMETERS IN THE FORMATION AND DEVELOPMENT OF TYPHOONS

Gennady Belyaev¹, Vladimir Kostin², Elena Trushkina¹, Olga Ovcharenko¹, Boytcho Boytchev³

¹Institute of Terrestrial Magnetism Ionosphere and Radio Wave Propagation – Russian Academy of Sciences e-mail: belyaev@izmiran.ru
²Plekhanov Russian Economic University, Moscow, Russia e-mail: kostin @maryno.net
³ Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: boytchev@space.bas.bg

Abstract: The parameters of the ionosphere at altitude of 960 km according to the Cosmos-1809 scientific instrument satellite complex were considered for about 70 typhoons. It was shown that increase in the Ne - electron concentration during the period of intensification in the area over the typhoon is observed. This effect is especially clearly seen at night for a super typhoon. Over the Harry typhoon, a sharp peak with Ne meridional dimensions of about 100 km and a wider area of increased Ne in thousands of kilometers were observed. An increase in Ne by 20-30% at daytime, the day after the intensification of the Harry typhoon in an area of approximately 50 degrees to the west was registered. This is interpreted as an additional pumping of the neutral component typhoon. Intense thunderstorm activity in the area of the typhoon leads to specific increase in the electrostatic oscillations near the cyclotron frequency of hydrogen in the magnetoconjugate area, which is interpreted as injection of hydrogen down from the region reflected whistlers not current in the channel. Night tropical anomaly with extreme characteristics was observed before the intensification and the exhaustion stage of the Page and Owen super typhoons. In some cases, in the tropical depression area, at daytime, one day before the typhoon eye, above it there was a sharp decrease of Ne of up to 40% at 200-400 km. Some of the results presented in the report have been published in [1].

Введение

Для изучения ионосферных эффектов, которые могут быть связаны с тайфунами, были использованы результаты наблюдений со спутников Космос-1809 и Болгария-1300. Спутник Космос-1809 работал с 18 декабря 1986 г. по 23 мая 1993 г. Параметры его орбиты: апогей – 980 км, перигей – 950 км, наклонение – 82,5°, период – 104 мин.

Наиболее информативными для исследуемого вопроса оказались данные приборов ИСЗ Космос-1809:

1. Импедансный зонд (ИЗ-2) – для измерения плотности электронов и ее вариации [2].

 Анализатор низких частот (АНЧ-2МЕ) – измерялись компоненты электромагнитного поля в диапазоне частот 70 Гц – 20 кГц в каналах 140 Гц, 450 Гц, 850 Гц, 4600 Гц, 15 кГц; Δf/f = 1/8 в режиме запоминания. Вся рабочая полоса могла передаваться в режиме прямой передачи [3].
 3. Детектор электрического поля (ДЭП) – позволял измерять электрическое поле (f=0-3

Γц).

4. Высокочастотный зонд (КМ-9) – для измерения электронной температуры в диапазоне 600-5000 К [4].

Оказалось, что информация со спутника в режиме запоминания с опросностью в 2,56 с (ЗАП-4) и общим временем сеанса ~ 17 часов почти всегда содержит фрагмент прохождения над зонами тайфунов. В таблице представлены данные об отдельных тайфунах, которые обсуждаются в докладе.

	Name of	Time of existence	Max				Wind,			Δ
No	typhoon		Wind	Day	Lat	Long	kt	Orbit	UT	Long
1	Edme	Jan. 17 – 26, 1989	115	23	20S	81E	115	10606	22:10	9W
2	Firinga	Jan. 24 – Feb. 1, 1989	90	23	11S	62E	25	10606	22:07	9E
3	Kirrily	Feb. 5 – 10, 1989	75	10	25S	103E	25	10852	17:28	8E
4	Harry	Feb. 6 – 22, 1989	130	10	19S	165E	110	10850	13:58	2W
				11	21S	163E	105	10864	14:17	6W
5	Page	Nov. 5 – Dec. 1,	140	21	7N	144E	25	19816	9:37	6E
		1990		27	18N	126E	120	19907	22:54	5W
				28	20N	127E	115	19913	10:01	0
6	Owen	Nov. 14– Dec. 5,	140	21	10N	167E	30	19815	7:50	5E
		1990		27	8N	150E	135	19906	21:07	2E
				28	7N	147E	125	19912	8:11	9E
_	<u>.</u>	N 04 00	405	3	12N	131E	30	19982	9:49	/W
7	Sina	Nov. 24 – 28, 1990	125	28	195	179E	115	19911	6:43	6E
8	04s	Dec. 3 – 4, 1990	55	3	15S	80E	55	19984	13:29	7E
9	Roslyn	Sept. 13 – 30, 1992	85	24	18N	146W	65	29116	6:06	9E
10	Ted	Sept. 14 – 24, 1992	65	24	34N 36N	122E 127E	40	29114 29120	2:01 12:57	2E 1W
11	Tina	Sept. 17-	115	24	13N	110W	75	29115	4:23	7E
		Oct.11,1992			13,5	109,5	65	29123	17:32	6E
12	Bonnie	Sept. 17- Oct. 2,	90	24	37N	51W	75	29113	0:48	1W
		1992					65	29121	14:11	10W
13	Seymour	Sept. 17 – 27,	75	24	24N	122W	55	29116	6:04	7W
		1992			23N	123W	45	29123	17:35	7E
14	Val	Sept. 19 – 27,	55	24	16N	157E	25	29113	0:15	12W
		1992			17N	157E	30	29119	11:15	1E
15	TC05B	Sept. 21 – 25,	30	24	22N	90E	25	29115	3:41	2E
		1992						29121	14:45	11E
16	Charley	Sept. 21 – 27, 1992	95	24	36N	34W	90	29120	12:26	2W
17	Danielle	Sept. 22 – 26,	55	24	34N	73W	40	29114	2:33	6W
		1992						29121	14:10	11E
18	Ward	Sept. 23– Oct. 7, 1992	95	24	12N	167W	25	29118	9:34	1E
19	Aviona	Sept. 25- Oct. 1,	65	24	4S	84E	15	29114	3:33	7E
		1992						29122	16:37	7W

Имена тайфунов и их положение при измерении со спутника Космос-1809

Положение тайфунов и их характеристики взяты с сайтов: Объединенного центра предупреждения тайфунов – www.usno.navy.mil и Национального центра ураганов США – www.nhc.noaa.gov. Одна из характеристик тайфунов – скорость поверхностного ветра приводится, как принято в метеорологии, в узлах (морская миля в час) 1kt = 1,852 км/час. Последняя колонка – удаление ближайшей рабочей траектории спутника от центра тайфуна.

Экспериментальные результаты

Известно, что так как общее энерговыделение в структурах тропических ураганов достигает 10²⁵ Дж, то его влияние должно простираться до магнитосферы [1,5]. Причем, неустойчивость тропического циклона обычно развивается до тропической депрессии (скорость ветра у поверхности меньше 34 kt), реже - до тропического шторма (ветер до 63 kt), и только 10% тайфунов достигает силы урагана (ветер более 64 kt). В супертайфунах ветер превышает 130 kt.

Обширная метеорологическая информация и библиография о тайфунах представлена на сайтах отделений Всемирной Метеорологической Организации. Однако там отсутствуют ионосферные данные. Ниже представлены экспериментальные результаты, полученные со спутника Космос-1809 над различными ураганами на разной стадии их развития.

Так как спутник Космос-1809 был солнечно синхронизирован, то все близкие витки проходят при одинаковой освещенности ионосферы. Представленные ниже данные (рис.1) соответствуют временам ночной интенсификации супертайфуна Harry и резкому ослаблению урагана Kirrily. Наложение на график данных за двое суток позволяет продемонстрировать характерное воздействие тайфунов на ионосферу.



Рис. 1. Плотность ночной плазмы (LT=00:30) вдоль траектории спутника 11.02.1989 г. - сплошные линии и 10.02.89 г. – пунктирные линии (смещены на 6 W). Положение ураганов Harry и Kirrily отмечены звездочками.

В неосвещенной ночной экваториальной ионосфере распределение плазмы без дополнительных источников симметрично относительно геомагнитного экватора (на рисунке штриховая линия). Здесь же можно выделить следующие особенности:

1. В зените над тайфуном Harry, с учетом суточного смещения тайфуна, наблюдается увеличение плотности электронов Ne в ~1.5 раза относительно среднего уровня в области шириной ~100 км и протяженностью на запад свыше 500 км.

2. Широкий максимум в распределении плазмы на витках №3 (одинаковый 10 и 11 февраля) смещен относительно геомагнитного экватора к югу и его величина на порядок больше, чем на предыдущих витках, что, по-видимому, указывает на восточный вынос плазмы, генерируемой над тайфуном.

3. Дополнительное, симметричное геомагнитному экватору увеличение Ne на меридианах 20-80 градусов на следующий день 11 февраля после интенсификации тайфуна Harry 10 февраля, скорее всего, связано с дополнительным поступлением нейтральной компоненты над тайфуном и ее западным переносом. Плазменная компонента пропорциональна плотности нейтралов.

4. Рост Ne к югу от экватора меняется на разных витках, что связано с магнитным склонением. Разная интенсивность рассеянного солнечного освещения силовых трубок приводит к росту плотности плазмы при приближении к полярному терминатору. Более быстрое охлаждение электронов на внутренних L-оболочках, компенсируется увеличением **Ne** к геомагнитному экватору, так что электронное давление сохраняется. При удалении от терминатора, в первом приближении, наблюдается линейный спад электронного давления, как показано на рис. 2.

Больше информации о физике явлений в ионосфере над тайфуном дает сопоставление данных всех научных приборов спутника. На рис. 2 последовательно приведены данные приборов ИЗ-2, КМ-9; рассчитанное по формуле *P* **= NekT** давление электронного газа, где *k* – постоянная Больцмана; горизонтальная компонента *E* прибора ДЭП; несколько узкополосных каналов электрического поля прибора АНЧ-2МЕ.



SATELLITE COSMOS-1809 DATE: 10.02.1989

Рис. 2. Параметры плазмы на трех последовательных витках в окрестности урагана Harry при его интенсификации. Прохождение широты урагана отмечено стрелкой.

Информация, представленная на этом рисунке, дополняет приведенные выше выводы и позволяет сделать следующие новые утверждения:

5. Поведение электрического поля *Ey* над тайфуном на витке 10860 может быть объяснено восходящим потоком нейтральной атмосферы, увлекающим вследствие столкновений ионы вверх, а квазинейтральность плазмы поддерживается продольной подвижностью электронов вдоль магнитного поля. Начало роста *Ey* отвечает силовой трубке, опирающейся на E-слой над тайфуном. Тонкая структура пика в зените над тайфуном, указывает на то, что струя ионов останавливается на высоте ~1500 км.

6. Совместный анализ *Ex* и *Ey* компонент подтверждает вывод №2 о восточном дрейфе плазмы.

7. Аномальная грозовая активность наблюдается на восточной и западной периферии тайфуна (витки 10859 и 10861). Резкие всплески в каналах Е4600 Гц и Е450 Гц возникают из-за неканализированных вистлеров.

8. Отражение вистлеров в ночной магнитосфере на высотах 2000-3000 км, где в плазме преобладает водород, по-видимому, создает вблизи его циклотронной частоты электростатическую турбулентность, которая простирается до высоты спутника. Увеличение амплитуды сигнала отмечается в канале E450 Гц, где наблюдается широкий аномальный пик

интенсивности. В дневной ионосфере картина в данном канале симметрична относительно геомагнитного экватора и имеет свои специфичные особенности [1].

9. Дополнительные каналы прибора ИЗ-2 с тонкой структурой флуктуаций **Д№**, которые приводятся только в статье [1], показывают, что в широкой области ≥1000 км над тайфуном наблюдается ленгмюровская турбулентность, достигающая 10%. Данная аномалия отражается в шумовом уровне на электронной части ветви вистлеров, которая регистрируется в канале Е15000 Гц.

10.Об изменении ионного состава плазмы над тайфуном можно судить по асимметрии шумов вблизи нижней гибридной частоты в канале Е4600 Гц в северном и южном полушариях.



Ниже представлен уникальный случай наблюдения со спутника Космос-1809 в один день 24 августа 1992 г. одиннадцати тайфунов.

Рис. 3. Карта плотности плазмы в вечернем секторе (LT = 21:30). Тайфуны указаны.

220

260

340

300

180

60

60

100

140

Первый нисходящий виток №1 на рис.3 соответствует орбите 29113, а первый восходящий виток на рис.4 окончанию орбиты 29113 и началу орбиты 29114. В вечернем секторе, начиная с широты 45N и ниже солнечная тень была выше спутника. Вершины магнитных силовых трубок при L < 1,8 были в тени.

Указанные на картах тайфуны, за исключением Bonnie, в Атлантике и восточной части Тихого океана возникли из тропических волн, стартовавших из Африки с 31 августа по 8 сентября. Тайфуны в Индийском океане и западной части Тихого океана сформировались из муссонного желоба.



Рис. 4. Карта плотности плазмы в утреннем секторе (LT = 09:30). Тайфуны указаны.

Анализ представленных на этой странице результатов и траекторий движения тайфунов позволяет прийти к следующим выводам:

11. Смещение максимума **Ne** в северном полушарии с меридиана 230E за 10 часов на меридиан 270E может быть кажущимся из-за ослабления тайфуна Tina и усиления тайфуна Charley, что подтверждает большое влияние тайфунов на параметры ионосферы.

12. Положение экваториального глобального ионосферного максимума **Ne** в южном полушарии на меридиане 80-90Е заметно не меняется в течение 12 часов.

13. За день до интенсификации тайфуна Aviona в его окрестности наблюдается формирование локализованных каверн в плотности плазмы с характерным размером ~200 км и падением плотности на 40%, что, по-видимому, способствует переходу тропической депрессии в состояние урагана.

14. В этот день все тайфуны резко изменили траектории своего движения, за исключением тайфуна Roslyn, что указывает на то, что и ионосфера влияет на динамику тайфунов.

Возникновение плазменных каверн над зарождающимися тайфунами





Параметры ночной плазмы над зарождающимся тайфуном Firinga (LT = 02:50)



Рис. 6. Параметры плазмы ночной ионосферы (LT 02:46) на трех последовательных витках в окрестности тайфунов Edme (20S, 80E) и Firinga (11S, 62E).

Влияние супертайфунов Page и Owen на ночную экваториальную тропическую аномалию ионосферы фрагментарно показано на рис. 7.



Рис. 7. Динамика параметров плазмы вдоль отдельных витков спутника Космос-1809 в утреннем секторе (LT ≈ 7:00) при развитии тайфунов Раде и Owen.

Спутник Космос-1809 проводил мониторинг состояния ионосферы 21, 27-28 ноября и 3 декабря 1990 г., когда супертайфуны Раде и Оwen входили в активную фазу и начинали разрушаться. Траектория спутника в эти дни пересекала экватор в утреннем секторе (LT ≈ 7:00) и вечернем секторе (LT ≈ 19:00). Поведение параметров ионосферы было не обычным, и детальное рассмотрение требует отдельного изложения. Отметим, что в этот период также выделялось воздействие на ионосферу мощных техногенных источников, таких как подземный ядерный взрыв 21.11.90 г. и релаксационные процессы после серии испытаний на полигонах Муруруа и Невада [6].

На представленных рисунках 5-7 можно выделить следующие элементы:

15. Каверны плотности имеют внутреннюю более мелкомасштабную структуру в **Д***Ne* и часто заполнены КНЧ электростатическими колебаниями на частоте Е140 Гц.

16. Ночная экваториальная тропическая аномалия ионосферы регистрировалась как в утреннем, так и в ночном секторах. Поведение ее в северном и южном полушарии отличается, широтное распределение связано с положением тайфунов Page, Owen и Sina.

Выводы

- 1. Развитие тайфунов существенно меняет параметры экваториальной ионосферы.
- Восходящая струя нейтральной атмосферы в «глазе» супертайфуна достигает ночью высот ~ 1000 км, что приводит к увеличению концентрации электронов.
- 3. Динамические процессы в структурах тайфунов вызывают в ночной ионосфере значительное увеличение плотности плазмы, дрейфующей на восток.
- 4. В отдельных случаях в верхней ионосфере над областями тропических штормов до перехода в стадию урагана наблюдалось формирование каверны плотности плазмы

5. Измерения на ИСЗ указывают на нерегулярные резкие изменения спектров ОНЧколебаний в широких областях над зонами тайфунов, что можно связать с воздействием внутренних АГВ.

Литература:

- 1. Is a e v, N. V., V. M. Kostin, G. G. Belyaev, O. Ya. Ovcharenko, and E. P. Trushkina. Disturbances of the Topside Ionosphere Caused by Typhoons // Geomagn. Aeron. V. 50, No. 2, pp. 243-254, 2010.
- 2. К о м р а к о в, Г. П., В. П. И в а н о в, И. В. П о п к о в, В. Н. Т ю к и н. Измерение электронной концентрации ионосферы методом высокочастотного импедансного зонда // Космич. исслед. Т. 8. № 2. С. 278-283. 1970.
- 3. Воробьев, О. В., В. В. Коробовкин, Ю. М. Михайлов, В. Б. Рожков, Я. П. Соболев. Приемная аппаратура для регистрации естественных низкочастотных сигналов и шумов // Аппаратура для исследования внешней ионосферы / Под ред. Г.В. Васильева и Ю.В. Кушнеревсого. М.: ИЗМИРАН. С. 136-142. 1980.
- 4. А ф о н и н, В. В., Г. Л. Г д а л е в и ч, К. И. Г р и н г а у з и др. Исследование ионосферы, проведенные при помощи спутника «Интекосмос-2». III. Измерение электронной температуры в ионосфере методом высокочастотного зонда // Космич. исслед. Т. 11. № 2. С. 254-266. 1973.
- 5. Голицын, Г. С. Ураганы, полярные и тропические, их энергия и размеры, количественный критерий возникновения // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. Т. 44. № 5. С. 579-590. 2008.
- 6. Беляев, Г.Г., В. М. Костин, О.Я. Овчаренко, Е.П. Трушкина. Вариации параметров плазмы верхней ионосферы после подземных ядерных испытаний // Солнечно-земные связи и предвестники землетрясений: V международная конференция. Петропавловск-Камчатский: ИКИР ДВО РАН. С.342-348. 2010.

PECULIARITIES OF AURORAL EMISSIONS DURING SUBSTORMS

Veneta Guineva¹, Irina Despirak², Rolf Werner¹, Espen Trøndsen³

¹ Space and Solar-Terrestrial Research Institute, BAS, Stara Zagora Department, Stara Zagora, Bulgaria ²Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia ³University of Oslo, Department of Physics, Oslo, Norway e-mail: v_guineva@yahoo.com

Key words: aurora emissions, substorms, auroral bulge, solar wind high-speed streams.

Abstract: The auroral emissions 5577Å and 6300Å and their intensity ratio I₆₃₀₀/I₅₅₇₇ during substorms have been examined. The development of the substorm bulge is studied by the behaviour of the emissions during the substorm movement towards North. Estimations about the nature of the particle precipitation spectra at the polar edge of the auroral bulge and inside it have been obtained. For the study, measurement data from the All-Sky Imagers at Andøya Rocket Range (ARR), Andenes, Norway (69.3°N, 16.03°E) and at the Auroral Observatory, Longyearbyen, Svalbard (78.20°N, 15.83°E) taken during the 2005-2006 observational season have been used.

Additional data including the solar wind parameters, IMF, the precipitating particles and the magnetic field are used from the WIND satellite and the IMAGE magnetometer network to determine the interplanetary conditions and the substorm development.

It is found out that the intensity emissions ratio is lower at the polar edge of the auroral bulge than inside it, which goes to show that the most energetic particle precipitation occurs at the polar edge of the substorm bulge.

ОСОБЕННОСТИ АВРОРАЛЬНЫХ ЭМИССИЙ ВО ВРЕМЯ СУББУРЬ

Венета Гинева¹, Ирина Дэспирак², Рольф Вернер¹, Еспен Трьондсен³

¹Институт космических и солнечно-земных исследований, БАН, Филиаль Стара Загора ²Полярний Геофизический Институт, Апатити, Россия ³Университет Осла, Кафедра Физики, Осло, Норвегия е-мейл: v_quineva@yahoo.com

Ключевые слова: авроральные эмиссии, суббури, авроральная выпуклость, высокоскоростные потоки солнечного ветра.

Резюме: Исследовались авроральные эмиссии 5577Å и 6300Å полярных сияний и отношение интенсивностей *I*₆₃₀₀/*I*₅₅₇₇ этих эмиссий во время суббурь. Получены оценки характера спектра высыпающихся частиц на полярном краю авроральной выпуклости и внутри выпуклости. Для исследований были использованы данные измерений all-sky камер в Анденесе, Ракетный Центр Андоя, Норвегия (69.3°N, 16.03°E), и Авроральной Обсерватории в Лонгербьене, Шпицберген (78.20°N, 15.83°E), сделанные в ходе сезона наблюдений 2005-2006 г.

С целью определения межпланетных условий и контроля развития суббури были использованы дополнительные данные со спутника WIND и сети магнитометров IMAGE, в том числе, параметры солнечного ветра, межпланетного магнитного поля и магнитного поля Земли.

Было показано, что значения отношения интенсивностей эмиссий I₆₃₀₀/I₅₅₇₇ меньше на полярном краю авроральной выпуклости, чем внутри нее. Это свидетельствует о том, что, высыпание наиболее энергичных частиц происходит на полярном краю авроральной выпуклости.

Introduction

Auroral observations have always played a fundamental role for the study of the solar windmagnetosphere-ionosphere interaction during magnetic substorms. The auroral emissions behaviour during substorms is the result of a chain of subsequent phenomena connected to energy releases and changes in the near-Earth magnetospheric tail regions. All these phenomena, and in particular, the aurora spectral characteristics depend on the type of the solar wind flows (e.g. [1], [2]). The dynamics of auroral emissions during different types of solar wind streams was studied by several authors (e.g. [1], [2], [3]). In [1], [2] Hviuzova and Leontyev studied the emissions intensities ratio I₆₃₀₀/I₅₅₇₇ that characterizes the hardness of the precipitating electrons spectrum. On the base of a large amount of data (aurora observations at the Loparskaya Observatory during 1970-1985) the yearly means of the of aurora intensity ratio were obtained. It was shown that during magnetic clouds aurora with enhanced mean ratio between the red auroral emission (6300 Å) and the green one (5577 Å) is observed. The precipitating electrons spectrum is extended to the soft electrons region. The spectral characteristics of the aurora observed during the passage of a recurrent stream are a result of the precipitation of more energetic electrons in the atmosphere and the lack of soft precipitating electrons (with energies <1 keV) [1]. The precipitating electrons spectrum is shifted to the higher energies. Sivjee and Shen examined the auroral emissions during the solar magnetic cloud (MC) on October 18, 1995 [3]. This MC caused a strong magnetic storm (Dst~100 nT). On the base of continuous spectroscopic measurements (about 10 hours) it was shown that a difference between the normal auroras and the magnetic cloud induced ones exists. This difference appears due to the precipitations of electrons with an average energy of about 500eV, an event similar to the rare type A global red aurora.

In these papers, the aurora spectral characteristics during long time intervals (during recurrent streams lasting several days, or magnetic clouds lasting tens of hours) were examined. The subject of our paper is to investigate the dynamics of the intensities of the green 5577 Å auroral emission and the red 6300 Å one during substorms (with duration from tens of minutes to 1-1.5 hours). In particular, the emissions intensities and their ratio I_{6300}/I_{5577} inside the auroral bulge and at its polar edge are examined. We used data from simultaneous measurements of the All-Sky Imagers (ASI) at Andøya Rocket Range (station AND) and at the Auroral Observatory, Longyearbyen (station LYR). In order to observe the substorm bulge motion, observations are needed, when the substorm onset is to the South of the station, the substorm bulge develops, its polar edge passes over the station and continue to move to the North. Thus, the polar edge of the auroral bulge is observed, when auroras appears in the station zenith, and inside the bulge, when auroras moves further to the pole. AND is situated at auroral latitudes (69.3°N, 16.03°E), and the substorm onset is usually at such latitudes. If the onset is over the station, it is not possible to determine the spectral characteristics relevant to the polar edge of the auroral bulge. Nevertheless, in a lot of cases the substorm can originate at lower latitudes. The Auroral Observatory in Longvearbyen is a guite high-latitude station (78.20°N, 15.83°E), usually substorms are observed more equatorially, and the polar edge of the bulge doesn't reach and surpass the station zenith. However, substorms sometimes reach higher latitudes. Such an example is the case, described by Lester at al. [4]. Normally substorms develop or reach high latitudes during highspeed recurrent streams of the solar wind, (e.g. [5], [6], [7]). That is why we selected substorms observed during solar wind high-speed recurrent streams for our studies.

To determine the auroras emissions at the polar edge of the bulge and inside it, data from Andenes (AND) and at Longyearbyen (LYR) All-Sky Imagers measurements have been compared with plasma and solar wind magnetic field data from the WIND satellite and data from the ground-based magnetic stations from the IMAGE network.

Instrumentation

The all-sky imagers (ASI) are positioned at Andøya Rocket Range (ARR), Andenes (AND) (69.3°N, 16.03°E) and in the Auroral Observatory, Longyearbyen, Svalbard (LYR) (78.20°N, 15.83°E). Both devices are identical. The all-sky imagers have 180° field of view. The used CCD cameras are monochromatic, 512x512 pixels, with 16-bit intensity resolution and up to 10 s time resolution. They are cooled to -25°C to increase the signal-to-noise ratio. Narrow band interference filters centred at 6300Åand 5577Å are used.

The 5577 Å and 6300 Å emissions are recorded automatically with 10 s time resolution. The raw data are in counts per exposure time (sec). The raw images are accumulated in the Oslo University.

Data used and selection criteria

We used the following criteria for data selection:

1) Presence of 5577 Å and 6300 Å intensity measurements, generation of a substorm to the South of the station and its further development;

2) Presence of a high-speed stream of the solar wind – a recurrent stream (controlled by WIND satellite data);

3) Confirmation of a substorm presence at the relevant station (controlled by the IMAGE magnetometers stations chain);

4) All-sky camera observations (controlling both: the presence of aurora and development of a substorm in aurora and the weather conditions);

5) Clear sky (no clouds).

Data from the observational season 2005-2006 have been used. The measurements during 3 substorms at Andenes on 3 November 2005 and 4 substorms at Andenes and Longyearbyen on 26 January 2006 have been examined. Only 2 substorms at Andenes on 3 November 2005 and 2 substorms at Longyearbyen and 1 substorm at Andenes on 26 January 2006 satisfy our selection criteria.



substorms periods

Results

In Figure 1, the magnetic field X- and Z-components registered by IMAGE magnetometers stations chains are presented showing the substorm presence at AND and LYR for the examined cases.



Fig. 2. The first substorm on 3 November 2005 at Andenes. The upper panel shows the substorm development by chosen images of the red (up) and green (down) lines intensity taken from ASI. The arrow on the left image points to the North direction. The bottom panel presents the course of the green and red line intensities and their ratio during the auroral bulge development, observed from the station

In Figures 2 and 3, the dynamics of the red and green lines and their ratio during the substorms on 3 November 2005 at Andenes is shown. These substorms developed during the recurrent steam on 2-9 November 2005, the solar wind parameters have the following values: Vx ~ -650 km/s, Bz ~ -4 nT. The upper panels show the substorm development by chosen images of the red (up) and green (down) lines intensity taken from ASI. The edges of the raw images are cut and they are centered towards the station. Data interpolation is performed to obtain the intensities in 467x467 equidistant points. North direction is marked by an arrow in the left upper image. The black point at the images center indicates the station zenith. The movement to North of the polar edge of the auroral bulge: its approaching and its passage through the station zenith is seen by the chosen images in both figures. The bottom panels show the course of the 5577 Å, 6300 Å their emissions and ratio I₆₃₀₀/I₅₅₇₇ during the substorm development. For the emissions intensities and the corresponding ratio, data of the 5577 Å intensity



Fig. 3. Development of the second substorm on 3 November 2005 at Andenes by the all-sky imager (upper panel) and course of emissions intensities and their ratio in zenith (bottom panel)



in the station zenith and the 6300 Å intensity on the same geomagnetic line as the 5577 Å one are used. Black arrows point in the graphs to the presented moments in the images in the upper panels. The first substorm is observed from Andenes in 18:35:41 UT (Figure 2, upper panel). The polar edge of the auroral bulge reached zenith at 18:37:20 UT and passed over it (18:37:41 UT, 18:38:20 UT) moving to North. After that the bulge edge went beyond the station, the latter staying inside the auroral bulge during the substorm expansion.

The polar edae represents a band in the North part of the substorm bulge, as it was noted by Zverev and Starkov [8]. This band comprises the arc fleshed first during the substorm beginning (usually the brightest one). We defined the borders of the polar edge and of the arcs inside the substorm bulge as the mean of

the green line intensity during 2-3 hours of measurements (700-1000 values), plus one standard deviation of the mean. The minimal ratio $I_{6300}/I_{5577} = 0.031$ and the average one in the polar edge borders determined as described above, is 0.097. The average ratio $I_{6300}/I_{5577} = 0.132$ in the arcs identified in the described way inside the auroral bulge. The ratio of the average I_{6300}/I_{5577} value inside the bulge to the one at the polar edge of the auroral bulge is 1.36.

The upper panel of Figure 3 shows the second substorm development by chosen images of the red (up) and green (down) lines intensity taken from ASI. The arrow on the upper left image points to the North direction. The second studied substorm is observed in

Fig. 4. A substorm at Longyerbyen on 26 January 2006. The upper panel shows the auroral bulge dynamics, expressed in the images of the 6300 Å and 5577 Å emission intensity recorded by ASI. The development of the emissions and their ratio in zenith is presented in the bottom panel

22:16:41 UT, the polar edge of the auroral bulge came to zenith in 22:17:11, and crossed zenith (22:17:21 UT, 22:17:50 UT) (Figure 3, upper panel, 5577Å intensity images). After that the station stayed inside the auroral bulge. The bottom panel presents the course of the green and red line intensities and their ratio during the auroral bulge development, observed in the station zenith. The minimal ratio $I_{6300}/I_{5577} = 0.029$ and the average one at the polar edge of the auroral bulge is 0.109. The average $I_{6300}/I_{5577} = 0.148$ in the arcs inside the bulge. The ratio of the average I_{6300}/I_{5577} value inside the bulge to the one at its polar edge is 1.36.

The examined substorms on 26 January 2006 are associated with RS on 23-29 January 2006, when Vx ~ -600 km/s; -650 km/s, Bz ~ -8 nT.

The substorms at Longyearbyen are examples of substorm observation at high latitudes (LAT=78.2°N) during a recurrent stream of the solar wind. The first substorm (not presented in the figures) is observed from Longyearbyen at 17:17:21 UT, the polar edge of the auroral bulge reached the station zenith at 17:25:41 UT, further the zenith was inside the bulge. At the polar edge of the auroral bulge the minimal $I_{6300}/I_{5577} = 0.336$ and the average ratio is 0.438. The average ratio inside the bulge is $I_{6300}/I_{5577} = 0.65$. The ratio of the average I_{6300}/I_{5577} value inside the bulge to the one at the polar edge of the auroral bulge is 1.48.

The development of the second substorm on 26 January 2006 at Longyearbyen is presented in Figure 4. In the upper panel, images of the 6300 Å (up) and 5577 Å (down) showing the development of the auroral bulge are presented. The black point indicates the station zenith. The bottom panel shows the course of the 5577 Å, 6300 Å emissions and their ratio I_{6300}/I_{5577} during the substorm development. For the emissions intensities and the corresponding ratio, data of the 5577 Å intensity in the station zenith and the 6300 Å intensity on the same geomagnetic line as the 5577 Å one are used. Black arrows point in the graphs to the moments presented in the images in the upper panel.

The substorm is seen from the station in 21:02:40 UT. The polar edge of the auroral bulge reached zenith in 21:18:10 UT and was observed over zenith in 21:21:11 UT. The minimal value $I_{6300}/I_{5577} = 0.094$ and the average one at the polar edge of the auroral bulge is 0.152. The average value in the arcs inside the bulge is $I_{6300}/I_{5577} = 0.208$. The ratio of the average I_{6300}/I_{5577} value inside the bulge to the one at the polar edge of the auroral bulge is 1.37.



Fig. 5. A substorm development at Andenes on 26 January 2006, observed by the 6300Å (up) and 5577Å (down) images (upper panel) and the emissions intensities and their ratio in zenith during the same time period (bottom panel)

A substorm development on 26 January 2006 at Andenes is shown in Figure 5. The substorm is observed from the station in 22:57:50, the polar edge of the auroral bulge reaches zenith in 22:59:21 UT, in 23:04:51 UT the station is inside the suroral bulge (images in the panel of Figure 5). upper The corresponding course of the emissions and their ratio in zenith are presented in the bottom panel of Figure 5. The minimal value $I_{6300}/I_{5577} = 0.073$, the average one in the polar edge of the auroral bulge is 0.127 and in the arcs inside the bulge is 0. 197. The ratio of the average I_{6300}/I_{5577} value inside the bulge to the one in the polar edge of the auroral bulge is 1.55.

The emissions characteristics during substorm development concerning the examined cases are summarized in Table 1.

Discussion and conclusions

The emissions intensities ratio I_{6300}/I_{5577} characterizes the hardness of the precipitating electrons spectrum [9]. We used this parameter to make a rough estimate of the electrons energy in the auroral arcs, observed in different parts of the auroral bulge – at the polar edge of the bulge and inside it. During the appearance of the substorm aurora near zenith, i.e. at the polar edge of the auroral

N⁰	Station	Date	Onset (B)	Min (B)	Seen from	In zenith	Ratio edge min/time	Ratio edge mean	Bulge arcs mean	Mean ratio bulge to edge
1	AND	3.11.05	18:35	19:54	18:35:41	18:37:20	0.031 18:37:30	0.097	0.132	1.36
2	AND	3.11.05	22:13	22:40	22:16:41	22:17:11	0.029 22:17:21	0.109	0.148	1.36
3	AND	26.01.06	22:58	23:05	22:57:11	22:58:10	0.073 22:59:20	0.127	0.197	1.55
4	LYR	26.01.06	17:15	17:30	17:17:21	17:25:41	0.336 17:26:00	0.438	0.65	1.48
5	LYR	26.01.06	21:05	21:28	21:02:40	21:18:10	0.094 21:18:10	0.152	0.208	1.37

Table 1. Basic emissions characteristics during substorm development, obtained for the examined cases

bulge, the green line intensity sharply increased and the emissions intensities ratio I_{6300}/I_{5577} in all examined cases reached a minimum, thus testifying for the precipitation of more energetic electrons. Therefore, the precipitation of the most energetic electrons takes place at the polar edge of the auroral bulge.

The development of 5 substorms at Andenes and Longyearbyen by auroral emissions measurements has been studied. The minimum in the $I_{6300\AA}/I_{5577\AA}$ ratio testifies for the most energetic electrons precipitated over the polar edge of the auroral bulge. It is obtained, that the average ratio $I_{6300\AA}/I_{5577\AA}$ is about 1.35 to 1.6 times lower at the polar edge, that inside the auroral bulge.

Acknowledgements

Data access has been provided under the Project "ALOMAR eARI" (RITA-CT-2003-506208), Andenes, Norway. This Project received research funding from the European Community's 6th Framework Program.

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 STIL-BAS under the program for fundamental space research between RAS and BAS.

The work was supported by the Presidium of the Russian Academy of Sciences (RAS) through the basic research programme "Solar activity and physical processes in the Sun-Earth system" and by the Division of Physical Sciences of RAS through the Programme "Plasma processes in the solar system".

References:

- 1. H v i u z o v a, T. A., S. V. L e o n t y e v. Characteristics of aurora spectra connected with high-speed streams from coronal holes. Geomagnetism and Aeronomy, 37, pp.155-159, 1997
- 2. H v i u z o v a, T. A., S. V. L e o n t i e v. Characteristics of aurora spectra connected with non-stationary solar wind streams. Geomagnetism and Aeronomy, 41, pp.337-341, 2001
- 3. S i v j e e, G. G., D. S h e n. Auroral optical emissions during the solar magnetic cloud event of October 1995. J. Geophys. Res., 102, pp.7431-7437, 1997
- 4. Lester, M., S. E. Milan, V. Bester, R. Smlth. A case study of HR radar spectra and 630.0 nm auroral emission in the pre-midnight sector. Ann. Geophys., 19,3, pp.327-339,2001
- 5. S e r g e e v, V. A., A. G. Y a k h n i n, N. P. D m i t r i e v a. Substorm in the polar cap the effect of high-velocity streams of the solar wind. Geomagnetism and Aeronomy, 19, pp.1121-1122, 1979
- 6. D m i t r i e v a, N. P., V. A. S e r g e e v. The appearance of an auroral electrojet at polar cap latitudes: The characteristics of the phenomenon and the possibility of its use in predicting large-scale high-speed solar wind streams. Magnitosfernye Issledovaniia, 3, pp.58-66, 1984
- 7. D e s p i r a k, I. V., A. A. L u b c h i c h, H. K. B i e r n a t, A. G. Y a h n i n. Poleward expansion of the westward electrojet depending on the solar wind and IMF parameters. Geomagnetism and Aeronomy, 48, pp.284-292, 2008
- Z v e r e v, V. L., and G. V. S t a r k o v. Dynamic of polar boundary of aurora oval in process of auroral substorm development. in: Sbornik Antarktika, The USSR Academy of Sciences, Nauka, Moskva, 11, pp.29-40, 1972
- 9. R e e s, M. H., D. L u c k e y. Auroral electron energy derived from ratio of spectroscopic emissions. I Model computations. J. Geophys. Res., 79, pp.5181-5185, 1974

НЕЛИНЕЙНИ ЯВЛЕНИЯ ПРИ КОЛЕБАНИЕТО НА ЕКВАТОРИАЛЕН СПЪТНИК

Костадин Шейретски, Деян Гочев, Пламен Тренчев

Резюме: Разглежда се екваториален спътник като твърдо тяло. Анализирано е влиянието на сплеснатостта на планетата върху колебанията на спътника. Изведени са уравненията на движението в най-обща форма. Аналитично са изследвани резонансите при отчитане на нелинейността на системата.

1. Уравнения на движението

Разглеждаме екваториалния спътник като твърдо тяло. Анализираме влиянието на сплеснатостта на планетата върху колебанията на спътника.

Определяме положението на центъра на масите O' посредством полярни координати R, φ , с център на к.с. O съвпадащ със силовия център, а положението на една от централните оси на инерция на тялото спрямо радиусвектора отбелязваме с ъгъл Θ

Уравнението на въртеливото движение в случая на екваториална орбита е

(1)
$$B\frac{d}{dt}\left(\Theta + \phi\right) + \frac{\mu}{R^3}\left(A - C\right)\left[3 + 5\frac{3\alpha}{kR^2}\right]\sin\Theta\cos\Theta = 0.$$

С точки са означени производните на величините по времето

В общият случай се отчита и връзката между колебателното (ротационното) движение и орбиталното движение. Изразът за разстоянието от спътника до централното тяло има вида.

(2)
$$R = R_0 \sqrt{1 - \frac{B}{MR_0^2} (1 + n_0 \theta')}, R_0 = \sqrt{\frac{L}{M\phi^2}}, \text{ където } n_0 = \sqrt{1 - \frac{6\alpha}{kp^2}} \text{ и } \frac{km}{L^2} \equiv \frac{1}{p}$$
 (връзка

между константи дефинирани по-нататък в уравнение (3))

Производната по ъгъл $V \equiv n_0 \varphi$ е означена отново с щрих. Трансформираме уравнението (1) така, че да го преведем към новата независима променлива V. След несложни изчисления се достига до израза

Γ

٦

$$\frac{p}{R_{0}(\nu)}\theta'' - 2p\frac{R_{0}'(\nu)}{R_{0}^{2}(\nu)}\theta' + \frac{(A-C)}{2Bn_{0}^{2}\left[1 - \frac{B}{MR_{0}^{2}}(1+n_{0}\theta')\right]^{\frac{3}{2}}}\left[3 + \frac{5p^{2}}{2R_{0}^{2}(\nu)\left[1 - \frac{B}{MR_{0}^{2}}(1+n_{0}\theta')\right]}\left(1-n_{0}^{2}\right)\right]\sin 2\theta = \frac{2p}{n_{0}}\frac{R_{0}'(\nu)}{R_{0}^{2}(\nu)},$$

изразявам разстоянието до силовия център R_0 като функция на полярния ъгъл φ в уравнението за запазване на енергията в непертурбираната задача:

(3)
$$\frac{1}{2} \frac{L^2}{mR_0^4} \left[\left(\frac{dR_0}{d\varphi} \right)^2 + R_0^2 \right] - \frac{k}{R_0} - \frac{\alpha}{R_0^3} = E.$$

Като се използват асимпротични методи за решаване, се достига до израза:

(4)
$$R_{0}(\nu) = \frac{p}{1 + \frac{3\alpha}{kp^{2}} + \frac{18\alpha^{2}}{p^{4}k^{2}} + e\cos\nu + \frac{\alpha e^{2}}{2kp^{2}}\cos 2\nu - \frac{3\alpha}{kp^{2}}\frac{e^{2}}{2} + \dots}$$

В $R(\nu)$ се подбират необходимият брой членове, в зависимост от приближението, в което се разглежда задачата. Ограничаваме задачата до случая, когато връзката между орбиталния и ротационния моменти може да се пренебрегне $(R = R_0)$. Приближението, което избираме по малките параметри, е до вторите степени включително. Тогава уравнението добива формата

(5)
$$n_0 (1 + e n_0 \cos \nu) \theta'' - 2e n_0^2 \sin \nu \theta' + \frac{(A - C)}{2B} \left[3 + \frac{5(1 - n_0^2)}{2n_0^2} (1 + n_0 e \cos \nu)^2 \right] \sin 2\theta = 2e n_0 \sin \nu .$$

Разглеждаме малки стойности на колебанията на спътника. Въвеждаме нова променлива z свързана с θ чрез съотношението

(6)
$$z = \frac{p}{R}\theta$$
.

Диференцираме по ъгъл V и заместваме в уравнение (5)

(7)
$$z'' + \left\{ \frac{3(A-C)R}{n_0^2 Bp} \left[1 + \frac{5p^2}{6R^2(\nu)} \left(1 - n_0^2 \right) \right] - \frac{2R'^2(\nu)}{R^2(\nu)} + \frac{R''(\nu)}{R(\nu)} \right\} z = 2p \frac{R'(\nu)}{n_0 R^2(\nu)} z = 2p \frac{R'(\nu)}{n_0 R^2(\nu)} z = 2p \frac{R'(\nu)}{R(\nu)} z = 2p \frac{R'(\nu)}{R(\nu)$$

В случая, когато се вземат под внимание само първите степени по малките параметри се стига до уравнение от типа на Хил $\gamma(A C)$

(8)
$$z'' + \frac{\frac{3(A-C)}{Bn_0} + n_0 e \cos v}{1 + n_0 e \cos v} z = \frac{2e}{n_0} \sin v.$$

За да определим приближено колебанията, съобразяваме, че уравнение (8) може да се запише по следният начин до точността с която работим

(9)
$$z'' + \sigma^2 z = \frac{2e}{n_0} \sin v$$
,
 $3(A - C)$

където $\varpi^2 = \frac{3(A-C)}{2Bn_0}$.

Ако пренебрегнем втория член в дясната страна на (9), можем веднага да получим принудените колебания във вида

(10)
$$z = \frac{2e}{n_0(\varpi^2 - 1)} \sin \nu$$
.

От уравнение (10) следва, че резонанс настъпва когато $\frac{3(A-C)}{B} \approx n_0$, ако не отчитаме сплеснатостта на планетата се достига до познатият ни резултат $\frac{3(A-C)}{B} \approx 1$.

Разглеждаме уравнението на Ойлер (1). Въвеждаме променливата

$$\psi \equiv \varphi + \theta - \omega$$
,
където $\omega \equiv \frac{3\alpha}{kp^2} M$.

Заместваме в уравнението, като използваме и формулата за зависимостта на полярния ъгъл от времето. В резултат получаваме израза

$$\frac{d^{2}\psi}{dM^{2}} + \Omega^{2}n_{0}\left\{\sin 2(\psi - M) + \left(\frac{3}{2}n_{0} - 2\right)e\sin(2\psi - M) + \left(\frac{3}{2}n_{0} + 2\right)e\sin(2\psi - 3M)\right\} + \Omega^{2}\frac{5(1 - n_{0}^{2})}{6n_{0}}\left\{\sin 2(\psi - M) + \left(\frac{5}{2}n_{0} - 2\right)e\sin(2\psi - M) + \left(\frac{5}{2}n_{0} + 2\right)e\sin(2\psi - 3M)\right\} + \Omega^{2}e^{2}\left\{-\frac{5}{2}\sin 2(\psi - M) + \frac{17}{2}\sin(2\psi - 4M) + \right\} + O(\alpha e^{2}) = 0, \Omega^{2} = \frac{3(A - C)}{2Bn_{0}^{2}}.$$

2. Резонансни движения

За да разгледаме резонансната динамика на екваториален спътник, ще използваме методът на осредняването. Разглеждаме уравнение (11). Въвеждаме променливата

(12)
$$\frac{d\psi}{dM} = \frac{k}{2} + \frac{d\delta}{dM}$$
, където $k \in \mathbb{Z}$, $|\delta| \ll 1$.

Извършваме осредняване по "бързата" променлива М и достигаме до уравнение на махалото

(13)
$$\frac{d^2 2\delta}{dM^2} + 2\Omega^2 F_k(e,n)\sin 2\delta = 0.$$

В случаите, когато $\Omega^2 > 0$ и F(e,n) > 0, или $\Omega^2 < 0$, F(e,n) < 0, уравнението (13) има устойчиви положения на равновесие $\delta = l\pi, l \in Z$. Конкретните стойности за F(e,n), съответстващи на определен тип резонанс (без да се разглеждат обратни движения), са:

$$F_{1}(e,n) = n_{0}e\left(\frac{3}{2}n_{0}-2\right) + e\frac{5\left(1-n_{0}^{2}\right)}{6n_{0}}\left(\frac{5}{2}n_{0}-2\right) + \dots,$$
(14)
$$F_{2}(e,n) = n_{0} + \frac{5\left(1-n_{0}^{2}\right)}{6n_{0}} - \frac{5}{2}e^{2} + \dots$$

$$F_{3}(e,n) = n_{0}e\left(\frac{3}{2}n_{0}+2\right) + e\frac{5\left(1-n_{0}^{2}\right)}{6n_{0}}\left(\frac{5}{2}n_{0}+2\right) + \dots,$$

$$F_{4}(e,n) = \frac{17e^{2}}{2} + \dots$$

Уравнението (13) има следния интеграл

(15)
$$\frac{1}{2} \left(\frac{d\delta}{dM} \right)^2 + \Omega^2 F_k(e, n) \sin 2\delta = K = const.$$

От интеграла на движението (15) лесно се съобразява, че полуширината на резонансните зони се определя от формулата

(16)
$$\Delta = \sqrt{2\Omega^2 F_k(e,n)}.$$

От представените резултати е ясно, че при стойности на k по-малки от 5 (играещи найсъществена роля), устойчивостта на резонансите е в аналогия с резултатите получени без отчитане на сплеснатостта на централното тяло, но има съществени различия в полуширините на резонансите.

Параметричен резонанс настъпва, когато коефициентът пред синусовата функция е приблизително равен на $\frac{1}{4}$. Търсим първата хармоника на колебанията в областта на параметричният резонанс на уравнение (13) във вида

(17)
$$2\theta = a\cos\left(\frac{n_0}{2}\varphi + \varphi_0\right).$$

Като заместим в уравнението и приравним коефициентите пред еднаквите хармоници, се получават два случая

(18)
$$\sin \varphi_0 = 0$$
, $3\frac{A-C}{B} \equiv \Omega^2 = n_0^2 a \frac{\frac{1}{4} + \frac{3\alpha}{4kp^2} - \frac{3}{8}e}{2J_1(a)\left(1 + \frac{5\alpha}{kp^2}\right)};$
 $\frac{1}{2} + \frac{3\alpha}{4kp^2} + \frac{3}{8}e$

(19)
$$\cos \varphi_0 = 0, \ \Omega^2 = n_0^2 a \frac{4 + 4kp^2 + 8}{2J_1(a) \left(1 + \frac{5\alpha}{kp^2}\right)},$$

където $J_1(a)$ е беселова функция от първи род. Амплитудата еднозначно се определя в областта

(20)
$$\frac{1}{4} + \frac{3\alpha}{4kp^2} - \frac{3}{8}e \le \Omega^2 \le \frac{1}{4} + \frac{3\alpha}{4kp^2} + \frac{3}{8}e$$

От формулата става ясно, че резонансният интервал има големина равна на тази без отчитане на сплеснатостта на планетата. Разликата е, че е изместен надясно по числовата ос.

3. Заключение

Като се отчита формата на спътника и са изведени уравненията на колебателното (въртеливото) движение. Разгледани са аналитично получаващите се принудени колебания на спътника в нерезонансен и резонансен режим.

Направеният анализ до тук се базира на ограниченото разглеждане на поставените задачи, без отчитане на връзката между орбиталното и колебателното движение. Когато тялото се движи в нютоново централно поле на силите и не се разглежда като материална точка, а като твърдо тяло с краен размер, тогава строго погледнато постъпателното и въртеливото движение са свързани. Като следствие центърът на масите се движи не по кеплерова орбита.

Литература:

- 1. Б е л е ц к и й, В. В. Движение искусственого спутника относительно центра масс. Москва, Наука, 1965. 2. Б е л е ц к и й, В. В., О. Н. П о н о м а р е в а. Параметрический анализ устойчивисти относительного равновесия в гравитационном поле. Космические исследования, т.28, в. 5, 1990.
- 3. L i c h t e n b e r g, A. J., M. A. L i e b e r m a n. Regular and stochastic motion. Springer-Verlag New York Inc. 1983.

Session 2

Aerospace Technologies and Biotechnologies

Chairmans: Sen. Res. Boycho Boychev, Sen. Res. Tania Ivanova Secretary: Res. Fell. Zoya Hubenova

ASPECTS OF VIRTUAL PSYCHOLOGICAL HELP

Lidiya Vasileva¹, Malina Jordanova²

¹Institute for Population and Human Studies – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: lidiyavasileva@abv.bg
²Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: mjordan@bas.bg

Key words: Virtual psychological help, consumers' attitudes, long-lasting flights

Abstract: Securing psychological help during long-lasting flights is a vital condition for success. That is why, knowing in details consumers' attitude towards virtual psychology services is essential.

The presentation is focused on the results of assessing clients' attitudes toward e-psychology service with time. The first part of the survey was performed in the spring of 2006, and the second – in 2008. The study is part of Project OHN 1514/2005 funded by the National Science Fund, Bulgaria.

The objective of this study is to reveal the changes and trends in clients' attitude towards innovative virtual psychological care. The surveys involved men and women between 19 and 70 years of age, who have different opinions on the application of virtual psychological technologies. The sample is stratified by age, gender, educational level.

АСПЕКТИ НА ВИРТУАЛНАТА ПСИХОЛОГИЧНА ПОМОЩ

Лидия Василева¹, Малина Йорданова²

¹Институт за изследване на населението и човека – Българска академия на науките e-mail: lidiyavasileva@abv.bg

²Институт за космически и слънчево-земни изследвания – Българска академия на науките e-mail: mjordan@bas.bg

Ключови думи: виртуална психологична помощ, потребителски нагласи, продължителни космически полети

Резюме: Осигуряването на психологична помощ по време на дълготрайни полети е едно от жизненоважните условия за успеха. Ето защо, проучването на информацията за отношението на хората към виртуалните психологични услуги е от съществено значение.

Настоящата презентацията е фокусирана върху резултатите от проучване на нагласите на потребителите към виртуалната психологична помощ във времеви аспект. Първата част от изследването е проведена през пролетта на 2006 г., а втората - през 2008 година. Проучването е част от проект ОХН 1514/2005, финансиран от Фонд "Научни изследвания», България.

Целта на това проучване е да се проследят промените и тенденциите в отношението на потребителите към иновативните виртуални психологини услуги. В изследването участват мъже и жени между 19 и 70 години, които имат различни мнения за прилагането на виртуалните психологични технологии. Резултатите отразяват различията по отнощение на възраст, пол и образование.

Introduction

Telepsychology is closely related to the history of Internet. Discussions about utilization of the net for the needs of psychology began almost 40 years ago with the start of Internet's prototype - the project ARPANET in 1969. It was when man first went to space that the necessity for further development of telepsychology became a reality. Both Russian and USA space programs were actively working in this field at first separately and in closer cooperation after 1990s. A number of psychological issues that may affect people working in space as well as in polar settings or in isolation have been identified. To cope with these problems various virtual psychological monitoring and

support strategies were developed (Kanas et al., 2002; 2007; Johannes et al., 2008; Hoermann et al., 2008). Unfortunately, terrestrial psychology has to solve the problem with virtual psychology support in its own way, using scarcely published pieces of information.

Telepsychology, for terrestrial applications, was facilitated by the explosion of World Wide Web in 1990's. Today Internet is used to provide psychological services to people all over the world. The

utilization of information and communication technologies for online counselling and therapy is one of the most interesting and at the same time rather controversial areas of contemporary psychology.

Telepsychology is the provision of psychological services in a technologyassisted environment, including telephone, Internet media (written, voice and digital pictures) and video conferencing (Campos, 2009). The essence of telepsychology is a detailed sharing of information between a psychologist and a client aiming at creating a basic therapeutic alliance. The difference from face-to-face psychology consultation is that telepsychology contacts are performed in the virtual space despite of the fact that sessions are structured in a similar way as they are structured during face-to-face meetings.

In general, telepsychology is used when face-to-face contact with licensed psychologist is impossible due to lack of transport, long distance, extreme situations, etc. Virtual consultations are alternative, especially for people who cannot afford private consulting (as in most countries psychology support is not reimbursed by health insurance funds), or for those who are afraid to speak about their difficulties face to face to a counselor as well as for those who want quick answers. To put it briefly, thanks to the development of new information and communication technologies this service is available and is an option for rapid psychological consultations, while at the same time expands the group of potential users of psychological help.



Fig. 1. Age and gender differences (%) (a) 2006, (b) 2008, □ - women, ◊ - men and (c) changes in women's attitudes

Methodology

Two surveys, studying clients' attitudes towards virtual psychology consultations, were performed in 2006 and in 2008 as part of project OHN 1514/2005 funded by National Science Fund, Bulgaria and Bulgarian Academy of Sciences. The reason to conduct these surveys was that project's goal was to develop and offer a virtual, high quality, psychology support to people from remote areas that have no contact with licensed psychologists. When starting the project no data about attitudes of Bulgarian costumers towards virtual psychology were found.

The objectives of both surveys were to study clients' attitudes and demands when telepsychology is concerned. Total of 603 subjects, aged 18-65 yrs old, divided in 5 age groups, took part in the studies performed via Internet.

Participants took part in the studies voluntarily, anonymously and had the right to withdraw. Questionnaires adapted for web applications were applied. Questionnaires were published online at the website of Psychology-Bg.com.

Results and Discussion

Readiness to Use Telepsychology

As a first step, we were trying to find out whether potential clients are ready to use Internet as a media to receive psychological help and/or advice or prefer face-to-face contact with the expert. The results were more than promising – almost 77% of participants were ready to use virtual psychology support. The difference between 2006 and 2008 was not significant. It is important to underline that almost ³/₄ of these clients are with colleague or university education.

Clear age and gender differences were also revealed (Figure 1 a, b). Till late 20's both sexes need and look for psychological help, while after that age the interest of women gradually declines. The decline is very sharp in men in the 4th decade of life. Around the age of 50 men again start

looking for psychological support, which probably is related to the middle age crises.

Comparing the samples of women 2006 vs 2008 a clear tendency for increasing the acceptance of telepsychology service was also revealed (FIGURE 1 c). More and more women, especially after the age of 40 years are ready to use virtual psychology help. All of them are working women, with secondary or mainly high education, engaged in the offices 5 days a week. Tele-support for them is a gift "from heaven".

of

Communication



Fig. 2. Preference of communication channels (%): 2006 in grey and 2008 - black

Preference Channel

Another important question was about the preferred communication channel with licensed psychologist (Figure 2). Despite of our expectations, within 2 years period, the preference of e-mails as a main communication source dropped with 20,2%. At the same time, both Skype program and video programs gained strength. The preference of Skype had increased with 8,6%, while the amount of video supporters – with 5%. An explanation of the revealed difference in the preferable communication channel is that Skype, as a user-friendly, free of charge or a very cheap program, became more popular. In addition, it combines possibilities to use written and/or voice messages and video plus the benefit of providing storage of written communication for further analyzes. That's why users feel reluctant to use it. This result also reveals that if professionals would like new communication technologies to be accepted as unavoidable part of psychology services, more attention has to be dedicated on the advertisement and making information and communication technologies user friendly and acceptable in citizens' everyday life. This may ensure the gradual acceptance of tele- services.

Anxiety, Locus of Control and Telepsychology

Anxiety level was evaluated in 153 subjects and they were distributed in 3 groups - with low, moderate and high level of anxiety.

Data reveal that anxiety influences the attitude towards virtual psychology (Figure 3). As anxiety increases, the acceptance towards virtual psychology support is also linearly increasing. There is a statistical significant difference in the attitudes of subjects with moderate and high level of anxiety (χ 2=0.01065, p<0.05).

Clients are also changing their preference towards the way to communicate with experts with the increase of anxiety level. Low anxiety users prefer Skype program, e-mails and video communications are less preferable. As the level of anxiety increases, the preference changes towards e-mail. Perhaps this is due to the fact that emails are still considered a reflection of



Fig. 3. Anxiety level and acceptance of virtual psychology (%)

ordinary paper letters and are accepted as more structured source of communication. The Skype loses its dominating position but remains as a second choice while chat and video are far behind. Let's not forget that Skype allows saving a back-up of the contact's content with psychologist for further analyses, training and revision. Statistically significant are the differences between low and high anxiety groups for the application of all communications: e-mail/ Skype (χ 2= 0.02969, p<0.05); chat and video (χ 2=0.00415, p<0.05); as well as between groups with low and moderate level of anxiety for the communications via chat and video (χ 2=0.0025, p<0.05).

As anxiety increases clients become more fixed on details. They start looking for additional information about the consulting psychologist such as sex, age, marital status, professional information. The difference low – high anxiety group is statistically significant (χ 2=0.01065, p<0.05).

Locus of control is another characteristic that influence clients' attitude toward telepsychology. Two groups – one consisting of individuals with extreme external locus of control (ELC, N=22) and another with extreme internal locus of control (ILC, N=36) were compared. Individuals with mixed locus of control were excluded from the analyses.

Data revealed a statistically significant difference based on locus of control:

- 50% of participants with ILC and 81,8% of those with ELC are ready to use e-psychology counseling $(\chi 2=0.00194, p<0.05)$.
- Although 38,88% of clients with ILC and 13,68% of those with ELC will not run "the risk" of searching virtual psychology consultations, the difference is not significant.
- There are also differences the preferred in communication channel for contact with licensed psychologist. E-mails are preferred as main communication source by clients with ILC (52.72%). Both Skype program and video programs also gained strength. But emails are leading the



Fig. 4 (a) Percentage of clients ready to pay, (b) Amount of payment, (c) International study

statistics. There are many possible explanations – the fact that e-mails resemble so much ordinary mails; that they give the opportunity to create a text talk; many people feel that they can express themselves better in written words, etc. Let's not forget that e-mails usually do not occur in real time. This is essential for clients as it gives time to think, evaluate and compose messages in a most appropriate way. Last but not least, e-mail exchange enables the record of interactions by saving the text messages

Clients with ELC are keener to applying Skype and Chat programs as the latter give possibility to more direct and vivid, even online, interaction. Unfortunately, perhaps due to the relatively small groups, the only significant difference (χ 2= 0.00078, p<0.001) is with the Chat program.

Reimbursement

Are clients ready to pay for telepsychology help? Only 36,6% of clients are ready to pay for virtual consultations. Figure 4 presents the results. At first glance the payment may seam extremely

low but it is essential to underline that: First, there is no adequate reimbursement model for psychology consultations even via the insurance funds. Second, reimbursement of all kinds of eHealth applications, including telepsychology, is an issue to be solved in the years to come at local, national and European level. Last but not least, the attitude towards payment is not an exception. As part of another survey in 2007, 52 eHealth experts from different countries answered various questions, one of them - focusing on payment for telemedicine services. The results were similar – 80,5% agreed on payment not exceeding 20 Euro (Figure 4 c).

Personality characteristics as locus of control influenced reimbursement. 47,2% of ILC participants and 54,54% of ELC participants are ready to pay for virtual psychology support. The difference in both groups is $\chi 2=0.04214$, p<0.05. It is not surprising that ELC clients are more reluctant to offer reimbursement for distant psychology consultations / help as their believes are that their own behavior doesn't matter much and that rewards in life are generally outside of their control. In this case – it is the licensed psychologist who will control and solve their problems.

Discussion and Conclusions

It is necessary to underline that telepsychology is a great opportunity for those who need psychological help no matter where the client is situated and at what time of the day or the night he/she needs to receive psychological support. Telepsychology musters up strength but lots of advertisement is needed in order to reach potential clients.

For those that are planning to introduce virtual psychology in their practice, we would like to propose some recommendations:

- Applying personality tests priory the begging of telepsychology consultations is necessary. It is not a waste of time. The tests are rather quick and the efforts are paid off;

- Based on our experience about 34% of all requests for virtual support are during the weekend. Most of them - \sim 20% - on Sunday;

- Regarding the time of the day - the greatest activity is between 7-8 pm (7.41% of the requests), followed by the period 0-2 am, 11-12 am and 4-5 pm. Each of the last 3 time intervals is responsible for 6.48% of consultations requests.

- A seasonal activity was also observed. Spring (March, April and May) and beginning of the autumn (August, September and October) are the months characterized with the highest numbers of consultation requests.

- No need to be afraid of the wide introduction of telepsychology. Studies revealed that it is as effective as as conventional treatment when some psychology disorders as depression, panic disorder and post-traumatic stress are concerned (Lange et al., 2001; Carlbring et al., 2003; Farvolden et al., 2003). As a result of virtual treatment more than 80% of the patients reduced their symptoms and improved their health. In addition, 68% of telepsychology clients said that they had never been in therapy before contacting a therapist via the Internet (Ainsworth 2005). In other words, most of the clients of telepsychology are people for whom traditional psychology is not accessible. The reason may be a stigma, life in remote areas, etc.

- It is not news that traditional psychology serves only a part of the population who need it. Around 60% of those people who start with telepsychology lately are searching for face-to-face psychological consultations.

This paper does not answer all possible questions. Further research is needed for revealing the personality issues concerning virtual psychology counseling.

Acknowledgements

The surveys were realized with the financial support of National Science Fund, Bulgaria project OHN 1514/2005.

References:

- 1. A i n s w o r t h, M. E-Therapy: History and Survey, 2004, www.metanoia.org/imhs/history.htm#today Last visit August 22, 2010
- 2. C a m p o s, B., MAPSConvenor, APS Telephone and Internet-based Counselling and Psychology Interest Group, http://www.psychology.org.au/publication/inpsych/hitchhiker - Last visit March 7, 2010
- Carlbring, P., L. Ekselius and G. Anderson. Treatment of panic disorder: A randomized trial of CBT vs. applied relaxation. Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry, 34, pp. 129–140, 2003
- C h r o n a k i, C. E. Consumer Attitude towards eHealth in Greece, In Jordanova M., Lievens F. (Eds.) Med-e-Tel: The International Educational and Networking Forum for eHealth, Telemedicine and Health ICT, Proceedings, Luxexpo, Luxembourg, ISSN 1819-186X, pp. 324-327, 2007
- 5. Farvolden, P., C. McBride, R. M. Bagby and P. Ravitz. A web-based screening instrument for depression and anxiety disorders in primary care. Journal of Medical Internet Research, 5(3), e23, 2003
- H o e r m a n n, H-J., B. J o h a n n e s and V. S a l n i t s k i. The "Digital Friend": Aknowledge-based decision support system for space crews, Acta Astronautica, 63, pp. 848 – 854, 2008.
- Johannes, B., V. Salnitski, H. Soll., M. Rauchand H-J. Hoerman n. De-individualized psychophysiological strain assessment during a flight simulation test—Validation of a space methodology, Acta Astronautica, 63, pp. 791–799, 2008.
- Kanas, N. A., V. P. Salnitskiy, J. B. Ritsher, V. I., Gushin, D. S. Weiss, S. A. Saylor, O. P. Kozerenkoand C. R. Marmar. Psychosocial interactions during ISS missions, Acta Astronautica, 60, pp. 329–335, 2007.
- 9. Kanas, N., V. P. Salnitskiy, E. M. Grund, V. Gushin, D. S. Weiss, O. Kozerenko, A. Sled and C. R. Marmar. Lessons learned from Shuttle/Mir: psychosocial countermeasures, Aviat Space Environ Med, 73, pp. 607-11, 2002.
- 10. Lange, A., J. P. van de Ven, B. Schrieken and P. M. G. Emmelkamp. Interapy. Treatment of posttraumatic stress though the Internet: A controlled trial. Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry, 32, pp. 73–90, 2001.

THE TELEHEALTH SERVICES CODE OF PRACTICE FOR EUROPE: TELESCOPE PROJECT

Malina Jordanova¹, Frederic Lievens², Lidiya Vasileva³, Malcolm Fisk⁴

¹Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: mjordan@bas.bg ²Etabl. Lievens-Lanckman bvba, Belgium e-mail: lievens@skynet.be ³Institute for Population and Human Studies – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: lidiyavasileva@abv.bg ⁴Insight Social Research Ltd., United Kingdom

Key words: Telemedicine, European Project, COM2008:689

Abstract: To present in brief the ongoing TeleSCOPE EC project.

Submitted in May 2009 and led by the Health Design and Technology Institute (Coventry University), the TeleSCOPE project was recommended for funding by the Commission in August 2009.

At the time of the project's preparation and submission, the Bulgarian partner was the Solar-Terrestrial Influences Institute, Bulgarian Academy of Sciences. As the Space Research Institute and the Solar-Terrestrial Influences Institute merged in the summer 2010, the project partner is the newly formed Space and Solar-Terrestrial Influences Institute.

The Project started in July 2010 and will end in June 2013. Thirteen partners will combine their efforts to accomplish the project.

TeleSCOPE complies with the European Commission COM2008:689 on telemedicine for the benefit of patients, healthcare systems and society.

The primary objective of TeleSCOPE is to develop a comprehensive Code of Practice for Telehealth Services (i.e. relating to that aspect of telemedicine delivered at home and normally mediated through ICT). The project supports directly EC Action Point (in COM2008:689) to 'improve confidence in and acceptance of telemedicine'. It also contributes to the Action Points to collect 'good practice on deployment of telemedicine services' and the addressing of issues (required for the member-states) on accreditation, privacy and data protection.

КОДЕКС НА ДОБРИТЕ ТЕЛЕМЕДИЦИНСКИ ПРАКТИКИ В ЕВРОПА: ПРОЕКТЪТ TELESCOPE

Малина Йорданова, Фредерик Ливенс², Лидия Василева³, Малком Фиск⁴

¹Институт за космически и слънчево-земни изследвания – Българска академия на науките e-mail: mjordan@bas.bg ²Etabl. Lievens-Lanckman bvba, Белгия e-mail: lievens@skynet.be ³Институт за изследване на населението и човека – Българска академия на науките e-mail: lidiyavasileva@abv.bg ⁴Insight Social Research Ltd., Англия

Ключови думи: Телемедицина, Европейски проект, СОМ2008:689

Резюме: Целта е да се представи накратко проекта TeleSCOPE.

Подаден през май 2009 г. и под ръководството на Health Design and Technology Institute (Coventry University), проектът е одобрен за финансиране от страна на Комисията през август 2009 г.

По време на подготовката и подаването на проекта българският партньор е Институтът по слънчево-земни въздействия към Българска академия на науките. След обединяването на Института за космически изследвания и Института по слънчево-земни въздействия, партньор става новосформираният Институт за космически и слънчево-земни изследвания.

Проектът стартира през юли 2010 г. и ще приключи през юни 2013 година. Тринадесет партньори ще обединят усилията си за изпълнението му.

Проектът TeleSCOPE е в съответствие с документ СОМ2008: 689 на ЕК относно телемедицината в полза на пациентите, системите на здравеопазването и обществото.

Основната цел на проекта е разработването на цялостен кодекс на добрите практики в областта на електронното здраве и телемедицинските услуги. Проектът пряко подкрепя и плана на ЕК (в СОМ2008: 689), да "подобри доверието и приема на телемедицината".

Intoduction

The title of the project is *Telehealth Services Code of Practice for Europe* or shortly TeleSCOPE.

A proposal is partially funded under the European Commission (EC) *Programme of Community Action in the Field of Health.* This is EC main instrument for implementing the EU health strategy. The *Programme of Community Action in the Field of Health* focuses on improving citizens' health security; promoting health, including the reduction of health inequalities; and generating and disseminating health information and knowledge throughout the Community.

Consistency with EU policy

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) (2). 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 (EU) initiatives promoting healthy lifestyles, healthy workforce and healthy life-years, social inclusion and engagement, economic and social development, information and communication technology (ICT) 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.

TeleSCoPE contributes to a number of parameters of the EC "Together for Health" programme, but most especially to health promotion and the reduction of health inequalities; increasing healthy life years and promoting healthy ageing.

In addition, TeleSCOPE reflects:

- The dynamics of EU and global market for products and services relating to telehealth (from large devices to smaller more user friendly devices; from institution to home (and community) use; rapidly changing market for technologies and services);
- Social changes demographic and social issues (people asserting their right to choose, gain knowledge and expertise; to have greater access to services and technologies); governments changing funding frameworks - insisting on longer working life, seeking new ways to care for the neediest; emphasizing prevention, better lifestyles and self-support and
- Market growth EU market size is substantial for Remote Patient Monitoring and Treatment.

Partners

Project duration is 36 months and it will be realized with the joint efforts of thirteen partners from seven EU member states:

- Health Design and Technology Institute, Coventry University (United Kingdom) is the coordinator;
- Space and Solar-Terrestrial Research Institute (Bulgaria)
- Institute of Auxology (Italy)
- CNR ICITE Italian Institute for Construction Technologies (Italy)
- In-HAM Innovation Centre for Housing and Adaptations, NGO (Belgium)
- Work Research Centre (Ireland)
- Telecare Services Association, NGO (UK)
- MEOSZ Hungarian Federation of Disabled Persons Services, NGO (Hungary)
- NSIOS Slovenian Council of Disabled People's Organizations, NGO (Slovenia)
- Lievens-Lanckman, SME (Belgium)
- Apertech Informatics, SME (Hungary)
- MKS Electronic Systems (Slovenia)
- GE Healthcare (Hungary)

Objectives

The primary objective of TeleSCoPE is to develop a comprehensive *Code of Practice for Telehealth Services* (i.e. relating to that aspect of telemedicine delivered in the home and normally mediated through ICT.

The project relates to an understanding of telehealth services addressing five areas:

- Response and event recognition (using social alarms, fall and seizure detectors),
- Medication compliance (using pill dispensers, pagers, automated prompting),
- Care management (activity monitoring and assessing),
- Disease management (vital signs monitors),
- Health and fitness / Lifestyle (telephone and video consultations).

The context is one where telehealth is seen as facilitating delivery of health related care and support services in people's homes. It is distinct, therefore from telemedicine but carries elements that relate to telecare, telemonitoring and telenursing (fig. 1).



Fig. 1. Telehealth, Telecare and Telemedicine (Fisk 2010)

In more general terms, TeleSCoPE will, through establishing service standards, help establish relationships of trust between patients and providers and contribute to overall health and well-being. The standards will provide a quality benchmark for service regulation in EU member states. Other standards including technical (including interoperability) and information (privacy, etc.) will be referenced.

The Code has to:

- Address aspects of service delivery relating to different configurations; kinds of providers and commissioners; and user (patient) groups;
- Recognises the role of health and allied professionals (including health coaches, pharmacists, telecare staff) in the delivery of telehealth services;
- Recognises beneficiaries from older and frail people to people with chronic conditions, cognitive, physical and sensory impairments (including dementia and learning disabilities) and/or mental health problems. This range now extends to include lifestyle "challenges" arising from diabetes or obesity to drug and alcohol dependency.
- Address all issues of medication compliance.

The primary means of developing the Code will be through desk-based work, extensive research and consultations with key stakeholders (including government agencies and users (patients). Governments and appropriate agencies within all member states will be engaged with and their involvement in key fora facilitated. Detailed work with users will be more localised (in some five member states) but will involve the range of patient groups noted above.

The Code would apply to:

- Telehealth service providers that might be in the public, private or voluntary sectors;
- End users/patients;
- Commissioners;
- Manufacturers and suppliers of telehealth technologies.

The Code should promote collaboration and partnership working as the delivery of telehealth services must embrace a wide range of people and skills.

Elements of the Code

The key elements of the Code would include:

- System and service design including
 - Satisfaction of legal requirements and
 - Service accessibility
- Equipment management
- System and service sustainability including
 - o Risk management
 - Service failure
 - Service terminations / withdrawals
- Partnership working
 - The use of and management of data including consents
 - The nature of the support given to clinicians
- Making referrals
- Staff skills and training
- Service reviews
- Equal treatment
 - Environmental considerations including equipment recycling.

Currently there are no codes that help to frame the operation of telehealth services. There are, however, some guidelines and regulations that relate to the technologies. Hence a key area of rapid technology and service development is unregulated.

The main deliverable of the project is the Code of Practice for Telehealth Services itself and detailed plans to facilitate its adoption and continued development. The launch of the Code is foreseen for April 2013 at Med-e-Tel (The International eHealth, Telemedicine and Health ICT Forum for Education, Networking and Business, www.medetel.eu).

The main outcome will be adoption of the Code and its use within member states to underpin service frameworks that contribute to the well-being of EU citizens.

Acknowledgements

This project is supported by Grant No. 2009 11 11 awarded by the EC Executive Agency for Health and Consumers.

References:

- F i s k, M. Telecare and Telehealth: Social Change and Service Developments in UK and the European Union, Global Telehealth 2010 - GT2010 / 15th International Conference ISfTeH / 1st National Conference ATHS, Perth, Australia, 10-12.11.2010)
- 2. COM2008:689 eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0689:FIN:BG:PDF

РАЗШИРЯВАНЕ ХАРАКТЕРИСТИКИТЕ НА ОРАНЖЕРИЕН БЛОК ЗА ОСВЕТЛЕНИЕ НА RGB LEDs С ДОБАВЯНЕ НА UV И FR LEDs

Иван Дандолов¹, Илияна Илиева¹, Таня Иванова¹, Йордан Найденов¹, Детелин Стефанов²

¹Институт за космически и слънчево-земни изследвания – Българска академия на науките ²Институт по физиология на растенията и генетика – Българска академия на науките e-mail: dandolov@space.bas.bg

Резюме: Разработката на Блок за осветление на светодиоди (БО-LED) за дългосрочни космически експерименти с растения стана възможна благодарение на развитието на високите технологии. Разработени са два модула на БО-LED за космически оранжерии на базата на мощни и маломощни червени, зелени и сини (RGB) светодиоди с възможности за регулиране на интензитета и спектралния състав на светлината. Провеждат се лабораторни експерименти с растения за биотехнологичните им изпитания и подбор на оптимални характеристики. Използвайки последните изследвания свързани с чувствителността на растенията към различните области на спектъра, предлагаме към RGB БО-LED да бъдат добавени светодиоди, излъчващи в ултравиолетовата (UV) и далечната червена (FR) спектрални области. Това ще позволи композирането на светлина със спектър близък до този на дневната светлина и в зависимост от специфичните нужди на растенията и целите на експеримента.

EXTENDING THE CHARACTERISTICS OF A GREENHOUSE LIGHT UNIT ON RGB LEDS BY ADDING UV AND FR LEDS

Ivan Dandolov¹, Iliana Ilieva¹, Tania Ivanova¹, Yordan Naydenov¹, Detelin Stefanov²

¹Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences ²Institute of Plant Physiology and Genetics – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: dandolov@space.bas.bg

Keywords: Space Greenhouse, Light Unit, Light-Emitting Diodes (LED)

Abstract: The development of Light Units on LEDs (LU-LED) for long-term space experiments with plants became feasible due to the progress of high technologies. Two LU-LEDs for space greenhouses with adjustable light intensity and spectral composition were developed. Laboratory experiments with plants for biotechnology testing and optimal parameters selection are carried out. Using the latest research results related to plant sensitivity in the different regions of the spectrum, we put forward the idea to add LEDs emitting in the ultraviolet (UV) and far-red (FR) spectral regions to the RGB LU-LED. This will allow the composition of light with a spectrum similar to that of daylight depending on the specific needs of the cultivated plants and the objectivess of the experiment.

Въведение

Създаването на Биологична система за осигуряване живота (БСОЖ) на космическите екипажи, базирана на кръговрата на химичните елементи, както това става на Земята, се явява основна задача, която трябва да бъде решена преди стартирането на бъдещите дългосрочни космически полети до Луната и Марс и изграждането на постоянни бази там. Растенията са основно звено в бъдещите БСОЖ и отглеждането им би могло да допринесе за поддържането на живота на космическите екипажи по време на дългосрочни космически мисии. Посредством физиологичните процеси фотосинтеза и транспирация протичащи в растенията по естествен път могат да се пречистват въздуха и водата на космическите кораби и станции, както и на лунните и марсиански бази. Растенията са не само източник на хранителни и биологично активни вещества, но са и важен елемент за психологическия комфорт на космонавтите [1]. Отглеждането на растенията в контролирана среда зависи от избора на източници на светлинна енергия, които трябва да осигуряват стабилно ниво на фотосинтетичния фотонен поток и спектър близък до този на дневната светлина [2]. Досега като източник на светлина при дългосрочни експерименти с растения са използвани различни типове флуоресцентни лампи, както в Космическа оранжерия (КО) CBET работила 10 години на Орбиталната станция МИР [3,4] така и в КО Лада [5] и Biomass Production Chamber [6] на Международната космическа станция. С усъвършенстването на светлинните технологии светодиодите намират все пошироко приложиние както в бита, така и за отглеждане на растения в космически условия [7].

Разработването на блокове за осветление за космически оранжерии базирани на светодиоди (БО-LED) започва в САЩ през 90-те години във връзка с мисиите на космическата совалка. БО-LED с 90% червени (R) и 10% сини (B) светодиоди бе успешно използван в американската оранжерия ASTROCULTURE™, която летя в космоса по време на три двуседмични мисии на космическите совалки STS-57, STS-63 и STS-73. Доказано бе, че комбинирането на червени и сини светодиоди създава условия за нормално развитие на растенията [8]. Но комбинацията само от червена и синя светлина дава видима за човешкото око виолетова светлина, на чийто фон зелените растения придобиват непривлекателен пурпурно-сив цвят. Добавянето на зелена (G) светлина към синята и червената възвръща естествения цвят на растенията. Въпреки, че зелената светлина не активира процеса фотосинтеза, тя оказва влияние върху редица процеси като: регулирането на вегетативното развитие, нарастването на стъблото, височината на растението, фотопериодичния цъфтеж, отварянето на устицата и експресията на гените от хлоропластите [9,10].

БО-LED на мощни RGB светодиоди бе разработен от Института за космически изследвания - БАН по проект "Оранжерея-Марс" (договор за сътрудничество с Института по медико-биологични проблеми - РАН за периода 2006-2010 г.) [11]. Изпълнява се програма за биотехнологични изследвания с цел подобряване на характеристиките и приложение в космическите оранжерии за бъдещите дългосрочни мисии на човека към Марс.

Комбинацията от RGB светодиоди покрива голяма част от спектъра необходим за нормално протичане на фотосинтезата, но се оказва, че растенията са адаптирани да използват по-широк спектър, за да управляват фототропичните и фото-морфогеничните реакции във всички етапи на развитието си – от поникването, до цъфтежа и узряването на плодовете. Чувствителността на фоторецепторите значително надхвърля обхвата на човешкото зрение – влияние на светлината върху физиологията на растенията се наблюдава от енергии започващи от ултравиолетовата област и достигащи до инфрачервената област на спектъра [12].

В резултат на проучване на последните резултати в областта на спектралната чувствителност на растителните пигменти към светлината, възникна идеята за разширяване на спектралните характеристики на БО-LED чрез добавянето на светодиоди излъчващи светлина в ултравиолетовата (UV) и далечната инфрачервена (FR) области на спектъра, което би създало нови възможности за изследвания на влиянието на спектралния състав върху развитието на растенията.

Влияние на UV и FR светлината върху растенията

Растенията използват светлината не само като източник на енергия, но и като източник на външна информация, на която реагират по различен начин. Осветлението се характеризира със следните три параметъра: спектър, интензитет и продължителност. Идентификацията на тези параметри се осъществява основно от три класа фоторецептори: фитохроми, криптохроми и фототропини. Фитохромите поглъщат енергия в червената (600–700 nm) и далечната червена (700–750 nm) области на видимия спектър [13], а криптохромите – светлината от UV и синята области на спектъра [14].

В естествени условия (слънчева светлина) съотношението на червената към близката червена светлина е единица (R:FR=1) което е и най-благоприятното съотношение за развитие на растенията и цъфтеж. В естествени условия, среда с понижен дял на FR светлина се наблюдава само под вода, тъй като водните молекули абсорбират светлината в инфрачервената област на спектъра и съотношението е R:FR>1, а увеличаване на дела на FR светлината се наблюдава при засенчване (R:FR<1). Увеличаването на дела на FR светлината предизвиква в растенията метаболитни и растежни изменения изразяващи се в увеличаване на ефективността на фотосинтетичния апарат, ускоряване на нарастването на височина на стъблото и дължината на листните дръжки, както и по-бързото встъпване в цъфтеж и плододаване [15].

До момента, повечето от използваните БО в растителните камери имат съотношение R:FR>2, а с конструирането на БО на светодиоди с тесни монохроматични спектри дела на FR

светлината е много малък или въобще отсъства. Отглеждането на растения при R:FR>1 и нагоре води до подтискане на механизма за пространствено ориентиране спрямо другите растения, при което растения отгледани в контролирана среда са със силно изразена йерархия във височината, неравномерно разпределение на биомасата и добива спрямо посевната площ и забавен цъфтеж [16].

Изследванията на King и Bagnall [17] показват, че FR светлината е съществено важна за растежа и цъфтежа на растения отглеждани в контролирана среда. Въпреки че, за растения на късия ден увеличаването съотношението на R:FR води до ускоряване на цъфтежа, а при растенията на дългия ден увеличаване на дела на FR води да ускоряване на цъфтежа.

Изследванията на Smith [15] показват, че растенията проявяват реакции на избягване на засенчването при възприемането на спектрални изменения отговарящи на понижаване на FR светлината (R:FR<1), дори когато не са реално засенчени, т.е. индуциране на нарастване на стъблото и по-ранен цъфтеж и плододаване могат да възникнат и при растения отглеждани на светлина със силен интензитет, но със променен спектрален състав и съотношение R:FR<1. Този факт позволява вариране на съотношението R:FR при отглеждането на растения в контролирана среда и пряк контрол на темпа на развитие и скоростта на растеж на отделните растения.

Допълването на спектъра с UV светлина максимално ще доближи изкуствено композираната светлина в контролираната среда до слънчевата. Действието на UV светлината се свързва основно с вредни ефекти върху растенията, но изследванията на Hashimoto [18], отнасящи се до влиянието на UV светлината върху растенията отгледани в контролирани условия, показват ролята на UV светлината при синтеза на ценни за човека биологично активни вещества като антоциани и флавоноиди. Тези вещества имат защитна функция за растенията, те неутрализират вредното влияние на UV светлината и предпазват фотосинтетичният апарат от увреждане. Притежават и ценни свойства за човека поради силно изразеното им антиоксидантно деиствие.

Блокове за осветление на RGB светодиоди

Първата разработка на БО-LED е с размери 33 x 33 cm и съдържа 108 мощни светодиоди разположени в 36 спота (по 3 броя светодиоди на спот) с максимум на излъчване в следните области на спектъра: R - 632 nm, G - 525 nm и B - 468 nm (фиг. 1). Управлението на блока се извършва чрез специализиран DMX програматор, позволяващ индивидуален контрол на всеки цвят светодиоди, задаване на спектрален състав и интензитет на светлината (плътност на фотосинтетичния фотонен поток - PPFD) в диапазон 0-400 µmol.m⁻².s⁻¹, както и на фотопериода в диапазон 0-24 часа.





Фиг.1. БО-LED на мощни светодиоди

Фиг. 2. БО-LED-М на маломощни светодиоди

В прототип на КО СВЕТ бяха проведени два едномесечни експеримента със салатени култури с осветление от БО-LED вместо от БО с флуорисцентни лампи. При спектрален състав R-70%, G-20% и B-10% бе изследвано влиянието на две нива на интензитет на светлината (220 и 400 µmol.m⁻².s⁻¹) върху физиологичните показатели на растенията. Биохимичните и биофизичните анализи на образци показаха, че при по-високия интензитет възниква фотоинхибиране [19,20].

Този резултат доведе до проектирането и изработването на втори блок за осветление на маломощни светодиоди (БО-LED-М) с много по-ниска цена, енергопотребление и по-малко тегло (фиг. 2). БО-LED-М е с размери 40 х 40 ст и съдържа общо 1332 светодиода

разположени в 37 реда (по 36 на ред) - 20 червени (630 nm), 8 зелени (525 nm), 7 сини (468 nm) и 2 бели. Последните са добавени за да се улесни наблюдението и фотографирането на растенията, а също така и за по-добро възприемане от човека от психологическа гледна точка. Предвидено е управление на всеки цвят светодиоди, задаване на спектрален състав и интензитет на светлината в диапазон 0-125 µmol.m⁻².s⁻¹, както и съответната цифрова индикация за улеснение при провеждане на изпитания с растения.

Разширяване възможностите на БО-LED

Възможността да се комбинират различни светлинни режими е особено привлекателна при извършването на подбор на видове/сортове растения, които ще бъдат предложени за отглеждане при дългосрочни мисии в космоса. Предлагаме следваща стъпка в изследователската работа за оптимизиране параметрите на осветлението да бъде конструирането на БО-LED-5, осигуряващ по-широко спектрално покритие чрез добавяне на светодиоди излъчващи в ултравиолетовата и далечната червена области. При този подход ще стане възможно, комбинирайки спектрите на пет типа монохроматични светодиоди, да се разработят осветителни системи, осигуряващи спектър близък до този на дневната светлина.

За анализ на разпределението на цветовете при многоцветни LED матрици ще се използва аналитичният метод на Moreno и Contreras [21], който позволява да бъде изчислено цветовото разпределение като функция на основните параметрите на БО-LED, а именно:

- спектрални характеристики на използваните светодидоди;
- пространственото разпределение на излъчваната светлина;
- разстоянието до осветяваната повърхност;
- разстоянието между LED и техния брой и разпределение в светодиодната матрица.

Методът позволява на базата на математическо моделиране да се изберат оптималните стойности на параметрите описани по-горе. В Таблица 1 са представени наличните към момента на пазара светодиоди отговарящи на изискванията на растенията и подходящи за разширяване на спектралните характеристики на LED блоковете за осветление.

_	UV- В и UV-А (400 – 700 nm)				FAR-RED	
Производител	LED (280–400 nm)	Сини Зелени и (400–500 nm) (500–600 nm)		Червени (600–700 nm)	LED (700–850 nm)	
A-BRIGHT http://www.a- bright.com.tw/		AL-508B5WC	AL- 508UG5WC	AL-508R5WC	AL-513IR- 780-40C	
AOT, Inc. http://www.aot.com.tw/	AOT C06DC	AC)T – 9218A-RGB-0	18G		
China Semiconductor Corporation http://www.csctw.com.t w/		Специално р	CSHV-xL60xxG4-A0 Специално разработени за отглеждане на растения			
Cree, Inc. http://www.cree.com/		Cree	Cree® XLamp® XP-E LEDs			
Everlight Electronics Co., Ltd. http://www.everlight.co m/		34-01/B4C- 34-01/G4C- 34-0 AKNB ARTB AC		34-01/R5C- AQSC	HIR5393C/L 223	
Excellence Optoelectronics http://www.eoi.com.tw/		EOH- KUBUCB0- GG GG KG		EOH- KURUCB0- KG		
Hui Yuan Electronic Factory http://www.hyledchina. com/		LB- P200B2C- H5 LB-P200Y1C-H5 LB-P200R1C- H5				
LedEngin, Inc. http://www.ledengin.co m/	LZ1-00xx05		LZ1-00xx05			
LEDTRONICS, Inc. www.ledtronics.com/	UV395, UV 405, UV750	UB425, AG10K, PG5, O3KF, E3K, PB4KB PG350, Y3KH R3KF		IR851, IR881, IR941		

Таблица 1. Фирми производители и типове светодиоди

Предлаганата нова схема на БО-LED-5 с пет вида светодиоди - RGB и добавяне на светодиоди, излъчващи в ултравиолетовата и далечната червена спектрални области, ще позволи композирането на светлина със спектър близък до този на дневната светлина. Така при отглеждането на растения на изкуствено осветление в космически условия ще може да се осигурят оптимални условия за растеж и развитие на различните видове култури, необходими за изграждането на БСОЖ, в зависимост от специфичните им нужди и целите на експеримента.

Литература:

- 1. F r e e m a n, M. Challenges of human space exploration. *Springer-praxis publishing*, Chichester, UK, p. 76, 2000.
- 2. S a l i s b u r y, F. B., B. B u g b e e. Plant productivity in controlled environments. *HortScience*, 23, pp. 293-299, 1988.
- 3. K o s t o v, P. T., T. N. I v a n o v a, S. M. S a p u n o v a. Adequate substrate moistening system and artificial lighting for the growth of higher plants in the SVET Space Greenhouse. *Acta Veterinaria Brno*, Vol. 65, pp.19-25, 1996.
- 4. G r a m a t i c o v, P., T. I v a n o v a. SVET-2 Space Greenhouse Light Unit. Aerospace Research in Bulgaria, Vol.16, pp. 24-34, 2001.
- 5. Blngham, G. E., T. S. Topham, J. M. Mulholland, I. G. Podolsky. LADA: the ISS plant substrate microgravity testbed. *SAE Paper* Number 2002-01-187, 2001.
- 6. Morrow, R. C., T. M. Crabb. Biomass Production System (BPS) plant growth unit. Advances in Space Research, Vol. 26, No. 2, pp. 289-298, 2000.
- 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*, Vol. 12, No. 5, pp. (5)141-(5)149, 1992.
- 8. B u I a, R., R. I g n a t i u s. Providing controlled environments for plant growth in space. *International Symposium on Plant Production in Closed Ecosystems*, Narita Japan, August 26-29, 1996.
- 9. Folta, K. M., S. A. Maruhnich. Green light: a signal to slow down or stop. *Journal of Experimental Botany*, pp. 1-13, 2007.
- 10. K i m, H., G. G o i n s, R. W h e e l e r, J. S a g e r. Green-light supplementation for enhanced lettuce growth under Red- and Blue-light-emitting diodes. *HortScience*, Vol. 39, No. 7, pp. 1617-1622, 2004.
- 11. Iv a nova, 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, pp. 85-102, 2009.
- 12. S m i t h, H. Light quality, photoperception, and plant strategy. *Annual Review of Plant Physiol*ogy, Vol. 33, pp. 1882-1887, 1982.
- 13. S m i t h, H. Phytochromes and light signal perception by plants an emerging synthesis. *Nature*, Vol. 407, pp. 585-591, 2000.
- 14. B a t s c h a u e r, A. Photoreceptors of higher plants. *Planta*, Vol. 206, pp. 479-492, 1998.
- 15. S m i t h, H. Phytochrome-mediated responses implications for controlled environment research facilities. *Proceedings of International Lighting in Controlled Environments Workshop, NASA Conference Publication,* Kennedy Space Center, Florida, USA, CP-3309, pp. 57-67, 1994.
- B a I I a r é, C. L., A. L. S c o p e I. Plant photomorphogenesis and canopy growth. Proceedings of International Lighting in Controlled Environments Workshop, NASA Conference Publication, Kennedy Space Center, Florida, USA, CP-3309, pp. 89-102, 1994.
- 17. K i n g, R. W., D. J. B a g n a I I. Phytochrome, plant growth and flowering. *Proceedings of International Lighting in Controlled Environments Workshop, NASA Conference Publication,* Kennedy Space Center, Florida, USA, CP-3309, pp. 103-109, 1994.
- 18. H a s h i m o t o, T. Requirements of blue, UV-A and UV-B light for normal growth of higher plants, as assessed by action spectra for growth and related phenomena. *Proceedings of International Lighting in Controlled Environments Workshop, NASA Conference Publication,* Kennedy Space Center, Florida, USA, CP-3309, pp. 143-157, 1994.
- 19. I v a n o v a, T., I. I l i e v a, Y. N a y d e n o v, V. S y c h e v, M. L e v i n s k i k h. "Greenhouse-Mars" Project: New light-emitting diode module tests. *Proceedings of Conference "Fundamental Space Research"*, Sunny Beach, Bulgaria, pp. 291-294, 2008.
- 20. Il 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. S t e f a n o v. Plant experiments with light-emitting diode module in SVET Space Greenhouse. *Advances in Space Research*, Vol. 46, No. 7, pp. 840-845, 2010.
- 21. M o r e n o, I., U. C o n t r e r a s. Color distribution from multicolor LED arrays. *Optics Express*, Vol. 15, No. 6, pp. 3607-3618, 2007.

ВИРТУАЛЕН БЛОК ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА КОСМИЧЕСКА ОРАНЖЕРИЯ "СВЕТ"

Йордан Найденов, Таня Иванова, Илияна Илиева, Иван Дандолов

Институт за космически и слънчево-земни изследвания – Българска академия на науките e-mail: yordan.naydenov@space.bas.bg

Ключови думи: Космическа оранжерия "СВЕТ", Блок за управление, адаптивна концепция

Резюме: Резултатите от бордовите изследвания в Космическа оранжерия (КО) "СВЕТ" (първа автоматизирана оранжерийна система, работила на Орбитална станция МИР) доказаха възможността за поддържане на пълен жизнен цикъл при отглеждане на висши растения в условия на микрогравитация. С цел оптимизиране на процеса и минимизиране на стреса при култивиране на растенията беше развита концепция за адаптивно управление на средата в КО "СВЕТ", базирана на подробен анализ на натрупаните данни от космическите експерименти в периода 1990-2000 г. За нейната реализация се разработва виртуален Блок за управление (ВБУ), като един от възлите на цялостен лабораторен комплекс за отработване на алгоритмите на адаптивното управление. Лабораторният комплекс включва КО "СВЕТ" с вградени сензорни системи за мониторине на средата, контролер за събиране на данни МЕ-4610, инсталиран на персонален компютър, на който ще работи ВБУ, захранващ блок и интерфейсен адапторен модул между КО и системата компютър–контролер. Описаният ВБУ софтуерно симулира всички функции, интерфейс и работни режими на оригиналния микропроцесорен БУ на КО "СВЕТ".

VIRTUAL CONTROL UNIT FOR SVET SPACE GREENHOUSE

Yordan Naydenov, Tania Ivanova, Iliana Ilieva, Ivan Dandolov

Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: yordan.naydenov@space.bas.bg

Keywords: SVET Space Greenhouse, Control Unit, Adaptive Control Concept

Abstract: The possibility of supporting a full life cycle of higher plants cultivated in microgravity has been confirmed by onboard experiments in the SVET Space Greenhouse (SG), which was the first automated greenhouse facility operating onboard the MIR Orbital Station in the period 1990-2000. Based on these experiments, a new concept for adaptive control of the environmental parameters in the SG aiming to optimize the cultivation process and to minimize the stress in plants has been formulated. To implement this, a Virtual Control Unit is being developed as part of a laboratory complex which will be used to clarify and refine the adaptive control's algorithms. This complex comprises the SG itself and its internal environment monitoring systems, an ME-4610 data acquisition and signal processing controller installed on a general-purpose computer which the VCU will run on, an interface adapter, and a power-supply module. The VCU simulates all the functions, operating modes, and man-machine interface of the original embedded Control Unit of the first two modifications of SVET SG.

Въведение

Космическа оранжерия (КО) "СВЕТ" беше първата напълно автоматизирана щатна оранжерийна установка и единствената апаратура за дългосрочни изследвания с растения на борда на Орбитална станция (ОС) МИР. В нея бяха проведени дългосрочни изследвания с няколко вида култури по различни международни програми в периода 1990-2000 г., с обща продължителност от 680 дни [1]. В резултат на тези многомесечни експерименти бяха направени изводи с фундаментално теоретично значение в областта на космическите растителни биотехнологии. Доказано бе практически, че няма принципни пречки растенията да бъдат отглеждани в условия на микрогравитация [2, 3], а те са основно звено от бъдещите

Биологични системи за осигуряване живота на космонавтите (БСОЖ) при дългосрочни пилотируеми мисии [4].

Експедициите на бъдещите пилотируеми космически апарати (дори тези за посещение на най-близките до Земята планети, напр. Марс) ще бъдат трудно осъществими, и дори невъзможни, без наличието на затворени екологични системи, които да поддържат живота на космонавтите, чрез възстановяване на наличните ресурси – пречистване на въздуха, водата, както и автономно осигуряване на храна. Такава БСОЖ се базира на кръговрата на химичните елементи, посредством обмяната на хранителни вещества и енергия между звената на трофичните вериги от които е изградена екосистемата – продуценти (автотрофни организми, основно висши растения), консументи (различни видове животни и хората от екипажа) и редуценти (микроорганизми) [5]. Затова експерименти с различни видове растения, които се провеждат още от зората на пилотируемите полети, продължават и днес на Международната космическа станция и в наземни експериментални установки и комплекси, като проекта "Марс-500" [6].

Създадено бе ново направление в науката – космическо растениевъдство. След успешните експерименти по отглеждане на няколко поколения растения в КО "СВЕТ" стана ясно, че създаването на космически оранжерии с по-големи площи ще зависи от усъвършенстването на техническите средства и биотехнологиите. Поради специфичните условия на работа, трябва да се създаде оранжерийна установка, която да осигури условия за отглеждане на висши растения в точно определени норми на средата, при практическа липса на гравитация. Всичко това не би било възможно, ако КО не е автоматизирана и не осигурява както автономна работа, така и управление на апаратурния комплекс от човешкия фактор (в лицето на космонавтите или на наземния персонал). Това беше една от основните причини за успеха на изследванията по отглеждане на растения в космически условия с помощта на двете модификации КО "СВЕТ", която осигуряваше контролирани параметри на средата и функционираше безотказно на ОС МИР.

Развитието на техниката и технологиите през последното десетилетие позволи да се търсят нови начини за осигуряване на оптимален растеж и развитие на растенията, отглеждани в условия на микрогравитация, с цел максимален добив на биомаса и регенерация на ресурсите на борда на пилотируемите космически апарати. Това може да се осъществи или чрез използване на нови биотехнологии при култивирането, или с подобряване на методите за поддържане на оптимални условия на култивиране, съобразно с моментния физиологичен статус/стадий на растеж и развитие на растенията.

Именно втората от двете възможности беше избрана от колектива разработил КО "CBET" за модернизирането й, като се формулира и обоснова концепция за адаптивно упавление на средата в КО [7].

Разработката на виртуален Блок за управление (ВБУ) цели предоставяне на механизми за отработване и прилагане на алгоритми за адаптивно управление на средата в КО "СВЕТ". Порди тази причина той се реализира като софтуерна програма, изпълнявана на компютър с общо предназначение (персонален компютър).

Лабораторен комплекс апаратури

За осъщестяване на разработката и провеждането на свързаните с нея изследвания се използва наземен образец на летялата на борда на ОС МИР КО "CBET-2", разположена в климатизираната Лаборатория за биотехнологични изпитания на ИКСИ-БАН. КО "СВЕТ" е изградена на модулен принцип за повишаване на функционалността й и с цел заменяемост на отделните възли при дългосрочната й експлоатация. Състои се от 4 модула: (1) Блок осветление (БО); (2) Коренов модул (КМ); (3) Блок управление (БУ); и (4) Камера за отглеждане на растения (КОР), в която се вграждат БО и КМ (*фиг.* 1). БО може да се движи вертикално в КОР за осигуряване на оптимално осветление през различните етапи на култивация на растенията в КО. КМ може да се зарежда с различни типове хранителни субстрати и да се подменя, както това е правено неколкократно по време на бордовите експерименти на ОС МИР. КМ, на свой ред, е съставен от две самостоятелни касети, които са независими една от друга по отношение на мониторинга и управлението на параметрите на средата в кореновата зона. Възлите на системите за мониторинг и управление на КО, съобразно с тази организация, са разпределени между отделните модули. Системите за осветление и вентилация са разположени в БО, тези за напояване и аерация на субстрата на който се отглеждат растенията – в КМ. Същото е в сила и за възлите на сензорните системи за мониторинг на параметрите на средата (въздушна и субстратна) в КО (вж. фиг. 1).

Предимството на подобна организация на оранжерия "СВЕТ" е, че замяната на отделни блокове, или добавянето на нови сензорни системи става лесно и удобно и не е обвързано с

модификации по общата конструкция на КО. По този начин оригиналният БО на флуоресцентни лампи NARVA тип LS 8-6 на "CBET-1" беше заменен през 1995 г. от нов БО на флуоресцентни лампи OSRAM тип DS 11/21. Този втори блок (оригинален за КО "CBET-2") е заменен от БО с мощни монохроматични светодиоди, излъчващи в червената, синята и зелената области на видимия спектър, с който се извършват наземните експерименти понастоящем [8]. По същия начин беше добавена изцяло нова система за мониторинг на физичните параметри на средата в листната зона на КОР [9, 10]. Подобна система (вкл. газо-анализираща) беше използвана в бордовите експерименти с растения в КО "CBET-2" в периода 1995-1997 г.



Фиг. 1. Лабораторен комплекс апаратури КО "СВЕТ-3" (за съкращенията – виж в текста)

За четене на данните от мониторинговите системи в КМ и листната зона на КОР, както и за управление на изпълнителните устройства на КО се използва универсален контролер за събиране на данни и управление ME-Jekyll ME-4610 (Meilhaus Electronic GmbH, Германия), който е инсталиран на PCI слот в персоналния компютър на който се изпълнява ВБУ [11].

Интерфейсен адаптерен и захранващ модул

<u>Интерфейс на ME-4610</u>: Комуникацията с контролера се осигурява от два конектора: (1) 78-пинов D-Sub (DD-78S) куплунг, монтиран на самата платка; и (2) 20-пинов IDC конектор, към който е свързан, посредством лентов кабел (ME-AK-D25F/S), 25-пинов D-Sub (DB-25S) куплунг. Два от четирите 8-битови двупосочни цифрови портове са изведени на конектор (2). Всички останали входни/изходни канали (на аналоговите входове, на броячите, на външните прекъсвания, на останалите два цифрови порта) се обслужват от първия конектор.

<u>Интерфейс на КО</u>: Комуникационните линии на КО "CBET", през които се четат данните от сензорите на мониторинговите й системи и се подават управляващи сигнали към изпълнителните й устройства, са канализирани в отделни цилиндрични нискочестотни съединители тип РС между оригиналния БУ и КОР (вкл. КМ и оригиналния БО).

<u>Интерфейс на светодиодния БО</u>: LED-БО (в неговата автономна конфигурация) се управлява по стандартен протокол DMX512 от собствен програматор през съединител тип XLR3.

За управлението на КО (вкл. LED-БО) от ВБУ през МЕ-4610 се предвижда изработването на междинен блок с основна роля на интерфейсен адаптер и допълнителна

функция – осигуряване на стабилизирани напрежения за захранване на сензорите и изпълнителните устройства на КО (без LED-БО, който ще използва собственя си захранващ блок).

Организация на програмното осигуряване на ВБУ

Графичният потребителски интрфейс на ВБУ, имитиращ интерфейса на оригиналния БУ на КО "CBET-1, -2" (вкл. до пресъздаване на матричния и седем-сегментен дисплеи), е реализиран в графичната програмна среда на LabVIEW. Така се постига максимално доближаване към изгледа и усещането за работа с оригиналния микропроцесорен БУ, с което се цели приемственост в начина на взаимодействие между оператора на КО (експериментатора) и интерфейса й. Това ще е особено полезно в преходния период между автоматизираното и адаптивното поддържане на средата, когато ще е необходимо провеждането на множество експерименти за установяване и потвърждаване на параметрите на адаптивното управление.

Функционалността на ВБУ, касаеща четенето на данни от сензорните системи в листната и кореновите зони, както и управлението на изпълнителните механизми на КО, е написана на С++ с използване на API функциите от ME-iDS библиотеката на универсалния драйвер на Meilhaus Electronic (*вж.* по-долу). Тези библиотечни функции се използват или директно, или индиректно – чрез класовете на библиотеката MEDIOi (*вж.* по-долу), когато се касае за управление на изпълнителните устройства на КО (цифровите портове на контролера ME-4610).

Универсален драйвер ME-iDS на Meilhaus Electronic

Първоначално, всеки контролер от производствената гама на Meilhaus Electronic GmbH (или по-точно, всяка фамилия от устройства, напр. ME-4600 към която принадлежи ME-4610) имаха свой собствен драйвер. Впоследствие, фирмата-производител разработи един общ драйвер (система драйвери), който да обслужва всички предлагани устройства. Същевременно, поддръжката за контролер-специфичните драйвери се преустанови. Това наложи използването на унифицирания драйвер, наречен **Me**ilhaus Intelligent **D**river **S**ystem (*ME-iDS*) [12], за нуждите на ВБУ (*вж. фиг. 1*).

Основното предимство е очевидно: ME-iDS предлага общ програмен интерфейс за всички устройства и фамилии операционни системи – по този начин се елиминира нуждата от редактиране на програмните кодове при смяна на типа контролер или при инсталирането на нова операционна система на персоналния компютър на който се изпълнява ВБУ.

Библиотеката на този универсален драйвер логически е организирана на йерархичен принцип: (1) *драйвер* – логическо представяне на цялата система като множество от устройства; (2) *устройство* – самостоятелна хардуерна единица, напр. контролер за събиране и управление МЕ-4610; (3) *подустройство* – логическо представяне на конкретна функционалност (напр. аналогови входове, цифрови входове/изходи, броячи, външни прекъсвания и пр.); (4) *канал* – единичен хардуерен компонент (напр. цифров/аналогов вход/изход).

Библиотека от С++ класове за управление на цифровите портове

Управляващите сигнали на ВБУ към изпълнителните устройства на КО са цифрови. За по-добра организация на изходните кодове на ВБУ в частта им за управление на системите за поддържане на средата в КО, част от АРІ функциите на ME-iDS драйвера са капсуловани в С++ класове, организирани в библиотека. Класовете предоставят удобен интерфейс за по-гъвкаво управление на цифровите портове на ME-4610.

Библиотеката, наречена **ME D**igital Input/Output interface (*MEDIOi*), има следната организация (*фиг. 2*):

Клас OnboardME служи за установяване наличието на инсталиран/и в системата контролер/и за събиране на данни и обработка на сигнали и драйвер/и за него/тях. Събират се и конкретни данни за броя инсталирани устройства, версии на драйверите и библиотеките.

Класовете *DeviceME* и *SubDeviceME* са пряко отражение на две от йерархичните нива на организация на ME-iDS драйвера (*вж.* по-горе). С тяхна помощ се отправят запитвания към инсталираното устройство и се събира информация за неговите характеристики (тип, сериен номер, тип и номер на шината на която е инсталирано и редица др.), както и за характеристиките на подустройствата му (тип, брой канали и др.).

Абстрактният клас *DigitalPort* генерализира концепцията за "цифров порт", предоставяйки общ интерфейс за свойствата и поведението му.

Класовете SubDeviceME и DigitalPort, чрез множествено наследяване с публични права на достъп, се явяват базови за трите основни класа на библиотеката: DI_Port, DIO_Port и DO_Port, предназначени за подустройства от тип входен, двупосочен и изходен цифрови портове.



Фиг. 2. MEDIOi – йерархия на библиотечните класове

Няма взаимно еднозначно съответствие между трите класа и едноименните им типове цифрови портове, т.е. при наличие на контролер с двупосочни портове (както е при ME-4610), те могат да се управляват от обекти, инстанциирани и от трите класа. По този начин може да се ограничи използването на съответен двупосочен порт като такъв, когато той ще се използва изключително като вход или изход, с цел минимизиране на риска от погрешно пренасочване. По същия начин, *DIO_Port* може да се използва за инстанцииране на обекти, управляващи еднопосочни входни или изходни цифрови портове. В този случай, всеки опит за пренасочване ще предизвика генериране на съответно изключение, което може да се прихване и обработи от програмиста по подходящ начин.

Блок за визуална регистрация на управляващи сигнали

За целите на тестването на компонентите на ВБУ, свързани с управлението на цифровите изходи на МЕ-4610, респективно изпълнителните устройства на КО, е изработен блок със светодиодна индикация (*фие. 3*).



Фиг. 3. MEDIO – блок светодиодна индикация

На всеки цифров канал съответства по един светодиод (димиран, за по-удобна регистрация от малък ъгъл на наблюдение). Светодиодите са организирани в 4 групи по 8, в съответствие с организацията на цифровите канали в четири 8-битови портове. Блокът се захранва през USB интерфейс, чрез куплунг тип Standard-B.

Заключение

Адаптивното управление на средата в КО "СВЕТ" от ВБУ, наред с използването на светодиоден БО, ще позволи да се повиши общата й ефективност от гледна точка на повишаване на добива (количеството произвеждана растителна биомаса), скъсяване на култивационния период и повишаване на хранителната стойност на отглежданите растения. Това ще означава цялостна модернизация на КО, като трето поколение оранжерийна установка способна адекватно да обезпечи апаратурно и биотехнологично звеното "продуценти" в бъдещите затворени екологични системи за поддържане живота на екипажите на пилотируемите космически летателни апарати.

Литература:

- I v a n o v a, T., P. K o s t o v, I. D a n d o l o v, S. S a p u n o v a. Results from Microgravity Experiments in the SVET Space Greenhouse Onboard the MIR Orbital Station. *Proceedings of the 51st International Astronautical Congress*, 2-6 October 2000, Rio de Janeiro, Brazil, Rep. IAF-00-J.3.10.
- Ivanova, T. N., Yu. A. Bercovich, A. L. Mashinsky, G. I. Meleshko. The First Vegetables have been grown up in the "SVET" Greenhouse by Means of Controlled Environmental Conditions. *Microgravity Quarterly*, Vol. 2, No. 2, pp. 109-114, 1992.
- Levinskikh, M. A., V. N. Sychev, T. A. Derendyaeva, O. B. Signalova, F. B. Salisbury, W. F. Campbell, D. L. Bubenhelm, G. Jahns. Analysis of the Spaceflight Effects on Growth and Development of Super Dwarf Wheat in Greenhouse SVET. *J. Plant Physiol.*, Vol. 156, No. 4, pp. 522-529, 2000.
- Ivanova, T. N., P. T. Kostov, S. M. Sapunova, I. W. Dandolov, F. B. Salisbury, G. E. Bin gham, V. N. Sytchov, M. A. Levinskikh, I. G. Podolski, D.B. Bubenheim, G. Jahns . Six-Month Space Greenhouse Experiments – a Step to Creation of Future Biological Life Support Systems. *Acta Astronautica*, Vol. 42, Nos. 1-8, pp. 11-23, 1998.
- 5. И в а н о в а, Т. Растенията в космическите екологични системи за осигуряване живота на екипажите. *Екологично инженерство и опазване на околната среда*, бр. 1, 15-20, 2003.
- 6. И ванова, Т., И. Илиева, Й. Найденов, В. Сычев, М. Левинских. Стартира проекта "MAPC-500" – участия в наземния експериментален комплекс. Proceedings of the Third Scientific Conference with International Participation "Space, Ecology, Nanotechnology, Safety" SENS'2008, 4-7 June 2008, Golden Sands, Bulgaria, pp. 64-69, 2008.
- Kostov, P., T. Ivanova, I. Dandolov, S. Sapunova, I. Ilieva. Adaptive Environmeirtal Control for Optimal Results during Plant Microgravity Experiments. *Acta Astronautica*, Vol. 51, Nos. 1-9, pp. 213-220, 2002.
- 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, pp. 85-102, 2009.
- N a y d e n o v, Y., S. N e y c h e v, I. I I i e v a. New Plant Shoot Environment Monitoring System for Third Generation SVET Space Greenhouse. *Proceedings of the Third Scientific Conference with International Participation "Space, Ecology, Nanotechnology, Safety" SENS'2007*, 27-29 June 2007, Varna, Bulgaria, pp. 369-373, 2008.
- 10. N a y d e n o v, Y., T. I v a n o v a, I. D a n d o I o v, I. I I i e v a. Plant Shoot Environment Monitoring and Control in the SVET Space Greenhouse. *Proceedings of the 60th International Astronautical Congress*, 12-16 October, 2009, Daejeon, Republic of Korea, Curran Associates Inc., Vol. 1, pp. 299-306, 2010.
- 11. Meilhaus Electronic. *Manual ME-Jekyll ME-4610: 16 Bit Multifunction Board with 16 A/D Channels. Revision 1.2E.* Meilhaus Electronic GmbH, Puchheim, Germany, June 22, 2005.
- 12. Meilhaus Electronic GmbH, Puchheim, Germany, May 21, 2010. Revision 1.3E. Meilhaus Electronic GmbH, Puchheim, Germany, May 21, 2010.

СНЕМАНЕ НА ХИДРАВЛИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА НА СУБСТРАТ "БАЛКАНИН" ПОСРЕДСТВОМ ТЕНЗИОМЕТЪР

Константин Методиев, Йордан Найденов, Илиана Илиева, Христиан Панайотов

Институт за космически и слънчево-земни изследвания – Българска академия на науките e-mail: komet@space.bas.bg

Ключови думи: тензиометър, матричен потенциал, Балканин, физика на почвите

Резюме: В настоящия доклад е предложен подход за експериментално определяне на матричния потенциал на субстрат Балканин (гранулометричен състав 1-1.5 mm) като функция на обемното водно съдържание. Целта на доклада е установяване на работоспособността на разработения за нуждите на експеримента прототип на тензиометър. Последният се състои от порьозна чашка (сонда), капилярен шлаух, преобразувател на статично налягане и източник на стабилизирано постоянно напрежение. Данните се снемат от контролер за събиране на данни и обработват от персонален компютър посредством написан за целта софтуер.

В допълнение, описана е конструкцията на използвания тензиометър, системата и режима за събиране на данни, метод за калибриране и етапите на самия експеримент. Получените данни са изложени в графичен и табличен вид.

DATA LOGGING OF BALKANINE SUBSTRATE WATER RETENTION CURVE THROUGH A TENSIOMETER

Konstantin Metodiev, Yordan Naydenov, Iliana Ilieva, H. Panayotov

Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: komet@space.bas.bg

1. Теоретична постановка

Водният потенциал е потенциалната енергия на водата за единица обем, определена спрямо чиста вода в референтни условия. Потенциалът дава количествена представа за тенденцията на водата да се придвижва от една област на течението към друга под действието на осмотични, гравитационни, механични или матрични ефекти (напр. повърхностно напрежение). Водният потенциал се е доказал полезен в разбирането на процесите на движение на водата в живи организми и почва. Потенциалът в повечето случаи се изразява като потенциална енергия за единица обем и се обозначава с гръцката буква Ψ.

Водният потенциал изразява различни механизми за привеждане на водата в движение, които виртуално действат във всички посоки. В рамките на сложна биологична система различните потенциални фактори имат важно значение. Например добавянето на разтворими вещества във водата намалява нейния потенциал. Също така увеличаването на статичното налягане увеличава потенциала. Ако е възможно водата ще се придвижва от зони с висок потенциал към зони с нисък. Един широко разпространен пример е вода, съдържаща разтворена сол, като морската вода или разтвор в живи клетки. Тези разтвори обикновено имат отрицателни потенциали спрямо чиста референтна вода. Ако няма ограничения на потока, водните молекули ще се придвижват от място с чиста вода към място с по-ниски стойности на потенциала на разтвора.

Съдържанието на вода в субстрата е показател в известен смисъл за обема на порите и се изчислява в масови или обемни единици. Водното съдържание в масови единици се нарича отношението между масата на водата и масата на субстрата. Измерва се посредством претегляне на образец от субстрата, m_{wet}, изсушаване на образеца, за да се отстрани водата и последващо претегляне на изсушения образец, m_{drv}, т.е.:

(1)
$$\theta_g = \frac{m_{wet} - m_{dry}}{m_{dry}}, \quad g \cdot g^{-1}$$

Водното съдържание в обемни единици представлява отношението между обема на водата в субстрата към обема на самия субстрат:

(2)
$$\theta_{v} = \frac{m_{water}/\rho_{water}}{m_{soil}/\rho_{soil}} = \frac{\theta_{g} \cdot \rho_{soil}}{\rho_{water}}, \quad cm^{3} \cdot cm^{-3}$$

Плътността на субстрата, р_{soil}, се замества с т. нар. плътност на насипната фаза, р_{bulk}, който подход е коректен за случай на въздушно сух субстрат. Плътността на насипната фаза (обемна плътност) е отношението между масата на сухия субстрат към обема на същия при естествено сложение и естествена влажност [Шеин, стр. 11]. Последната формула тогава приема вида:

(3)
$$\theta_{v} = \frac{\theta_{g} \cdot \rho_{soil}}{\rho_{water}} = \frac{m_{wet} - m_{dry}}{m_{dry}} \cdot \rho_{bulk} \cdot \frac{1}{\rho_{water}}, \quad cm^{3} \cdot cm^{-3}, \quad \rho_{bulk} = \frac{m_{dry}}{V_{dry}}, \quad g/cm^{3}$$

2. Методи и материали

2.1. Експериментална инсталация.

По време на измерване, матричният потенциал на водата се определя с използване на тензиометър, а обемното водно съдържание – с използване на везна и формула (3). В ИКСЗИ – БАН е разработен е прототип на тензиометър, който е съставен елемент на измервателната инсталация. Последната се състои от следните основни модула: стабилизиран източник на постоянно напрежение +5V, биполярен преобразувател на статично налягане Honeywell PX-40-50BHG5V (фирма Omega Engineering, Inc., САЩ) с обхват ±50 mmHg, капилярен шлаух Ø3 mm SMS 2100, сензор от порьозна керамика SDEC 220 (фирма SDEC, Франция) със средна големина на порите 2 µm, аналого – цифров преобразувател Meilhaus ME-4610 PCI, персонален компютър. За нуждите на експеримента е разработена програма на алгоритмичен език C/C++ за отчитане показанията на преобразувателя.

2.2. Калибровка.

Дейностите по калибриране се свеждат до определяне на работната характеристика на преобразувателя на статично налягане във вид на рационален полином и последващо въвеждане на коефициентите му в изчислителната програма. Снемането на работната характеристика на преобразувател на статично налягане Honeywell PX-40-50BHG5V (gauge) се извършва с помощта на скачени съдове, както е показано на фиг. 1. Датчикът и контейнерът са отворени към атмосферното налягане.



Фиг. 1. Снемане на характеристиката на преобразувателя на статично налягане

Контейнерът с вода е свързан с датчика посредством шлаух. Свободната повърхност в контейнера се подравнява на деленията на измервателна линийка през равен интервал от 100 mm. По този начин се задава известно статично налягане на чувствителния елемент, следвайки закона на Бернули:

(4)
$$p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h, \quad N/m^2$$

Важно е да се отбележи, че статичното налягане не зависи от обема вода, а само от геодезичната височина на стълба.

За всяко положение на свободната повърхност Data Logger на АЦП Meilhaus измерва 1000 пъти показанията на датчика за около 10 сек. Тези показания са постоянно напрежение [V]. Така натрупаната статистика от 1000 измервания на изходното напрежение, за всяка зададена стойност на статичното налягане, се усреднява. За всяка средна стойност се пресмята стандартното отклонение по формулата

(5)
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i} (x_i - \overline{x})^2}{n - 1}}$$

както и доверителният интервал в среда Excel по следния синтаксис

CONFIDENCE (alpha, standard_dev, size) (6)

Нивото на доверие е равно на 100*(1 – alpha),% или с други думи ако нивото на значимост alpha = 0.05, то нивото на доверие е 95%. Параметърът size = 1000.

2.3. Последователност на експеримента.

Първоначално се определя насипната плътност р_{ышк} на въздушно сух субстрат Балканин, фракция 1–1.5 mm, чрез 10 претегляния на обем от 50 cm³. Получените резултати са обработени статистически.



Фиг. 2. Схема на опитната постановка

Следващата стъпка е подготовка на съд, в който е монтиран херметично тензиометъра така, както е показано на фиг. 2. Предварително се претеглят тара (вкл. и тензиометъра) и масата на въздушно сухия субстрат. Пробата субстрат се насища с вода и престоява 24 часа с цел освобождаване на въздушни мехури и насищане на микропорите на частиците.

Снемането на водозадържащата характеристика на субстрата се свежда до отчитане показанията на тензиометъра и везната в следствие непринуденото изпарение на водата през равен интервал от време. Поддържа се постоянна температура в помещението и принудителна циркулация на въздуха. Показанията на тензиометъра се привързват към стойностите на масата на мокрия субстрат. Началото на измерванията е в състояние на субстрата на пълна почвена влагоемкост, за да се избегне приспадането на положителния гравитационен потенциал на водата.

В израза за обемно водно съдържание (3) варира променливата m_{wet}, тъй като масата на мокрия субстрат намалява с течение на изпарението на водата в него. Плътността на водата ρ_{water} се влияе малко от температурата на околния въздух. Останалите величини са константи и се изчисляват преди експеримента. Търсената маса се измерва чрез лабораторна везна, а температурата – чрез термометър. Резултатите се вписват в таблица.

3. Резултати

Предварително бяха определени стойностите: m_{dry} = 79.4 g, V_{dry} = 50 cm³, Tapa = 18.7 g, ρ_{water} = 0.9982971 g/cm³, t = 22°C.

От уравнението на Бернули и началните условия на калибровъчния експеримент следва, че 100 mm H2O = 0.980508888117 kPa = 7.3556 mmHg

Получените резултати от калибровката на преобразувателя са показани на следната таблица:

Табл. 1.					
mmH2O	mmH2O mmHg		STD DEV	CONF	
-600	-44.13360	0.758256023	0.013292	0.000824	
-500	-36.77800	1.04024882	0.015292	0.000948	
-400	-29.42240	1.331664826	0.016899	0.001047	
-300	-22.06680	1.617299006	0.020475	0.001269	
-200	-14.71120	1.911250705	0.020895	0.001295	
-100	-7.35560	2.19617106	0.02458	0.001523	
0	0.00000	2.491186024	0.034828	0.002159	
100	7.35560	2.785054131	0.02911	0.001804	
200	14.71120	3.073377798	0.03118	0.001932	
300	22.06680	3.361831481	0.041105	0.002548	
400	29.42240	3.655058708	0.037716	0.002338	
500	36.77800	3.937171756	0.045587	0.002825	

По тези данни бе построен регресионен полином от първа степен. Получената графика и коефициентите в уравнението на правата

Voltage = Slope * mmHg + Zero_shift

съвпадат с данните на завода – производител.



Фиг. 3. Работна характерика на преобразувателя на статично налягане

На фиг. 4 е показано изменението на матричния и гравитационен потенциали с течение увеличаването на водното съдържание в контейнер, напълнен първоначално с въздушно сух субстрат. До напълване на контейнера с вода "до равно" потенциалът на водата е отрицателен. В допълнение фигурата демонстрира ключовата роля, която играе стабилизираното захранване на преобразувателя.



Фиг. 4. Изменение на матричния и гравитационен потенциали с увеличаване на водното съдържание

От определянето на обемната плътност на субстрата, с използване на формула (3), се получи средна стойност $\rho_{\text{bulk}} = 0.841 \text{ g/cm}^3$, стандартно отклонение $\sigma = 0.01912$ и доверителен интервал 0.01185.

На следващите таблица 2 и фиг. 5 е показана хидравличната характеристика на измервания субстрат.

Табл. 2.			
m _{wet} , g	Ψ, mmHg	$\theta_{\rm v}$, cm ³ .cm ⁻³	m _{water} , g
92.3	1.98	0.26	22
91.3	2.3	0.25	21
90.3	2.58	0.24	20
89.3	2.78	0.23	19
88.3	2.23	0.22	18
87.3	3.02	0.2	17
73.3	59.31	0.04	3
72.3	59.6	0.02	2
71.3	59.57	0.01	1



Фиг. 5. Хидравлична характеристика на субстрат Балканин, фракция 1 – 1.5 mm

4. Заключение

Показаният на фиг. 5 сегмент от хидравлична характеристика свидетелства за адекватна реакция на разработената измервателна апаратура, а именно увеличаване на всмукателната сила на субстрата с течение на намаляване на обемното водно съдържание. Това се потвърждава и от получения корелационен коефициент r = -0.986. Строго казано характеристики от този тип е редно да се снемат в затворени системи, където се контролират статичните параметри на водата и околния въздух. С оглед ограничените финансови средства за закупуване на апаратура, резултатите на този етап се приемат за задоволителни.

5. Благодарности

Изследването в настоящия доклад е проведено в рамките на договор ДМУ02/2, 17.XII.2009г. между ИКСЗИ – БАН, ТУ – София, филиал Пловдив и Фонд "Научни изследвания" – МОН

Литература:

[Шеин] Шеин, Е. В., В. А. Капинос. Сборник задач по физике почв, Издательство Московского университета им. "М. В. Ломоносова", 1994 г.

МЕТОДИ ЗА ПРЕДИЗКРИВЯВАНЕ И КОРЕКЦИЯ ЗА ШУМОУСТОЙЧИВА ОБРАБОТКА НА СИГНАЛИ В КОСМИЧЕСКИТЕ РАДИОЛИНИИ

Антонио Андонов, Мариана Михова, Петър Димкин

BTУ "Т. Каблешков" e-mail: andonov@vtu.bg; marianndimi@abv.bg; p_dimkin@abv.bg

Ключови думи: радиокомуникационна система, шумоустойчивост, предизкривяване на сигнала

Резюме: Изследвани са подходи за повишаване на шумоустойчивостта на комуникационните системи чрез съгласуване на формата на предаваните сигнали и вида на модулация с канала, без допълнително увеличаване на мощността на излъчване. Използват се методите за оптимално линейно предизкривяване и коригиране на сигналите за шумоустойчива обработка на информацията.

METHODS FOR PRE-DISTORTION AND NOISE CORRECTION FOR SUSTAINABLE SIGNAL PROCESSING IN SPACE RADIO CHANNELS

Antonio Andonov, Mariana Mihova, Petar Dimkin

Todor Kableshkov University of Transport e-mail: andonov@vtu.bg; marianndimi@abv.bg; p_dimkin@abv.bg

Keywords: radio-communication systems, noise resistance, pre-distortion and signal correction

Abstract: Several approaches were examined for increasing noise resistance of communication systems by coordinating the shape of the transmitted signals as well as the type of modulation channels without further increase of radiation power. In addition, methods for optimal linear pre-distortion and correction of signal noise-resistant data processing are utilized.

1. Увод

Повишаването на шумоустойчивостта и ефективността на системите за предаване на информация заема централно място в съвременната теория и техника за предаване на информация.

Сигналите са функция както на времето, така и на предаваното съобщение. Времевата зависимост характеризира формата на предаваните сигнали, а информационната зависимост – вида на модулацията. Ако сигналите се предават по неизкривяващ канал за връзка и приемат на фона на бял шум, то качеството на приемане се определя само от вида на модулацията и не зависи от формата на предаваните сигнали.

Съвсем различна е ситуацията, ако приеманите сигнали са изкривени от корелиран шум или от канала за връзка. В този случай шумоустойчивостта при приемане зависи не само от вида на модулацията, но и от формата на предаваните сигнали. Както формата на сигналите, така и вида на модулацията могат да бъдат оптимизирани, т.е. да се съгласуват с дадения канал за връзка. Изследването на подходи за повишаване на шумоустойчивостта на комуникационните системи чрез съгласуване на формата на предаваните сигнали и вида на модулация с канала, без допълнително увеличаване на мощността на излъчване е от изключителна актуалност.

2. Постановка на проблема

Синтезът на радиокомуникационна система се изразява в определянето на оптимална по определен критерий структура на системата, при зададени характеристики на условията на работа, външните въздействия и ограничения [1]. Най-важният етап на оптимизацията на повечето радиосистеми е синтезът на оптимални сигнали и устройства за тяхната обработка (филтри). Методите за оптимално линейно предизкривяване и коригиране на сигналите се използва за шумоустойчива обработка на информацията едновременно на предаващия и приемащия тракт на системата. Същността на предизкривяването и корелацията се състои в такива линейни операции над полезния сигнал и смущението, при които при неизменяща се средна мощност на сигнала на входа на канала е възможно да се увеличи отношението сигнал/шум на входа на приемника. Функционалната схема на радиосистемата с предизкривяване и корекция е дадена на фиг. 1.

В теория на информацията кодирането, позволяващо да се предава информация със скорост, равна на пропускателната способност на канала, се нарича "идеално" или кодиране по Шенон [2]. Обикновено за целите на "идеално" кодиране се използват нелинейни кодиращи филтри на предавателната част [3]. За разлика от "идеалното" кодиране предизкривяването и корекцията се осъществяват от линейни филтри, включени в предавателната и приемната част на радиосистемата. Коригиращият филтър играе роля на съгласуван (оптимален) филтър.





Енергийният спектър на предаваните сигнали във всеки конкретен случай имат напълно определен характер. В разглеждания случай ролята на линейно кодиращо устройство изпълнява предизкривяващият филтър (ПФ). При въвеждането на предизкривявания на сигнала в предаващата част на системата, енергийният спектър на входа на приемника ще бъде изкривен в съответствие със закона на предизкривяване. За възстановяване формата на сигнала на входа на приемника се включва т.н. коригиращ филтър (КФ), който изпълнява ролята на декодиращо устройство. В общ случай честотните характеристики на двата филтъра могат да не бъдат взаимно обратни.

Използването на подобен подход за шумоустойчива обработка на информацията може да бъде особено перспективен, защото позволява да се постигне скорост на предаване на информацията максимално близка до пропусквателната способност на даден канал, защото принципно би било възможно оптималното линейно предизкривяване и коригиране да бъде близо до т.н. "идеално" кодиране.

3. Оценка на ефективността на методите за оптимално линейно предизкривяване и коригиране.

Да означим с S(f) спектралната плътност на предавания сигнал, а с N(f) спектралната плътност на адитивния шум в канала. Нека амплитудно-честотните характеристики на предизкривяващия и коригиращия филтри са съответно: $K_1(f)$ и $K_2(f)$. Да въведем следните означения: P_c / P_u –отношение сигнал/шум при липса на предизкривянане и корекция; P_{oc} / P_{ou} – отношение сигнал/шум при наличие на предизкривяване и корекция на входа на приемното устройство.

В общ случай предизкривяващият и коригиращият филтър внасят затихване, особено ако са изпълнени във вида на пасивни четириполюсници. В съответствие с това може да се запише:

$$K_1(f) K_2(f) = k > 0$$

Ефективността на използването на предизкривянане и корекция ще се оцени чрез коефициента G, показващ колко пъти отношението сигнал/шум на входа на приемника е поголямо отколкото при тяхната липса, т.е. при $K_1(f)$ $K_2(f) = 1$:

$$G = \frac{P_{oc} / P_{ou}}{P_c / P_u} = \frac{P_{oc} P_u}{P_c P_u}$$

Или

(1)
$$G = \frac{\int_{f_1}^{f_2} s(t) |K_1(f)|^2 |K_2(f)|^2 df}{\int_{f_1}^{f} s(t) df \int_{f_1}^{f} N(f) |K_2(f)|^2 df} ,$$

където f_1 и f_2 са граничните честоти на ефективната лента на пропускане на системата.

За правилна оценка на ефективността от използването на предизкривяване и коригиране е необходимо да се изпълни условието за фиксиране на средна мощност на входа на канала (фиг.1):

(2)
$$\int_{f_1}^{f_2} S(f) |K_1(f)|^2 df = p_{cp} = const$$

За изпълнение на това условие е необходимо за компенсиране на затихването на сигнала в предизкривяващия филтър да се включи допълнителен усилвател в предавателния тракт на системата. Този усилвател трябва да компенсира намаляването на средната мощност на сигнала в предизкривяващия филтър. Неговият коефициент на усилване съответно е равен на:

$$(k_0)^2 = \frac{\int_{f_1}^{f_2} S(f) \, df}{\int_{f_1}^{f_2} S(f) \big| K_1(f) \big|^2 \, df}$$

След умножението на числителя от формулата за коефициента $G \, c \, (k_0)^2$ и отчитане на условията от формула (2), окончателно се получава :

(3)
$$G = \frac{\int_{f_1}^{f_2} S(f) df \int_{f_1}^{f_2} N(f) df}{\int_{f_1}^{f_2} S(f) |K_1(f)|^2 df \int_{f_1}^{f_2} \frac{N(f)}{|K_1(f)|^2} df}$$

Формула (3) показва колко пъти е възможно да се намали средната мощност на смущенията на входа на приемника при фиксирана средна мощност на полезния сигнал на входа на канала или колко пъти е възможно да се намали средната мощност на полезния сигнал на входа на канала при неизменна шумоустойчивост, т.е. при постоянна средна мощност на смущенията на входа на приемника. Тази формула е удобно да се ползва при изчисляване на ефективността от използване на предизкривяване и корекция в случай на известни смущения и при известен закон на предизкривяване, определен от амплитудно-честотната характеристика на предизкривяващия филтър $K_1(f)$.

4. Заключение

Разглежданият подход за синтез на радиокомуникационни системи за предаване на информация дава възможност за търсене на решения на комплексната задача за оптимизация на формата на сигнала при предаване съвместно с оптимална филтрация при приемане. Съчетан с възможностите на адаптивно предизкривяване и корекция относно изменящата се активност на канала би позволило определянето на гарантираните нива на работоспособност на системата в различни ситуации, включително и при въздействие на преднамерени смущения, което е от изключителна актуалност при предаване на информация с осигурителна отговорност.

Литература:

1. В и т е р б и, А. Д., Дж. О м у р а. Принципы цифровой связи и кодирования, М., Радио и связь, 1987.

2. В о з е н к р а ф т, Дж. Теоретические основы техники связи, М., 1979.

3. Скляр, Б. Цифровая связь, М., 2003.

ОЦЕНКА НА ЕКСПЛОАТАЦИОННАТА НАДЕЖДНОСТ ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЯТА НА ВЕРТОЛЕТИ AS 332 SUPER PUMA

Николай Загорски

Технически университет – София, филиал Пловдив e-mail: nzagorski_bbc@abv.bg

Ключови думи: експлоатация, вертолети, надеждност

Абстракт: От няколко години във Военновъздушните сили на Република България се намират в експлоатация вертолети AS 532 AL Cougar. Моделът AS 532 AL Cougar е разработен на основата на базовия модел AS 332 Super Puma, който е изключително успешен и се намира в летателна експлоатация във военновъздушните сили на повече от 37 държави и 1000 авиационни оператори по целия свят.

Оценката на експлоатационната надеждност при експлоатацията на базовия модел вертолети AS 332 Super Puma може да бъде използвана от авиационния инженерно-технически състав от Военновъздушните сили за извършване на средносрочни и дългосрочни прогнози и планиране на мероприятията за поддържане на надеждността на намиращите се в експлоатация вертолети AS 532 AL Cougar.

EVALUATION OF THE OPERATIONAL FIDELITY DURING THE OPERATION OF AS 332 SUPER PUMA HELICOPTERS

Nikolay Zagorski

Technical University of Sofia, Plovdiv Branch e-mail: nzagorski_bbc@abv.bg

Keywords: operations, helicopters, fidelity

Abstract: For several years already, AS 532 AL Cougar helicopter are in service in the Air Force of the Republic of Bulgaria. The AS 532 AL Cougar model is based on the basic AS 332 Super Puma model, which is extremely successful, being in flight operation in the Air Force of more than 37 countries and 1000 aircraft operators worldwide.

The evaluation of the operational fidelity in the operation of the AS 332 Super Puma basic model helicopters can be used by the aviation engineering and technical staff of the Air Force to perform medium- and long-term forecasting and planning of measures for maintaining the fidelity of in-service AS 532 AL Cougar helicopters.

1. Въведение

Във Военновъздушните сили на Република България се намират в експлоатация вертолети AS 532 AL Cougar. Моделът AS 532 AL Cougar е разработен на основата на базовия модел AS 332 Super Puma, който е изключително успешен и се намира в летателна експлоатация във военновъздушните сили на повече от 37 държави и в повече от 1000 авиационни оператори по целия свят. Вертолетът е оборудван с турбовален двигател Turbomeca тип Makila с мощност 1700 к. с. Първата военна версия се произвежда като модел AS 332B1, за търсене и спасяване се произвежда като AS 332C1 и е оборудвана с радар за търсене, а модел AS 332F е първата военна версия за действие срещу кораби и подводни лодки.

От началото на 1990 г. военните версии на вертолет AS 332 Super Puma се произвеждат като AS 532 AL Cougar. Към настоящия момент се произвеждат следните модели Cougar:

- AS 532MC Mk I- базов модел за търсене и спасяване (Search & Rescue (SAR) platform);

- AS 532SC Mk I- късо фюзелажен вариант за борба с подводни лодки;

- AS 532U2 Mk II- базов модел без въоръжение;

- AS 532A2 Mk II- усъвършенстван модел за търсене и спасяване;

- AS 532L2 Mk II- с удължен фюзелаж за допълнителни места за пътници и с удължени лопати на носещия винт;

- AS 532 Cougar 100- опростен модел с фиксиран колесник.

2. Изследване на количеството откази, регистрирани в процеса на експлоатация на вертолети AS 332 Super Puma

Изследвани са 11 обекта с общ нальот около 4200 часа. Обобщените данни са представени в Таблица 1, където са показани броя на регистрираните откази и неизправности по всеки от изследваните вертолети, изпълненията нальот от всеки вертолет, както и средния нальот на един отказ и неизправност по вертолети.

Таблица 1

	1-								
№ по ред	№ на вертолета	Нальот на вертолета [часове]	Брой на регист- рирани откази и неизп- равности	Среден нальот на един отказ за вертолета [часове:мин]	№ по ред	№ на вертолета	Нальот на вертолета [часове]	Брой на регист- рирани откази и неизп- равности	Среден нальот на един отказ за вертолета [час:мин]
1.	101	500	54	9:16	7.	107	400	3	133:20
2.	102	500	22	22:44	8.	108	350	2	175:00
3.	103	500	17	29:25	9.	109	250	-	-
4.	104	500	15	33:20	10.	110	200	-	-
5.	105	450	11	40:55	11.	111	150	-	-
6.	106	400	10	40:00	Общо		4200	148	

В Таблица 2 са обособени времеви интервали от експлоатацията на вертолета, в зависимост от неговата наработка. Показани са броя на регистрираните откази и неизправности по всеки от времевите интервали, както и средния нальот на един отказ и неизправност за интервала.

Таблица 2

Времеви интервал		Брой на изследвани вертолети		Общ нальот на	Брой на	Среден	
№ по ред	Среден нальот [часове]	Брой на ВС в групата	Брой на отказали ВС	изследване [часове]	регистрирани откази и неизправности	един отказ [час:мин]	
1.	0 ÷ 50	11	6	550	26	21:09	
2.	50 ÷ 100	11	6	550	26	21:09	
3.	100 ÷ 150	11	7	550	29	18:58	
4.	150 ÷ 200	10	2	500	18	27:47	
5.	200 ÷ 250	9	3	450	9	50:00	
6.	250 ÷ 300	8	4	400	21	19:03	
7.	300 ÷ 350	7	3	350	10	35:00	
8.	350 ÷ 400	6	1	300	1	300:00	
9.	400 ÷ 450	4	2	200	2	100:00	
10.	450 ÷ 500	3	2	150	4	37:30	





По данните от Таблица 2 е построена зависимостта, представена на Фиг.1, където е показано изменението на средния нальот на един отказ и неизправност в различните времеви интервали на нальот на вертолетите AS 332 Super Puma.

3. Изследване на разпределението на отказите по специалности

Обобщените данни за разпределение на регистрираните откази и неизправности в процеса на експлоатация на вертолети AS 332 Super Puma са представени в Таблица 3.

Таблица 3							
Среден нальот [часове]	Откази по специалности			Среден	Откази по специалности		
	Вертолет	Авионика	Двигател	[часове]	Вертолет	Авионика	Двигател
0 ÷ 50	5	19	4	250 ÷ 300	18	2	2
50 ÷ 100	17	2	4	300 ÷ 350	7	2	
100 ÷ 150	13	15	2	350 ÷ 400	1		
150 ÷ 200	13	5	1	400 ÷ 450	1	2	
200 ÷ 250	12			450 ÷ 500	1		2

Характерът на изменение на отказите по специалности, представен в Таблица 3, в зависимост от интервала нальот, е показан на Фиг. 2.



От изменението на зависимостите, представени на Фиг. 2, се установява, че за едни и същи интервали нальот различните системи на вертолети AS 332 Super Puma проявяват различен брой откази.



Характерът на изменение на Фиг. 2 и Фиг. 3 показва значително колебание на регистрирани откази и неизправности по системите на вертолета. Стабилизиране на броя на регистрираните откази се наблюдава след наработка от 350 – 400 часа.



От графиките, представени на Фиг. 2 и Фиг. 4 се вижда, че най-устойчиви ниски нива на регистрираните откази и неизправности се наблюдава при експлоатацията на двигателите Turbomeca тип Makila.



От данните, показани на Фиг. 5, където е представено изменението на броя на отказите по авиониката в зависимост от интервала нальот на вертолета, в началото на процеса на летателна експлоатация се наблюдава значително колебание в количеството регистрирани откази и неизправности в системите от авиониката, при които след около 200 часа нальот се установява стабилизиране на показателите.

4. Изводи

Изследваните статистически материали за регистрираните откази и неизправности в процеса на летателна експлоатация на вертолети AS 332 Super Puma дават основание да се направи извод, че след нальот от 350 – 400 часа се наблюдава устойчиво ниво на надеждност на системите на вертолета, двигателите и авиониката.

Литература:

- 1. БДС 27.002-86 "Надеждност в техниката"
- 2. А н ц е л о в и ч, Л. Д. "Надеждностъ, безопасностъ и живучест самолета", Учебник для вузов обучаюшихся по специалъностей "Самолетостроение" М. ;Машиностроение, 1995.
- 3. Материали от Интернет.

Sixth Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, SAFETY 2–4 November 2010, Sofia, Bulgaria

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЪЗМОЖНОСТТА ЗА АВТОМАТИЗИРАНЕ НА ПРОЦЕСА НА АНАЛИЗ НА ВИДОВЕТЕ, ПОСЛЕДСТВИЯТА И КРИТИЧНОСТТА НА ОТКАЗИТЕ НА ВЪЗДУХОПЛАВАТЕЛНИТЕ СРЕДСТВА

Николай Загорски

Технически университет – София, филиал Пловдив e-mail: nzagorski_bbc@abv.bg

Ключови думи: интегриран подход, отказ, критичност на отказите, надеждност

Абстракт: Анализът на видовете и последствията от отказите (АВПО) представлява формализирана и контролирана процедура за качествен анализ на проекта, технологията на производство, правилата за експлоатация и съхраняване, системата за техническо обслужване и ремонт на изделието. Процедурата се заключава в отделянето и определянето на конкретно ниво на декомпозиция на структурата на възможните (наблюдавани) откази от различен вид, в проследяване на причинно-следствените връзки, обуславящи тяхното възникване, и възможните (наблюдавани) последствия от тези откази на разглежданото и на по-висшите нива, а така също – в качествената оценка и ранговка на отказите по тежестта на техните последствия. След допълването на процедурата АВПО с оценката на показателите за критичност на анализираните откази се получава анализ на видовете, последствията и критичността на отказите (АВПКО), който се явява базов инструмент за анализа на логистичната поддръжка на етапа на разработването на нови образци авиационна техника.

INVESTIGATUON OF THE FEASIBILITY OF AUTOMATING THE PROCESS OF AIRCRAFT FAILURE TYPE ANALYSIS, EFFECTS AND CRITICALITY

Nikolay Zagorski

Technical University of Sofia, Plovdiv Branch e-mail: nzagorski_bbc@abv.bg

Keywords: integrated approach, failure, failure criticality, reliability

Abstract: The analysis of failure types and consequences (AVPO) is a formalized and controlled procedure for qualitative analysis of the project, the production technology, the operation and storage rules, the technical service and device repair system. The procedure consists in the separation and determination of the specific structure decomposition level of the possible (observed) failures of different types, monitoring of the causal relationships providing for their occurrence and the possible (observed) consequences of these failures at the considered or higher levels, as well as in the proper failure assessment and ranking by the gravity of their consequences. Upon completion of the AVPO procedure evaluation of the critical parameters for the analyzed failure, analysis of the failure type effects, consequences and criticality (AVPKO) is provided, which is the basic tool for analysis of the logistics support at the stage of development of new models of aviation equipment.

1. Въведение

Анализът на видовете и последствията от отказите (АВПО) [6] представлява формализирана и контролирана процедура за качествен анализ на проекта, технологията на производство, правилата за експлоатация и съхраняване, системата за техническо обслужване и ремонт на изделието. Процедурата се заключава в отделянето и определянето на конкретно ниво на декомпозиция на структурата на възможните (наблюдавани) откази от различен вид, в проследяване на причинно-следствените връзки, обуславящи тяхното възникване, и възможните (наблюдавани) последствия от тези откази на разглежданото и на по-висшите нива, а така също – в качествената оценка и ранговка на отказите по тежестта на техните последствия. След допълването на процедурата АВПО с оценката на показателите за критичност на анализираните откази се получава анализ на видовете, последствията и критичността на отказите (АВПКО), който се явява базов инструмент за анализа на логистичната поддръжка (АЛП) на етапа на разработването на нова авиационна техника.

АВПКО включва качествено описание на отказите: какво, как, защо и с какви последствия може да откаже, както и определянето на количествените характеристики на отказите и на техните последствия, такива като: критичност на отказите, вероятност за възникването на отказ и т.н.

АВПКО започва на ранните стадии на проекта, когато са известни само функционалните изисквания към ново разработваното изделие (функционален АВПКО) и се извършва до приключване на проектирането на изделието (физически АВПКО).

Анализът на видовете, последствията и критичността на отказите се извършва с цел обосноваване, проверка на достатъчност, оценка на ефективността и контрол за реализацията на управленските решения, насочени към усъвършенстването на конструкцията, технологията на производство, правилата за експлоатация, системата за техническо обслужване и ремонт на обекта и осигуряват предупреждения за възникването и/или отслабват тежестта на възможните последствия от неговите откази, достигане на необходимите характеристики на безопасност, екологичност, ефективност и надеждност.

2. Общи изисквания към автоматизирането на процеса на АВПКО

Анализът на видовете, последствията и критичността на отказите се явява процедура, която трудно може да бъде формализирана и, при която се формира изключително голям обем от данни, такива като наименование и описание на отказите, причини, последствия, проявление, вероятност за възникване и критичност на отказа. Така например, критичността на отказа (C) се определя като произведението на три съставляващи, изразени в степенна ска́ла от 1 до 10, и характеризиращи вероятността за възникване на отказа преди доставянето на изделието до потребителя (B_2) и вероятността за откриване на отказа преди доставянето на изделието до потребителя (B_3) [6]:



Изпълнението на анализ на видовете, последствията и критичността на отказите изисква от ангажираните в процеса участници, на първо място, всестранни знания за изследвания обект, и на второ място, детайлни знания за съответните методи и процедури. За ефективното провеждане на АВПКО на сложно техническо изделие е необходимо този процес да бъде автоматизиран на основата на съвременните подходи за създаване на информационни системи. Най-перспективен в тази насока се явява интегрираният подход, обединяващ методологията на функционалното моделиране на процесите в системата (IDEF0), общият вид на който е показан на Фиг. 1, и методологията на информационното моделиране и проектиране на база-данни (IDEF1x), общият вид на който е показан на Фиг. 2.

При този процес трябва да бъдат последователно преминати редица основни нива на проектирането [3]:

- концептуално ниво;
- логическо ниво;
- физическо ниво.

На концептуалното ниво се определят функционалните изисквания към бъдещата система от гледна точка на различните специалисти за построяване на моделите на бизнеспроцесите и се разработва функционалния модел на процеса АВПКО. На логическото ниво се разработват моделите и алгоритмите на функциониране на компонентите на системата и тяхното взаимодействие, независимо от бъдещата физическа реализация. На този етап се разработват информационните модели на предметната област, схемите на база-данни и алгоритмите за контрол на целостността на данните. Физическото ниво предполага изпълнение на проекта във вид на конкретни програмно-технически решения.



По-нататък в статията са разгледани възможните решения на задачата за автоматизация на процеса на АВПКО на концептуално и на логическо ниво.

3. Функционален модел на концептуално ниво на процеса на АВПКО

Разработването на функционалния модел на процеса на извършване на АВПКО може да бъде изпълнен успешно с използването на методологията на функционалното моделиране IDEF0 [4] и съответния инструментариум.

В хода на функционалното моделиране трябва да бъдат изпълнени следните дейности:

- функционална декомпозиция на предметната област, отделянето на задачите на АВПКО и взаимните връзки между тях;

- определяне на информационните потоци и информационните обекти на предметната област.



Функционалният модел е представен със съвкупността от диаграми (Фиг. 3 ÷ 7). На Фиг. 3 е показана контекстната диаграма А-0, представляваща общо описание и границите на функционалния модел на процеса АВПКО и неговото взаимодействие с външната среда. На Фиг. 4 е представена диаграма А0 на декомпозицията на процеса на извършване на АВПКО.



Входната информация на диаграми А-0 и А0 включват следните данни:

- за структурата и състава на изделието;
- за характеристиките на изделието;

- анализ от опита на експлоатацията на изделия-аналози;

- за надеждността на комплектоващите изделия.



Изходната информация се представя под формата на отчет, който съдържа:

- описание на обекта с указване на нивото на декомпозиция, от което се извършва анализът;

- описание на метода и алгоритъма на анализа;

- обобщени резултати от анализа, които включват: списък и класификация на възможните откази на обекта по видове, причини и условия за възникване, по последствия и критичност, списък с критичните елементи;

- заключение за възможността за преминаване към следващия етап от разработката.

За избрания модел съществува ограничаваща и априорна информация, състояща се от: - национални и международни стандарти;

- справочници-класификатори, съдържащи стандартни формулировки за описание на наименованията на видовете откази, проявяването на отказите, причините за отказите, методите за откриване на откази, конструктивните мерки за компенсиране (неутрализиране) на проявилите се откази;

- система за кодиране на видовете откази, проявяването на отказите;

- система за класификация на отказите по тежестта на техните последствия.



Ресурс на модела се явява персонала, в състава на който влизат следните специалисти:

- конструкторът на изделието (системата);

- инженерът по надеждността;
- инженерът изпитател;
- експертът в предметната област.

На диаграма A1 (Фиг. 5) е представена декомпозиция на блок 1 "Структуриране и кодиране на системата". Функционалният блок 1 от диаграма A0 се декомпозира на следните съставни елементи:

- установяване на минималното ниво на декомпозиция;

- идентификация на всички елементи от минималното ниво на декомпозиция;

- присвояване на елементите на логически контролни и алтернативни номера.

Съдържанието на декомпозицията на функционалния блок 2 "Определяне на показателите на критичност на отказите" от диаграма А0 е представено на диаграма А2 (Фиг. 6).



На диаграма А3 (Фиг. 7) е представена декомпозицията на блок 3 "Формиране на списък с критичните елементи" от диаграма А0. Функционалният блок "Формиране на списък с критичните елементи" включва следните съставни части:

- определяне на показатели на критичност на отказите за елементите от по-високо ниво;
- определяне на критичните откази за всички елементи от системата;
- съставяне на списък с критичните елементи.

4. Информационен модел на логическо ниво на процеса на АВПКО

В хода на информационното моделиране трябва да бъде получен информационен модел на логическо ниво във вид на съвкупност от взаимосвързани същности и техните свойства. Полученият модел не трябва да зависи и да се влияе от конкретната система за управление на базата-данни. След това физическият модел на базата-данни трябва да бъдат свързани към конкретната система за управление на базата-данни.

За създаването на информационния модел на системата може да бъде използвана методологията IDEF1x и поддържащият я инструментариум. На Фиг. 8 е показан вариант на логически модел на база-данни, включващ 9 на брой основни същности от предметната област на АВПКО. Това са: "Система", "Ниво на декомпозиция", "Елемент на системата", "Вид на отказа", "Елемент_Вид на отказа", "Вид на последствията", "Отказ_на_елемента-Последствия", "Категория тежест на последствията от отказа" и "Последствие-Категория_на_тежестта".



По-нататък е необходимо да бъде изпълнена реализация на алгоритмите за обработка на данните в рамките на съставения информационен модел, както и да се разработи потребителския интерфейс.

Програмно-техническото решение, получено в съответствие с описаният по-горе подход, позволява да бъде повишена ефективността при извършване на анализа на видовете, последствията и критичността на отказите и да бъдат намалени разходите за неговото провеждане.

Литература:

1. А с е н о в, С., Н. З а г о р с к и, Г. С о т и р о в, В. В а с е в. Автоматизированная информационная система "Икар" как элемент информационной системы логистики Болгарской армии, 4-я Международная научная конференция по военно-техническим проблемам, проблемам обороны и безопасности, использованию технологий двойного применения, тез. докл., Минск, ГУ "БелИСА", 2009, 316 с.

2. Б а к а е в, В., Е. С у д о в, В. Г о м о з о в. Информационное обеспечение, поддержка и сопровождение жизненного цикла изделия, Москва, Машиностроение – 1, 2005, 624 с.

- 3. Головин, В., А. Шаламов, В. Миронычев, Ю. Митрофанов, А. Гриценко, С. Ямпольский. Управление организационно-техническими системами, Москва, ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 2006, 580 с.
- 4. М а к л а к о в, С. Создание информационных систем с All Fusion Modeling Suite, Москва, ДИАЛОГ-МИФИ, 2005, 432 с.
СПЕЦИФИЧНИ ЯВЛЕНИЯ В ТРИБОМАТЕРИАЛИТЕ ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЯ В КОСМИЧЕСКИ УСЛОВИЯ

Тинка Грозданова

Институт за космически и слънчево-земни изследвания – Българска академия на науките e-mail: <u>t</u>inka_gr@abv.bg

Ключови думи: трибопроцеси, вакуум, космически условия

Резюме: В статията са разгледани трибологичните проблеми и явления, протичащи в някои материали при използването им във вакуум.

SPECIFIC EFFECTS IN TRIBOMATERIALS OPERATING UNDER SPACE CONDITIONS

Tinka Grozdanova

Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: <u>tinka_gr@abv.bg</u>

Key words: materials, vacuum, space tribology

Abstract: This paper analyzes the tribological problems arising in vacuum usage of various materials.

Процесите триене и износване протичат при взаимодействие между повърхностите на телата, затова състоянието и структурата на повърхността оказва решаващо влияние върху формирането на силите на триене и механизмите на износване.

Представите за трибологичните процеси на въздух се свеждат до това, че се извършва разрушаване на микронеравностите, а продуктът от износването в контактната зона е подложен на по-нататъшна деформация и диспергиране. Под влияние на въздушната атмосфера на повърхността на металите се образуват окиси, адсорбционни слоеве от влага, газ и други замърсявания. Успоредно с това в практиката се прилагат допълнително смазки с цел намаляване на триенето и износването на детайлите.

Космическите условия се характеризират с отсъствие на окисляваща атмосфера, влияние на вакуума, сублимация, силно изпарение на смазочните материали, термични въздействия, лъчения, безтегловност, удари на микроскопични метеоритни частици и др.

Вакуумът в космически условия представлява силно разредена среда с концентрация на газовите частици, изменяща се в много широки граници. Тази среда фактически не съдържа кислород, водни пари и други газове. Плътността й е силно намалена (10⁹ – 10¹² пъти) в сравнение с тази в земни условия. Космическата техника функционира най-често във вакуум, определен от стойностите 10⁻³ – 10⁻¹² Ра [4].

При триенето на въздух повърхностните окиси действат като защитен слой, който се разрушава под действие на силата на триене (нормална и тангенциална), на температурата и на деформационните процеси в мястото на трибоконтакта. Но под действието на кислорода този слой се възстановява и запазва защитните си свойства при налягане по-голямо или равно на 1Ра [1].

В условията на вакуум газовата среда рязко се променя, нарушава се динамичното равновесие между нея и адсорбционните слоеве, протича тяхната десорбция, а образуването на окисни слоеве силно се възпрепятства.

Износването на защитните повърхностни слоеве при триенето във вакуум води до тяхното необратимо премахване и до нарастване силата на адхезия. Получава се сухо триене и

в контакт влизат атомно-чисти повърхности. При тези обстоятелства трибологичните процеси засягат не само микрогеометрията на повърхността, но и основно нейното физико-химическо състояние.

С нарастването на адхезията се получава пренос на материалите в трибоконтакта, силно увеличаване на коефициента на триене и катастрофално износване на материала (Фиг. 1). Образуват се здрави съединения, големината на които нараства с увеличение броя на контактните цикли [2].

Във вакуум характерът на топлообмена с окръжаващата среда се изменя вследствие отсъствието на конвекционно топлоотдаване. В процеса на триене това води до силно нарастване на температурата в контакта. Проявява се увеличаване на пластичната деформация, ускоряване на деструкцията на повърхностните слоеве, засилване на десорбцията от повърхността и активизиране на дифузията от обема навън [1].



Характерна особеност на вакуумната трибология

представляват процесите на газопоглъщане и газоотделяне в зоната на контакта. С разрушаването на повърхностните структури механичните и топлинни въздействия предизвикват образуването на дислокации, засилване на химическата активност на триещите се материали, и увеличаване на газообмена със средата. При налягане, близко до атмосферното (нисък вакуум), процесът включва поглъщане на газовете и образуване предимно на окиси. При висок вакуум (налягане < 10⁻¹ Ра) вследствие високата температура и силната пластична деформация се наблюдава отделяне на газове [2,3,4]. Съпоставянето на динамиката на газообмен с динамиката на изменение на трибологичните показатели и със структурно-морфологичните особености на триещите се повърхности дава възможност за оценка на самите трибопроцеси.

Като основни конструкционни материали в космическата и ракетната техника се използват сплавите на алуминий, неръждаема стомана и композитни материали. Опитът показва, че при ниски температури твърдостта и крехкостта на материалите нарастват [7]. В металите възникват квантови ефекти, променящи значително физико-химичните им свойства, които са пряко свързани със структурата. Но Мак-Кларън и Форман доказват, че алуминиевата сплав "2219-Т81", като материал за използване при ниски температури притежава забележителни свойства [6]. При нея с намаляване на температурата до 20 К границата на



якост и провлачване и коефициентът на еластичност при натоварване монотонно нарастват.

Изследването на сплави от типа AI-Si за триботехнически цели във вакуум обаче показва, че тяхното приложение е неуместно [4]. Материалите от типа силумин (AI,Si,C) и бронз (Cu,Sn,C) съдържат графит, който при триенето във вакуум няма свойства на твърда смазка поради своята летливост и е неефективен в отсъствието на влага. При изследване структурата на силумин С помощта на трансмисионен електронен

микроскоп е установено, че решетката на алуминия не е деформирана, а атомите на силиция образуват свръхструктура по всички металографски повърхнини, т.е. силицият не е свързан с алуминиевата решетка, (Фиг. 2). Наличието на свободни атоми силиций и въглерод могат да образуват силициев карбид, тетраедрите на който действат като абразив [4,5].

В случаите на триене на въглеродни стомани във вакуум се получава стойност на адхезията два пъти по-голяма, отколкото на въздух [8]. Увеличаването на адхезионната компонента води до силно нарастване на деформацината компонента. При степен на вакуума 10⁻⁴ Ра, възвратно-постъпателно движение със скорост 0,25 m/s на трибодвойка от стомана 40X и закалена стомана 45 (HRc 50) е установено, че след около 15 мин. от началото на процеса на триене се наблюдава микрозадиране и рязко увеличение на коефициента на триене. За

настъпването на тези явления голямо значение имат както времетраенето на процеса, така и степента на вакуума, (Фиг.3, Фиг.4).



В резултат на много експерименти и изследвания е установено, че при триенето на сплави във вакуум се проявяват особености, различни от тези при чистите метали [5]. Различията се определят и зависят от легиращите елементи. Процесите на задиране и тук се обясняват разрушаване С електронната теория на сплавите. След разтварянето на елементи с голям брой валентни електрони в решетката на основния метал се получава постепенно увеличаване на свободните електрони. В зависимост от степента на тяхната концентрация енергията им нараства и се получава насишане на металните връзки. При доближаване на триешите ce повърхности на разстояние, осигуряващо междуатомно взаимодействие, както е в ювенилен случая на контакт. ce осъществява взаимна дифузия на атоми електронен обмен И между контактуващите тела.

предотвратяване на Зa това явление са разработени различни видове покрития върху стоманата, като едно от най-сполучливите е борирането. Чрез термодифузионна обработка на стоманата С преходните метали цирконий, ванадий, титан, молибден и др. преди нейното бориране ce осъществяват подобряващи няколко

ефекта едновременно. От една страна тези добавени елементи изпълняват ролята на електрони на желязото в системата "Желязо – Преходен метал – Бор", създават металоподобни връзки, пречат за образуването на боридни вериги и ковалентни връзки в съединенията от типа "Метал – Бор" [9,10]. В резултат на това пластичните свойства на покритието се подобряват, а те са пряко свързани с адхезията. От друга страна боридният слой е с повишена износоустойчивост, намалена крехкост и се предотвратява появата на микропукнатини, което е характерно за боридните стомани по принцип.

В областта на ниските температури интересни резултати са получени при изследване на слоистите композитни материали, като например съдържащите Бор-алуминий [7]. Благодарение на ниското съотношение между топлопроводимост и модула на еластичност тяхното използване води до намаляване на загубите при охлаждане в условия на температурен градиент. Тези композитни материали са едни от най-използваните за целите на космическата и ракетна техника [11].

Титановите сплави от типа "Ti-5Al-2,5Sn" са едни от най-добрите сред редица материали според Кейсен [11]. При тях якостта и еластичността при различно натоварване нарастват с понижаване на температурата.

Космическата среда се характеризира още с електро-магнитно излъчване с много широк спектър, потоци частици с голям енергиен диапазон и йонизирани газове с повишена химическа активност. Материалите, използвани в Космоса, са подложени на тяхното комплексно въздействие.

Степента на радиационното влияние върху металите и сплавите зависи най-вече от тяхната структура, от типа и енергията на бомбардиращите частици, интензивността на потока, продължителността на облъчването и т.н. В общия случай бомбардиращите частици са бързи електрони, йони, неутрони и гама-кванти. Попадайки в кристалната решетка на метала, те встъпват в еластични и нееластични взаимодействия с атомните ядра, предизвикват първичноизбити атоми, стъпаловидни изменения в кристалната решетка, както и образуване на нови химически елементи. Това закономерно води до изменение на свойствата на материалите [12, 13].

Явленията, които се протичат в трибоматериалите при тяхната експлоатация в космически условия, обуславят тяхното изменение и в най-общия случай водят до увреждане, което се изразява в:

- 1. Радиационна нискотемпературна и високотемпературна трошливост и крехкост.
- 2. Физически и химически разпрашавания.
- 3. Изменения в якостта и пластичността.
- 4. Изменения в електропроводимостта.
- 5. Изменения в обема, известно още като радиационно набъбване, и др.

Радиационното облъчване стимулира химическата, адсорбционната и каталитичната активност на повърхнините. Резултати от експерименти показват, че при сухо триене във вакуум на две облъчвани стоманени повърхности износването намалява до 1,5 пъти [4,14]. При различни покрития облъчването с бързи електрони води до повишаване на износоустойчивостта 4-6 пъти. Бомбардировката с електрони при металите предизвиква електронна емисия, топлинно и рентгеново лъчения. Структурните дефекти са най-големи при облъчване с неутрони, при което промените в твърдостта, якостта, и еластичността са значителни.

В космическата среда протичат процеси, които са много сложни, зависят от множество фактори, действащи едновременно. В симулирани земни условия тяхното цялостно възпроизвеждане е невъзможно. По тази причина само експериментите, проведени в реални космически условия могат да дадат достоверна информация за промените, настъпващи в материалите след престой и експлоатация в Космоса.

Литература:

- 1. Дроздов, Ю. Н., В. Г. Павлов, В. Н. Пучков. Трение и износ в экстремальных условиях. Москва, Машиностроение, 1986.
- 2. Крагельский, И.В., И.М. Ломбарский, А.А.Гусляков, Г.И.Трояновска я, В. Ф. Удовенко. Трение и износ в вакууме. Москва, Машиностроение, 1973.
- 3. С и л и н, А. А. Трение в космическом вакууме. Трение и износ, 1, №1, 1989.
- 4. 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 за получаване на научно звание Ст.н.с. I ст., 2004, София.
- 5. Грозданова, Т. Развитие на триботехническите материали за работа във вакуум. 26-th International Scientific Conference, Sozopol, Bulgaria, 13-16 Sept., 2010. Proceedings, 612.
- 6. Мак-Кларен, С.В., К. Форман. Свойства материалов для авиокосмической техники при низких температурах в условиях двуосного растяжения. Доклад. Сб. Научных трудов под ред. Фидляндера, И.М. Металлургия, 1983, 59.
- 7. С и м е о н о в а, Ю., М. А с т р у к о в а, Т. Г р о з д а н о в а, Л. Д и н к о в а. Влияние на космическата среда върху трибологичните свойства на материалите. Proceedings of the Common Science Technical Session BULTRIB 2007, Oct. 2007, Sofia, Bulgaria.
- 8. Лобарский, И., М. Платник. Металлофизика трения, Москва, Металлургия, 1976.
- 9. В о й н о в, Б. Износостойкие сплавы и покрытия. Москва, Машиностроение, 1980.
- 10. Начинков, А. Д., А. Ф. Захарова, Н. Г. Нефедов. Исследование антифрикционных свойств хромоборированных и борированных дифузионных покрытий на сталях ШХ 15, 4Н13, Р 18. Защитные покрытия материалов, 8, 1974, 132.
- 11. К е й с е н, М. Б. Композиционные материалы для конструкций, работающих на низких температурах. Сб. Научных трудов под ред. Фридляндера И.М. Москва, Металлургия, 1983, 70.
- 12. И б р а г и м о в, Ш. Ш., В. В. К и р с а н о в. Радиационные повреждения металлов и сплавов. Энергоатомиздат, Москва, 1985.
- 13. Паршин, А. М. Радиационная повреждаемост конструкционных материалов и пути ее ослабления. УДК 669.018.86. Общество "Знания", Ленинград, 1985.
- 14. Н у с и м о в, М. Д. Воздействие и моделирование космического вакуума. Москва, Машиностроение, 1982.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИ ИЗМЕНЕНИЯ В СТРУКТУРАТА НА САМОСМАЗВАЩИТЕ СЕ КОМПОЗИТНИ МАТЕРИАЛИ ПРИ РАБОТА ВЪВ ВАКУУМ

Тинка Грозданова

Институт за космически и слънчево-земни изследвания - Българска академия на науките e-mail: tinka_gr@abv.bg

Ключови думи: Самосмазващи се композитни материали, вакуум

Резюме: В статията са разгледани самосмазващи се композитни материали на медна основа, изпитани в условията на сухо триене във вакуум.

PHYSICO-CHEMICAL CHANGES IN THE STRUCTURE OF SELF-LUBRICATING COMPOSITE MATERIALS OPERATING UNDER VACUUM CONDITIONS

Tinka Grozdanova

Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: tinka_gr@abv.bg

Keywords: Self-lubricating materials, vacuum conditions

Abstract: Copper matrix composite materials alloyed with metals and phosphorous and containing globular inclusions of lead are considered. During the friction process, lead acts as solid lubricant. The disadvantage of these materials is that lead's high toxicity makes them inapplicable according to ecological requirements. This necessitates replacing lead by other solid lubricants and in particular by molybdenum disulfide.

Основният проблем, който трябва да се преодолее при работата на трибомеханизмите в екстремни условия, е повишаването на противозадиращата устойчивост на материалите. Зацепването на елементите и блокирането на механизмите се предхожда от образуването на бразди, дупки и разтопяване на триещите се повърхности. Проявяването на тези ефекти значително се стимулира при работа на трибовъзлите във вакуум.

значително се стимулира при работа на трибовъзлите във вакуум. В условията на дълбок вакуум (10⁻⁴ – 10⁻¹² Pa), при отсъствието на конвекционно топлоотдаване се получава интензивно нагряване на материалите в трибоконтакта и на целия възел. Високата температура от 150 до 1500°С предизвиква деструкция на смазващите слоеве, на адсорбционните покрития, намалява здравината на материала и подпомага развитието на пластичната деформация в него. Всичко това води до силно увеличение на коефициента на триене, възникване на задиране и образуване на студена заварка [1].

Един от съвременните начини за решаване на тези проблеми представлява използването на самосмазващи се композитни материали на основата на медта. Такива материали са разработени в Института по проблеми на материалознанието към Националната Академия на Науките в Украйна, с който ИКСИ има дългогодишно сътрудничество. Тези нови антифрикционни материали носят общото название ИПМ и характерното за тях е, че притежават високохетерогенна структура, а съставните компоненти имат строго определени функции. Разработени са на медна основа, легирана с фосфор, никел и калай. Съдържат изолирани глобуларни образувания на оловото, което практически не взаимодейства с медта. Основен технологичен принцип при създаването им е постигане на структура, осигуряваща оптимизираните параметри: нисък коефициент на триене, висока износоустойчивост, голяма товароносимост и защита срещу образуване на центрове на зацепване и задиране в контакта при работа в условия на сухо триене във вакуум. Медта и нейните сплави изграждат носещата матрица, а оловото изпълнява антифрикционните функции. ИПМ-301 е първият материал, изследван комплексно и изпитан в симулирани условия в Лабораторията за вакуумни изследвания в Института за Космически Изследвания (сега ИКСИ) при БАН. Той е приложен в трибовъзлите на космическия радиометър "Р-400", включен в международния проект "ПРИРОДА".

Съставът на материала включва мед, фосфор, манган и олово. Получен е чрез леене и притежава твърдост 95 НВ. Изследването на структурата чрез дифракция с бързи електрони (80 KeV) показва, че тя представлява суперпозиция на трите кубични решетки на медта, мангана и оловото [2], като решетката на медта е базисна, а решетката на оловото е найголяма.

Легирането с манган и фосфор подобрява механичните свойства. Манганът образува с медта твърд разтвор и повишава якостта. Фосфорът образува твърда фаза Cu₃P, която се разполага по границите на зърната на твърдия разтвор във вид на разкъсана мрежа и подобрява износоустойчивостта на композита. Тази структура ограничава пластичната деформация в повърхностния слой (Фиг. 1а).



Фиг. 1. Микроструктура на композитите: а) ИГІМ-301 (Cu+Mn+P)+Pb; б) ИГІМ-305 (Cu+Ni+P)+Pb; в) ИГІМ-304 (Cu+Sn+P)+Pb; г) ИПМ-306 (Cu+Sn+P)+MoS₂

ИПМ-305 е материал, съставен от мед, фосфор, никел и олово. Получен е чрез прахова металургия и има твърдост 100 НВ. Легирането с никел и фосфор повишава неговите механични свойства. Никелът играе роля за увеличаване на якостта и корозионноустойчивостта, а фосфорът образува с медта твърда фаза, която повишава износоустойчивостта. Микроструктурата е изградена от твърдите разтвори на никела и частично на фосфора. Останалата част фосфор образува твърдите фази Cu₃P и Ni₃P, разпределени във вид на разкъсана мрежа по границите на зърната на твърдите разтвори. По този начин се повишава якостта на материала, без да се намалява пластичността [3,4], (Фиг. 16).

ИПМ-304 е композитен материал, включващ мед, фосфор, калай и олово. Технологията на неговото получаване е аналогична с тази на ИПМ-305. Притежава твърдост 150 НВ. Тук също е спазена характерната технологична особеност на този тип материали за дефиниране функциите на неговите компоненти. Микроструктурата е изградена от твърдите разтвори на калая и частично на фосфора в медта. Останалият фосфор образува фазата Cu₃P, която, във вид на разкъсана мрежа, е разположена около зърната на твърдите разтвори. Легирането с калай подобрява механичните и антифрикционни свойства на композита. Фазата Cu₃P го оякчава и намалява пластичната деформация при сухото триене. Този материал притежава едновременно якост и пластичност, което позволява на повърхностния слой да се деформира допълнително при нарастване натоварването в контакта, (Фиг. 1в).

При сухото триене във вакуум тези физически и механични качества на материалите ИПМ способстват за намаляване на тяхното износване. Но значително подобрените им

антифрикционни свойства се дължат на включеното в състава им олово. В следствие на повишената температура в контакта, на разликите между коефициентите на дифузия и термично разширение на матрицата и на оловото, както и на пластичната деформация, в повърхностния слой на материала протича процес на дифузия на олово по посока на триенето [2]. Това се потвърждава от анализа на елементния състав на този слой, извършен по метода на електронната Оже-спектроскопия. Експериментите показват, че оловото в тази област е в метално (редуцирано) състояние.

Образуването на равномерен и стабилен оловен слой на повърхността зависи от структурните промени и режима на триене. Този слой дефинира антифрикционните параметри на композита, неговата адаптивност в процеса на триене и ефекта на самосмазване.

С увеличаването на скоростта на триене и големината на товара температурата в контакта се покачва и количеството на оловната смазка нараства. При по-леките режими на работа (товар 2N) снабдяването на повърхността с олово се отнася към процеса на дифузия. При по-тежките режими (товар10N) обогатяването с олово е по-интензивно и неговото количеството е по-голямо. Това се дължи както на повишената температура (до 170°С), така и на избутване на оловото към повърхността под действието на товара. На фиг. 2 е показан разрез на контакта на трибодвойка "композитен материал-стомана", където оловото от глобуларно състояние се разтича и постъпва в контактната междина, образувайки слоя-смазка. Снимка на повърхността е показана на фиг. 3.



медна основа"



Фиг. 3. Микроскопско изображение на повърхността на самосмазващ се композитен материал след сухо триене във вакуум

Използването на олово не се препоръчва поради неговата токсичност. В екологично отношение това го прави неприложимо, както в земни, така и в космически условия. Разработени са други твърдотелни смазки и много успешна се явява замяната на оловото с молибденов дисулфид. Така е получен материалът ИПМ-306, в който са запазени останалите елементи на ИПМ-304, (Фиг. 1г).

Молибденовият дисулфид предствавлява прах с оловно-сив цвят, който се дисоциира във вакуум при температура 1600°С, има твърдост 20 НВ, топлопроводимост 0,13 W/(m.°С) при 40°С и 0,19 W/(m.°С) при 430°С, коефициент на триене 0,03-0,06. На въздух запазва смазочните си свойства в много широк диапазон – от криогенни температури до 400°С [1], а в среда, бедна на кислород – и до повисоки температури.

Твърдотелните самосмазващи се материали, съдържащи молибденов дисулфид, представляват

неорганични слоисти прахобразни смазки и са получили най-широко разпространение. Те притежават високи смазващи свойства, обусловени от слоистия кристален строеж със силно

изразена анизотропия на механичните свойства в две перпендикулярни посоки, а също така и добра адхезия към материали.

Изследването на материала ИПМ-306 показва, че той притежава още по-добри трибопоказатели. При едни и същи условия при сухо триене във вакуум при средно тежки режими на натоварване се получава коефициент на триене на порядък по-малък в сравнение с другите материали от този тип. Интензитетът на износване се движи също в много ниски граници [5].

За обяснение на повишените смазващи свойства на слоистите вещества служи теорията за интеркалацията [1]. При внедряване на атоми или молекули на вещества (интеркаланти) между плоскостите на слоистите твърди тела се образуват химически съединения. Разстоянието между плоскостите на слоистите вещества се увеличава, което води до отслабване на Ван-дер-Ваалсовите сили (до намаляване на междуплоскостната енергия на връзката). Получава се по-леко плъзгане на едната атомна плоскост по другата.

По този начин могат да се получат и разработят твърдотелни смазки и самосмазващи се антифрикционни материали със зададени свойства и с повишена износоустойчивост, нисък коефициент на триене и висока твароспособност. Прилагането им във вакуум осигурява безотказна работа на механизмите и дълъг срок на експлоатация.

Литература:

- 1. Дроздов, Ю. Н., В. Г. Павлов, В. Н. Пучков. Трение и износ в экстремальных условиях. Москва. Машиностроение, 1986.
- 2. 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.
- 3. Колесниченко, Л. Ф., О. И. Фущич, А. Д. Панасюк и др. Контактное взаимодействие структурных составляющих композиционных антифрикционных материалов на основе меди. Порошковая металлургия, №4, 1984, 82.
- 4. Ф у щ и ч, О. И., А. Д. П а н а с ю к и др. Межфазное взаимодействие структурных составляющих антифрикционных композиционных материалов на основе меди. Адгезия расплавов и пайка материалов, 13, 1984, 61.
- 5. Симеонова, Ю., Г. Сотиров, М. Аструкова, Т. Грозданова. Нови самосмазващи се антифрикционни материали за работа в екстремни условия. SENS 2009, Fifth Scientific Conference with International Participation, 2-4 Nov., 2009, Sofia, Bulgaria. Proceedings, 293.

ASSESSMENT OF THE EFFECT OF PROBABILITY FACTORS ON REPAIR DURATION

Dimitar Chervenkov

Bishop K. Preslavski University of Shoumen e-mail: chervenkov_50@abv.bg

Keywords: planning, event, factor, probability, repair.

Abstract: This paper investigates the problem about the effect of probability factors on the average time of machine outage at field conditions. The developed algorithm enables the accurate planning, organization, and operational management of repair activities, knowing the number of repair operations and the time for their accomplishment.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЕТО НА ВЕРОЯТНОСТНИТЕ ФАКТОРИ ВЪРХУ ПРОДЪЛЖИТЕЛНОСТТА НА РЕМОНТА

Димитър Червенков

Шуменски университет "Епископ К. Преславски" e-mail: chervenkov_50@abv.bg

Ключови думи: планиране, събитие, фактор, вероятност, ремонт

Резюме: В предложения доклад се разглежда въпроса свързан с влиянието на вероятностните фактори върху средното време за престояване на машините в ремонт при полеви условия. Разработеният алгоритъм позволява, знаейки броят на ремонтните операции и времето за изпълнението им, правилно да се планира, организира и оперативно управляват ремонтните дейности.

The following paper investigates the question of taking into account the influence of organizational and technical factors on the average time for machine repairs at field conditions.

One of the basic problems that should be solved at machine repairs at field conditions is the accomplishment of scheduled repair planning. The accurate scheduled planning depends on the exact determination of outage time of the repaired machines (B). It is determined by laying out optimal work schedules and is the average expected time for the repair. But since the repairing process of the machines is an accidental quantity the average expected time of the accidental quantity is its mathematical expectation (E). Different probability factors will influence on the outage time of the machine and as a result it will derivate from its mathematical expectation.

In order to find the width of dispersion of machines outage repair time around its mathematical expectation it is necessary the influence of the probability factors on B to be taken into account. At scheduled planning the probable character is accounted through the entering of three assessments:

a - optimistic assessment /it shows the accomplishment of the repairs at most favorable conditions/;

b – Pessimistic assessment /it shows the maximum time for accomplishment of the repairs under the influence of all organizational and technical factors on the repairs time/;

m- The most probable assessment /it shows the average expectance time for outage of the repaired machines/.

It is supposed that all possible times for repair are in the interval between (a and b).

The researches in the repairs field show that repair operations subordinate to the normal law for distribution of the accidental quality with the mode in point m matching to the mathematical expectation E.

In [2] it is proved that dispersion width in the normal law equals 6 mean quadratic deviations /or every probability density is situated in the limits of 3 mean quadratic deviations on the left and on the right of the mathematical expectation/. Hence the dispersion of the accidental quantity in this case will be determined by the expression:

(1)
$$V = \frac{b - a}{6}$$

Where:

V – Dispersion of the accidental quantity that shows the width of dispersion of the accidental quantity around its mathematic expectation.

Having assessments a, b and m and the duration of the repair operations that should be done we can assess the probability of occurrence of every event in the interval (a, b).

Let η j is the earliest beginning for an event occurrence from a certain graph, representing the technological process of the repairs. But the durations of the activities, which are done before an event j are accidental quantities, hence η j is an accidental quantity, too. Since the operations that will be accomplished for a certain machine to be repaired are of accidental character then the trouble of an aggregate or an assembly does not influence on the probability of a break-down of another one, it turns out that the operations, which will be accomplished at the repair activities are statistically independent. Then we receive the mathematical expectation and the dispersion of the accidental quantity this way:

If the event j is connected to the initial event only in a single path, then $E(\eta)$ is determined a s a sum of the durations of the activities on this path.

Hence for the chosen path the value of the mathematical expectation E(η) and the dispersion

 $\vee(\eta_j)$ are determined with the expressions:

(2)
$$E(\eta_{j}) = B_{j}$$

(3)
$$V(\eta_j) = \sum_{i=1}^n V_n$$

Where $B\,j$ - the directive time for the machines repair outage, determined by the critical path of the graph.

 $\sum_{i=1}^{n} Vn$ - number of operations lying on the critical path of the graph to operation j.

But on condition we supposed that all the operations, which will be accomplished, are statistically independent and according to probability theory [1] the central limit theorem operates. The latter proves that the accidental quantity η_j is distributed on normal law with mathematical expectation η_j and dispersion V (η_j). Normal distribution in this case means that η_j distinguishes from its mathematical expectation E(η_j) with probability 0.68 per a mean quadratic equation and with probability 0.997 per three mean quadratic equations. Since η_j is the earliest time for the occurrence of the event j, this event will occur in the directive time with probability.

(4)
$$P\left\{\eta_{j} \leq B_{j}\right\} = P\left\{\frac{\eta_{j} - E(\eta_{j})}{\sqrt{V(\eta_{j})}}\right\} \leq \frac{B_{j} - E(\eta_{j})}{\sqrt{V(\eta_{j})}} \leq P\left\{Z \leq Kj\right\},$$

Where: Z – the norm meaning of the accidental quantity with normal distribution with dispersion 1 and mathematical expectation 0.

(5)
$$K_{j} = \frac{B_{j} - E}{\sqrt{V(\eta_{j})}}$$

After the calculation of E(η j) and $\sqrt{V(\eta_j)}$, is immediately determined. K $_j$

Later it is easy to calculate the probability for accomplishing repairs for certain time.

In order to determine what influence probability factors /unseasonable delivery of spare parts and tools, break-up of a tool during work, unsuitable qualification and education and so on/ will have on the repair duration we must accomplish hundreds of repairs, something impossible at present. This fault can be avoided through modeling of the repair process and taking into account the influence of the probability factors on the repairs duration. For this purpose, knowing the duration of the operations that will be done and mean quadratic deviations of the probability factors we can report their influence on the time of machine outage for repair.

The algorithm of the model is as follows:

Step 1 We constitute a multitude of operations On{1,2,...,j,......n.}, lying on the critical path of the graph, representing the technological process of the repair.

Step 2 We constitute 12 random numbers distributed according to the plane probability law with parameter 2I = 1 of 0,1. For the case there is a sensor for pseudo-numbers.

Step 3 If X is that random number, we will obtain it with the formula:

(6)
$$Xi = RND(1)$$

Steep 4 Since the duration of the repair is an accidental quantity, distributed along a normal law, we generate a random number at normal law with characteristics:

(7)
$$R = \sum_{1=1}^{12} - 6 = 0, V(R) = 1$$

Step 5 We generate the durations of the operations works lying in the critical path of the graph with the equation:

(8) B j = (E₁+
$$\sqrt{V}_{1}$$
.R) + (E₂+ \sqrt{V}_{2} .R)++(E_j+ \sqrt{V}_{j} .R),

Which is a realization of the repair?

Realizing the mentioned algorithm repeatedly we obtain the duration of the repairs with an account of the probability factors.

On the basis of the accomplished analysis for the average expected time for machine outrage for repair and the offered algorithm for accounting the influence of organizational and technical factors on the duration of the repair The work of the repair authorities is optimized the supervisor of the repair unit is given the chance to plan, organize and manage operationally the time of the repair process.

References:

1. В ентцел, Е.С. Теория вероятностей, Москва, Наука, 1969.

- 2. К о ф м а н а, А., Г. Д е б а з е й Сетевые методы планирования и их пременения, Москва, Наука, 1967.
- 3. T a h a, H. Operation Research An Introduction, London, 1982.
- 4. Philips, D. Garsia Dias A., Fundamentals Of Network Analysis, Texas, 1981.

METHODS FOR ASSESSMENT OF THE LOGISTICS ACTIVITIES IN COMPANIES

Dimitar Chervenkov

Bishop K. Preslavski University of Shoumen Faculty of Technical Sciences, Department of Engineering Logistics – Shoumen e-mail: chervenkov_50@abv.bg

Keywords: logistics, research, valuation, services, orders

Abstract: The paper suggests methods for assessment of the true conditions of the companies working in the field of logistics. Logistic indices for assessment of companies are proposed, which resolve successfully problems related with monitoring, control and operative management of logistic services. The same characterize as well the joint effectiveness of all operations, aimed to satisfy the consumers.

МЕТОДИКА ЗА ОЦЕНКА НА ЛОГИСТИЧНИТЕ ДЕЙНОСТИ ВЪВ ФИРМИТЕ

Димитър Червенков

Шуменски университет "Епископ К. Преславски" e-mail: chervenkov_50@abv.bg

Ключови думи: логистика, изследване, оценка, услуги, поръчки

Резюме: В разработения доклад се предлага методика за оценка на действителното състояние на фирмите, работещи в областта на логистичния сектор. Предложени са логистични показатели за оценка на фирмите, които решават успешно задачите по мониторинг, контрол и оперативно управление на логистичните услуги. Същите характеризират съвкупната ефективност на всички операции насочени към удоволетворяване на потребителите.

The task of the logistic research consists in obtaining and analyzing the factual results of the activities of the companies [1].

The valuation of logistic activities and operations is directed to a united logistic process. This process may be examined by means of logistic indices, which give valuation of the true economic condition and tendencies in the future development of the companies, working in the field of logistics. This respectively compels the companies, doing logistic services to use effectively their resources.

The valuation of the quality of the information from the contrastive analysis, which the logistic experts from the team implement during the management of logistic activities at the time of the research, is reported with the respective measurement units.

The condition of the accounting forms, the type and the means by which they are accomplished, is also evaluated.

Tasks, that are solved at the development and the use of the system for assessment the activity results, are [3]:

-monitoring;

-control;

-operational management of logistic operations in the companies.

The monitoring indices allow the dynamics of the logistic system work in the past to be examined, according to the reports submitted by the managers and the consumers. Common monitoring indices, suitable for use, are: service activities rate and elements of the logistic supports structure.

Control indices reflect the rate of accomplishment of the current results of the activities. They are used to correct in certain limits the logistic process in case of derivation from set norms. Such index is tracing of certain defects in the work of the logistic system. The timely detection of such

current defects gives the opportunity of their immediate removal by determination of their emergence cause.

Operational management indices serve for personnel motivation as different indices for payment. Example: storage workers, involved in loading, accomplishing customers' orders and etc. logistic activities, which are or are liable to norming. When those workers do the given job faster, they receive certain stimuli for the additional job.

In the process of development and introduction the valuation system of the work results it is necessary one to determine the fields and diapasons in which the corresponding indices will be used. During the last years it is a common practice for the prosperous companies to assess all logistic activities in particular and the logistic process in general. The results obtained by the valuation are compared to the time spent, the expenses and the profit gained from the relevant activities, operations and for the companies in general.

The indices and the units of their measurement, corresponding to the types of activities (operations), give the result of the accomplishment of the separate tasks [4]. Typical examples of such measurement units are: the number of received customers' orders; the quantity of packing made, stamping, preparation of accompanying papers, quantity of deliveries, received from the provider, the quantity of the production, sent to the customers, and other similar logistic activities. Using those indices and the correspondent measurement units one can determine the volume of work done and the level of productivity (the volume of work done for a time unit).

The indices that are used in the research of the logistic operations are shown in Table 1 [1].

As far as the indices are resultants for the separate types of activities, one can measure the efficiency and productivity of elementary working operations.

They inherently don't allow such activities as customers' inquiries to the company and etc. to be evaluated.

Nº in sequence	Name of the measurement unit
1.	Time for accepting /registration/ of orders, planned for an order
2.	Time for delivering the orders, planned for an order
3.	Time for completing the orders, planned for an order
4.	Time for processing the orders, planned for an order
5.	Time for accepting /registration/ of orders, planned for a customer
6.	Time for completing the orders, planned for a customer
7.	Time for delivering the orders, planned for a customer
8.	Time for completing the orders, planned for a product
9.	Time for completing the orders, planned for a product
10.	Other

Table 1. Measurement units for logistic operations

Example – people, responsible for accepting the orders in the company, whose work is evaluated through the number of accepted orders per hour, in some cases it can show high productivity of the company, which accepts the orders, but the insufficient time for listening to the wishes of every single client may lead to low levels of satisfaction among customers. That is why in the research one should judge and use those indices, which include all activities that represent the logistic process as a whole.

The indices orientated to the logistic processes, evaluate the level of satisfaction among users of the work of a logistic chain. They represent the overall productivity of the cycle "Accomplishment of the order", i.e. they characterize the joint efficiency of all operations, directed to satisfy users. Using such indices the company also is evaluated for quality accomplishment of the whole logistic process or of separate operations from it.

When necessary one can use inner valuation indices, apart from the aforementioned.

The inner indices valuation system is designed for comparison of the current results from activities, operations and processes to analogical activities, past results and for analysis of the norms accomplishment rate and the month plan. Example, the current rate of customers' service can be compared to factual indices from previous periods or to service norms, set for the current period. Inner valuations are used by managers for clarifying the sources of the required information, which data to be easily gathered. During the research in order to ease the activities, it is advisable logistic indices to be separated into different categories. Example, 1- costs, 2-customers' service, 3-productivity, 4-assets management, 5-quality, etc.

Costs are direct reflection of the result from the logistic activities and the factual quantity of the cost, connected to the accomplishment of a given operational task. For this purpose it is necessary a table with the daily expenditure to be created – Table 2. [1]

The determination of expected costs actually is the budget planning. The quantity of the logistic costs can be counted as a total sum of money on expenditure, or as a sum of money per product unit (specific costs). Characteristic indices of the logistic daily costs for production, wholesale trade, and retail trade and so on, are shown in Table 3.

The activities that are not done in the company are not entered, while there can be entered other, which are actually accomplished. In Column 4 the norm is entered and with a virgule – the work done. The same table is drawn for weeks, as in Column 5 the expenditure from week days is summed up. In case of daily account there may not be income data.

The customers' service is relevant to the relative capability of the company to satisfy the inquiries and the users' needs. Table 4 shows exemplary service indices for the production, wholesale trade, and retail trade.

Productivity is a complex parameter for the company activity. It is measured with the ratio of the indices between the end result from the work of the logistic system/company on the exit (i.e. the volume of products and services produced) and the volume of resources on the entrance, used by the system/company for obtaining the final result. This determination may be used when on the entrance and the exit there are such elements that are measurable.

At the research there are the following possibilities:

-there is a difficulty in measuring the result on the exit, and the resources on the entrance do not correspond to even periods of time;

-the structure and the type of the ready product and the input resources are constantly changing;

-the necessary data is hard to be obtained or is inaccessible.

Conceptually it is possible for this research to be used the following indices: static, dynamic, and indirect.

The static indices are those ones, which the system uses in the equitation for the productivity of all input and output results. The given results at that ratio are to be considered static, because they are based on single measurement. The dynamic indices cover only a certain period of time when the statistic ratio on the exit and the entrance is compared to one from different periods and this way the dynamic productivity index is obtained.

Example:

No		Expendi	Worked for	Expenditure for	Income
In	Activities	ture per	the day	the day total	
sequence		unit		-	
1	2	3	4	5	6
1.	Transportation				
2.	Storage				
3.	Custom service				
4.	Shipping				
5.	Cargo consolidation				
6.	Reverse logistics				
7.	Redistribution				
8.	Transportation management				
9.	Transportationstock management				
10.	Packaging, stamping, assembly				
11.	Consultations on delivery chain management				
12.	Entrance, processing and accomplishment of the orders				
13.	LLP / 4PL type services				
14.	Customers' service				
15.	Reverse logistics				

Table 2. Daily expenditure analysis

Exit2009 / Entrance2009

Exit2008 / Entrance2008

When any statistic data is missing, indirect indices on the dimension of market of logistic services are used. Among that data is the dimension of economic efficiency, import, export, volume of cargo transportation under species and in total for all the activities.

On the basis of the obtained results from the researches one can conclude for the real condition of the companies, working in the field of logistics, and to offer suggestions for structural and functional changes in order to optimize their production.

Nº in		Used in different business types in %			
sequence	Valuation indices	Production	Wholesale trade	Retail trade	
1.	Common costs analysis				
2.	Specific costs				
3.	Sales costs share				
4.	Expenditure on incoming deliveries				
5.	Expenditure on outgoing goods				
6.	Storage expenses				
7.	Administrative expenses				
8.	Order processing expenditure				
9.	Direct cost on labour payment				
10.	Comparison of the factual expenses to the budget indices				
11.	Analysis of the dynamics of costs expenditure				
12.	Direct profitableness of the product				

Table 3. Logistic costs indices

Table 4. Logistic service indices

No		Used in different business types in %			
in sequence	Valuation indices	Production	Wholesale trade	Retail trade	
1.	Norm of market saturation				
2.	Deficiency reserve				
3.	Unshipping faults				
4.	Season ability of the deliveries				
5.	Undeliverable quantities				
6.	"Accomplishment of the order" cycle duration				
7.	Feedback with the users				
8.	Feedback with the merchandisers				
9.	Quantity of users' complaints				

References:

- 1. П а в е л Д. и колектив. Развитие на логистичния сектор в България, Университетско издание, "Стопанство", 2007 г.
- 2. К о р ч а к, Б. Що е логистика ?, Университетско издание, "Стопанство", 1993 г.
- 3. Д и м и т р о в. Логистиката в променящия се свят, Университетско издание, "Стопанство", 1996 г.
- 4. Д и м и т р о в. Логистиката в икономиката на прехода, Университетско издание, "Стопанство", 1999 г.
- 5. Гаторна, Дж. Основи на логистиката и дистрибуцията, "Делфинпрес", Бургас, 1996 г.

FACTOR ANALYSIS IN THE PROCESS OF DESIGNING OF COMPLEX OPTICAL SYSTEMS

Stiliyan Stoyanov, Garo Mardirossian

Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: stil717@yahoo.com

Key words: factor analysis, designing of complex optical systems

Abstract: A model of factor analysis is developed in the process of designing of complex optical systems. Factor analysis is indispensible in designing of photometric and spectrophotometric optical-electronic devices which consist of entrance-scanning system by space, lens with inner focusing, collimator objective which ensure the entering of a parallel bundle of rays over a dispersing diffraction grate over a wave length, a chamber lens and respectively, a sensor.

These and similar optical systems require higher degree of elimination of chromatic aberration, etc. which ensures good quality of the optical system and of the obtained results.

ФАКТОРЕН АНАЛИЗ В ПРОЦЕСА НА ПРОЕКТИРАНЕ НА СЛОЖНИ ОПТИЧНИ СИСТЕМИ

Стилиян Стоянов, Гаро Мардиросян

Институт за космически и слънчево-земни изследвания – Българска академия на науките e-mail: stil717@yahoo.com

Ключови думи: факторен анализ, проектиране на сложни оптични системи

Резюме: Разработен е модел на факторен анализ в процеса на проектиране на сложни оптични системи. Факторният анализ е особено необходим при проектиране на фотометрични спектрофотометрични оптико-електронни уреди, състоящи се примерно от входно-сканираща система по пространство, обектив с вътрешна фокусировка, колиматорен обектив осигуряващ постъпване на паралелен сноп лъчи върху диспергираща дифракционна решетка по дължина на вълна, камерен обектив и съответно сензор.

Именно тези и подобни оптични системи изискват висока степен на отстраняване на хроматичната аберация и др, което да осигури високо качество на оптичната система и на получаваните резултати.

The method factor analysis ensures a possibility for constructional definition of the mathematical model of the optic system, and in particular the modal of its basic components and a set of factors within the limits of which the given task and questions should be solved. The model factor analysis is developed on the basis of experimental data. One of the typical forms of presentation of the experimental data is the matrixes. The columns of such a matrix correspond to the characteristics or its changes, and the rows correspond to different versions of the system. They are distinct by a number of specific values of the initial parameters. Using data from such an ensemble for the system, equations are being solved which connect the characteristics with the construction parameters.

The design of the optical system is a complex creative process which consists of many stages, including aberrations analysis, which ensure the evaluation of the correction quality of the system and its correction possibilities; elimination of the aberrations to a certain extent; optimization of the criterion for balancing the aberrations and the correction quality for a large quantity shafts and rays; calculation of the limits of optical parameters, etc.

The calculation of an optical system with certain characteristics $\varphi(\breve{P})$ is led to a solution of a system of nonlinear equations $\varphi_i(\breve{P}) = \widetilde{\varphi}_i$.

(1)

(2)

(3)

where the characteristics φ_i in certain areas of the area P are expanded in a Tyler row by degree of transformation Δp_i and they are limited by linear (or quadratic) terms

$$\varphi_j = \varphi_j^{(0)} + \sum_{i=1}^m \frac{d\varphi_i}{dp_i} \Delta p_i, \ j = 1, 2, 3..., t, \ j = 1, 2, 3..., m$$

The necessary appointed values of the characteristics $\tilde{\varphi}_1, \tilde{\varphi}_2, ..., \tilde{\varphi}_t$, are constructionally given and they should be achieved with a certain extent of accuracy $\delta_{\varphi_1}, \delta_{\varphi_2}, ..., \delta_{\varphi_t}$, and for every correctional parameter p_i - initial value $p_i^{(0)}$, the sum of which makes the vector $\not P^{(0)}$. Looking for the solution of equation (1) is done by means of creating a sequence of vectors $\vec{P}^{(0)}, \vec{P}^{(1)}, \vec{P}^{(2)}, \dots, \vec{P}^{(n)}$ And

$$\left| \varphi_{j} \left(\overset{\mathcal{B}}{\not P}^{(n)} - \widetilde{\varphi}_{j} \right) \right| < \delta \varphi_{j}$$

where i = 1, 2, ..., t

Defining $\vec{B}^{(n)}$, and thus answering condition (3), system (1) is being solved. When entering a helping sequence of the function (4)

$$\varphi_{j}^{*} = \boldsymbol{a}_{j}^{*} \left(\frac{\varphi_{j} - \widetilde{\varphi}_{j}}{\delta \varphi_{j}} \right)^{2}$$

So the proximity to the solution of (1) is evaluated by the following subordination:

$$\Phi^* = \left\| \varphi^* \right\| = \sum_{j=1}^t a_j^* \left(\frac{\varphi_j - \widetilde{\varphi}_j}{\delta \varphi_j} \right)^2,$$

where the non-negative value of a_i^* takes into consideration the influence of the changes of the characteristics of the evaluating function $\Phi^{^*}$. The values of $a_j^{^*}$ and $\delta arphi_j$ are given by the constructor

according to his opinion. The difficulties here come from defining the proper coefficients $\frac{a_j}{\sigma_{oi}^2}$ which set

the requirements to a certain aberration image, described by a large number of characteristics.

The method of calculation allows for a diversion of sizes and characteristics of the parts and the system, which have not been developed. The matter of concrete limits is decided on the basis of analysis of the influence of the changes of the construction parameters over the system characteristics.

One of the methods which aids the solution of this extremely complex problem, is finding the degree of influence of the parameters within certain limits and their changes over the described combination in equation (2) of the optical system characteristics.

If the system has t characteristics $\varphi_1, \varphi_2, ..., \varphi_t$, every one of them contains N quantities

(j = 1, 2, ..., k, t; k = 1, 2, ..., N). We mark the values $\frac{\varphi k_j - \varphi_j}{\sigma \varphi_i}$ by means of $\hat{\varphi}_j$ where $\overline{\varphi}_j$ is an

average arithmetical value of the quantities of φ_{kj} ; $\delta_{\varphi j}$ is the value of the dispersion, characterizing

the dispersion of the values of φ_{kj} in relation with φ_j . Then in the analysis of the main components, the basic equation is:

(5)

$$f^{(P)} = \sum_{j=1}^{t} a_{Pj} \hat{\varphi}_j$$
 , at $p = 1, 2, ..., t$,

where $f^{(P)}$ - function of analysis of the system from the P-component; a_{Pj} - the jth characteristics of the Pth component. Equation (5) in a mathematical registration can be presented as:

The

components can be received like the solution of the relative equation

(6)
$$(R - \gamma I) \dot{a} = 0,$$

where R is a matrix of coefficient of correlation for the variable quantities $\varphi_1, \varphi_2, ..., \varphi_t$; \overleftarrow{a} orthostandardized own vector of the linear transformation of R; γ -corresponding of R definite number;
I-single matrix. Every negative number γ is root, characterizing the equation

$$(7) \qquad (R - \gamma I) = 0,$$

Taking the real values of the vector λ and substituting it in (6), a_{1j} is defined in equation (5) for the first component $f^{(1)}$. The same goes for a_2 , a_3 for $f^{(2)}$, $f^{(3)}$, etc. The values for γ dispersion of the basic components and the sum of the dispersions $\gamma_1 + \gamma_2 + ... \gamma_t$ is equal to the sum of the dispersions $\left(\sigma_{\varphi_1}^2 + \sigma_{\varphi_2}^2 + ... \sigma_{\varphi_t}^2\right)$ of the initial characteristics of the system.

It can be seen from equation (5) that with the change of $f^{(p)}$, the most important are the characteristics of φ_i which provide the biggest value of a_{pj} . This means that if we analyze tha value of a_{pj} , we can choose such characteristics that could influence the change in the greatest extend of the basic components. This is a possibility to specify a set of the largest number of independent characteristics when designing optical systems. The sign in front of a_{pj} in equation (5) show a positive or negative link with φ_i in a specific component, which allows comparing the aberration image, which is defined by the basic components, to the requirements. On the basis of the examination of a_{pj} of the basic components, we can do a content analysis, i.e. the main components can be seen as basic parameters of the optic system and they present important regularities when forming the quality of the image.

(8) In the analysis of the common factors, the basic equations are written in a matrix mode: E = QF + U,

where $Q = (q_{pj})$ - rectangular matrix with sizes t x v for the coefficient of linear transformation; U - transpose matrix;

$$E = (I_i) - t$$
 metric vector with characteristic $F = (f^{(p)})$.

When factor analysis is used, there is a link between the t correlated characteristics φ_i and v(v < t), when calculating the matrix Q, the coefficient of linear transformation is q_p when the correlation matrix R is known. We can suppose that U does not depend on F and no U_i is correlated with each other, i.e. matrix $V = M(UU^T)$ has a diagonal mode, where M is an operator of the mathematical expectation; U – transpose matrix. So, equation 8 with the help of the operator for mathematical expectation M is transformed into

$$R = QQ^T + M$$

where Q^T is a transpose matrix of Q

Because the coefficients q_{pj} are unknown in the factor model, the characteristics $\varphi_1, \varphi_2, ..., \varphi_i$ are approximated with the help of linear functions. The approximation of the characteristics φ_i is done with the help of $f^{(1)}, f^{(1)}, ..., f^{(\nu)}$.

In conclusion, we can say that the presented model of factor analysis ensures the creation of an algorithm of the designing process of complex optic systems. It is very necessary when designing photometric and spectrophotometric optic-electronic devices. These and similar optic systems require a significant extend of chromatic aberration removal to ensure good quality at the exit of the system. The authors of the paper realize that the presented topic is very complex, diverse and voluminous and that it cannot be completely solved but they also consider that they have contributed to its mastering.

References :

- 1. Бензнов, Б. Н., П. Заказнов. Теория оптических систем. Москва, Машиностроене, 1973
- 2. Ж е к о в, Ж. Оптични системи за наблюдение на отдалечени обекти. Университетско изд. "Епископ Константин Преславски" Шумен, 2007, 251 с.
- С т о я н о в, С. Изследване на оптична система на спектрофотометър. Сб. трудове от Научна конференция на НВУ "Васил Левски", факултет "Артилерия, ПВО и КИС", Шумен, 2009, с. 213 – 217.
- 4. С т о я н о в, С. Методика за юстировка на колиматорен обектив. Сб. трудове от Научна конференция на НВУ "Васил Левски", факултет "Артилерия, ПВО и КИС", Шумен, 2009, с. 218 – 221.
- 5. С т о я н о в, С. Изследване на влиянието на аберациите на оптична система върху апаратната функция на абсорбционен спектрофотометър. SENS, 2008, Варна, с. 212 216.
- 6. С т о я н о в, С. Приложна оптика. Изд. "Фабер", 2009, 234 с.
- 7. Х а р м а н, Г. Современный факторный анализ. Москва, изд. "Статистика", 1992.

METHODS FOR PHOTOMETRIC RESEARCH OF THE EFFICIENCY OF ELECTRONIC-OPTICAL DEVICES AT DIFFERENT BACKGROUND BRIGHTNESS

Stiliyan Stoyanov

Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: stil717@yahoo.com

Key words: photometric research, electro-optical devices

Abstract: The paper presents a detailed method for photometric calculation of the efficiency of electrooptical devices at different background brightness, based on theoretical research and conducted experiments. Using the developed method, experimental tests have been carried out and the obtained results have been presented.

МЕТОДИКА ЗА ФОТОМЕТРИЧНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕФЕКТИВНОСТТА НА ЕЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕН УРЕД ПРИ РАЗЛИЧНА ЯРКОСТ НА ФОНА

Стилиян Стоянов

Институт за космически и слънчево-земни изследвания – Българска академия на науките e-mail: stil717@yahoo.com

Ключови думи: фотометрично изследване, електронно-оптични уреди

Резюме: В представения труд е разработена подробна методика за фотометрично пресмятане на ефективността на електронно-оптични уреди при различна яркост на фона, разработена на базата на теоретични изследвания и проведени експерименти.

С използване на разработената методика са проведени експериментални изследвания и са представени получените резултати.

The basic of the methods is to research the upmost sensitivity at assigned parameters. The value which characterizes the device's sensitivity is presented the upmost power illumination of the entrance hole with the relation signal/noise or the upmost value of the current, radiated by the object when the level of the noises is set.

The method of the energy research of the electronic-optical devices has some important specifications in comparison with the method of the optical and optical-electronic devices. Because the electronic-optical devices comprises of optical, photo-electronic, electro-technical and luminescent devices, so it is necessary to use different methods for research and coordinate the characteristics of the indicated devices when their parameters are defined. For each of the methods, it is necessary to take into account the volume and the character of the necessary information for the researched object and this information helps to find the object, to define its boundaries and to ensure the detailed research of its structure. Depending on these circumstances, not only the range of the researched objects is changed but also the sequence of the stages of the energy calculations. [1...3].

When finding distant objects, it is necessary to specify the following circumstances:

- Upmost contrast brightness of the observer's pupil;
- светотехнични characteristics of the researched object;
- taking into considerations the atmospheric influence;
- research of the utmost illumination of the photocathode from the hypothetical illumination from the object and the background around it;
- Comparison of the obtained results with the utmost contrast sensitivity of the eye at given observation conditions.

In order to define the efficiency of the electronic-optical devices, a method is suggested which was developed on the basis of theoretical research and experimentations, carried out by the author and it ensures the research of the possibility to find distant objects at different background brightness.

1. Determination of the effective energetic illumination of the photocathode image E_{eff} :

(1)

$$E_{ef_{fk}} = \frac{A_{ob}}{\pi\Gamma^2 L^2} \int_{\lambda_0}^{\lambda_k} (\sqrt{\lambda} + \rho_\lambda e_\lambda) \tau_{\lambda_f} \tau_{\lambda_{op}} \tau_{\lambda_{atm}} d\lambda ,$$

where: surface of the entrance hole of the lens; A_{ob} magnification of the optical system; energetic illumination of the entrance hole; eλ L distance of observation; spectral range of the research; $\lambda_0 \dots \lambda \kappa$ spectral coefficient of the reflected filters; ρ_{λ} spectral percolation of the attached filters; $\tau_{\lambda_{\rm f}}$ spectral percolation of the optical system; $\tau_{\lambda_{op}}$ spectral percolation of the atmosphere. $\tau_{\lambda_{atm}}$

2. Definition of the influence of outside noise fluctuations over the image brightness is done by using the coefficient K_{schi} , defining the image sharpness

$$K_{sch_i} = rac{1}{2N_{fk}} \sqrt{rac{t}{2\lambda}} S_{\lambda_{\max}} E_{ef_{fk}}$$
 ,

where: N_{fk}

t

time of the experiment;

spectral sensitivity of the photocathode. S,

quantum exit of the photocathode;

3. Defining the coefficient which characterizes the relationship signal/noise for the background current K_{sch_t} :

$$K_{sch_t} = rac{E_{ef_{fk}}S_{\lambda_{max}}}{J_t},$$

background current of the photocathode; where: J_{f}

maximum spectral sensitivity of the photocathode.

 $S_{\lambda_{\max}}$ 4. Definition of the relationship signal/noise, considering the noises from the amplification of the information signal from the electronic-optical transformer and background current

(4)

$$K_{sch} = \frac{E_{ef_{fk}} S_{\lambda_{max}} \sqrt{t}}{\sqrt{4e_{\lambda} N_{fk}^2 E_{ef_{fk}} S_{\lambda_{max}} + J_t^2}}$$

5. Definition of the brightness background B' at the entrance of the electronic-optical device:

(5)

$$B' = K_{sch} \left(\frac{\tau_{\lambda_{op}} K_d^2 K_b}{4\Gamma_{EOP}^2} \right) \left(\frac{D}{f'_{ob}} \right),$$

coefficient, considering the Styles-Crawford effect; where: K_d

- K_b coefficient, considering not using the full usage of the eye's pupil; —
- Γ_{EOP} optical magnification of the electronic-optic transformer;
- diameter of the entrance hole; D

f' back focal distance of the lens.

- 6. Defining the diameter of the observer's pupil and the coefficients K_d and K_b for B'.
- 7. Defining the exponent n and n' for B and B' respectively.
- 8. Defining the efficient illumination $E_{ef_{fk}}$ of the object over the photocathode:

(6)

(8)

$$E_{ef_{fk}} = \frac{2e_{\lambda}N_{fk}^{2}K_{sch} + K_{sch}\sqrt{4e^{2}N_{fk}^{4} + J_{t}^{2}t}}{tS_{\lambda_{max}}}$$

9. Defining the efficient illumination of the background image over the photocathode: (7) $A_{ab}R_{ab}$

$$E_{ef_{fk} fon} = \frac{A_{ob}R_{ef}}{nA_{fk}},$$

where: R_{ef} – energetic illumination of the object;

 A_{fk} – surface of the photocathode of the electronic-optic transformer.

10. Defining of the sharpness of the image K:

$$\mathcal{K} = \frac{\mathcal{E}_{ef_{fk_{ob}}} + \mathcal{E}_{ef_{fk_{fon}}}}{\mathcal{E}_{ef_{fk_{ob}}} - \mathcal{E}_{ef_{fk_{fon}}}}.$$

(9) 11. Defining of the utmost sharpness K' of the image:

$$K' = \frac{1+K}{1-K}$$

12. Defining the efficiency N_{EOV} of the electronic-optical device:

(10)
$$N_{EOV} = \frac{K' A_{ob} (D^2 t K_d^2 K_b)^{1-n'} (\Gamma_{EOP} f'_{ob})^{2n'}}{0.25^n 4 (f'_{ob})^2}$$

where: n – exponent, characterizing the influence of the background brightness [2,4].

13. Defining the utmost illumination E_{EOV} of the device:

(11)
$$E_{EOV} = E_H / N_{OEV},$$

where: E_H – observed utmost illumination with the naked eye.

Using the worked out method, experimental research was being carried out with an electronicoptical device. Table 1 represents the obtained results.



Fig. Electronic-optic device for research of particular emissions of the atmosphere in the near infrared part of the optical spectrum

Table 1. Photometric characteristics of the electronic-optic device	
---	--

Nº	Characteristics	Background brightness [cd/m ²]		
		$B = 1.10^{-5}$	$B = 1.10^{-3}$	
1	$E_{ef_{fk}}$	5,88	5,88	
2	K _{schi}	0,12	0,12	
3	K _{scht}	0,02	0,04	
4	K _{sch}	0,19	0,19	
5	B'	$7,7.10^{-6}$	7,8.10 ⁻²	
6	K _d	1	1	
7	K _b	1	1	
8	n	0	0,24	
9	<i>n</i> ′	0	0,53	
10	$E_{_H}$	10^{-8}	10^{-7}	
11	K'	1,45	1,56	
12	N _{OEV}	44	44	
13	E _{EOV}	$2,75.10^{-11}$	4,07.10 ⁻⁹	

It can be concluded that a detailed method is developed which ensures photometric research of the efficiency of the electronic-optic device at different background brightness.

The method is used when calculating the electronic-optical device for research of particular emissions in the atmosphere in the near infrared part of the optical specter.

References:

- 1. Ж е к о в, Ж. Оптични системи за наблюдение на отдалечени обекти. Издателство Шуменски университет "Епископ К. Преславски", Шумен, 2007, 251 с.
- 2. Жеков, Ж, И. Христов, Г. Мардиросян, С. Стоянов. Оценка пространствените и енергетични параметри на оптични уреди. Сб. доклади "40 години от първия полет на човек в Космоса", ВВВУ, Долна Митрополия, 2001, с. 329-334.
- Мардиросян, Г. Аерокосмически методи в екологията и изучаването на околната среда. Акад. Издат. "Проф. Марин Дринов", София, 2003, 208 с.
- 4. С т о я н о в, С. Приложна оптика. Издат. "Фабер", Велико Търново, 2009, 234 с.

ИНФОРМАЦИОННИ ВОЙНИ (ИВ) И РЕАЛНОСТТА НА НЕОБЯСНЕНИ АНОМАЛНИ ЯВЛЕНИЯ (НАЯ)

Деян Гочев, Пламен Тренчев, Константин Шейретски

Институт за космически и слънчево-земни изследвания – Българска академия на науките e-mail: dejan@space.bas.bg

Ключови думи: стратегия, измама, многомерност

Абстракт: Коментирани са различни аномални физически явления и гледни точки за обяснението им с оглед на възможното им целенесочено използване за влияние върху вземането на стратегически решения. Акцентира се на риска от вероятната непредсказуемост на резултата.

INFORMATION WARFARE AND THE REALITY OF UNEXPLAINED ANOMALOUS PHENOMENA

Deyan Gotchev, Plamen Trenchev, Kontstantin Sheiretsky

Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: dejan@space.bas.bg

Key words: strategy, deception, multidimensionality

Abstract: Different anomalous phenomena and viewpoints for their explanation are commented in view of their possible intended use to influence a strategic decision-making process. The risk due to the probable unpredictability of the outcome is emphasized.

'НЕ МОЖЕШ ОВЛАДЯ ИСТИНАТА'

"Интелигентност' е от латински 'четене между редовете'. В две диалектически преплитащи се пионерски изследователски области- 'физика на високите енергии' и 'космическите изследвания', отношението 'мярка-истина' е на ръба на абсурда заради представяне естеството на недостъпен за сетивата и отвъд 'здравия смисъл' изучаван обект чрез хиперабстрактни описания с тясна и неустойчива валидност. Ако няма математика, повечето хора просто отказват разбиране, което обяснява качествено експериментални събития. Проблемът на основните физически теории е в използването на мириади уравнения, чиято скрит смисъл е доста размит сред куп взаимно противоречащи си и тривиални в логическата си същност постулати.

Според популярната представа АЯ са проява на ЕТІ. При евентуален контакт е проблематично осъществяването му, декодирането на информацията, минимизирането на взаимния (?) риск поради различни ценностни критерии, които размиват индивидуалната същност. Освен парадокса на Ферми "Ако ги има, къде са?', доводите на антропоцентризма и враждебността против това са: вероятността за ЕТІ е нулева, защото Homo Sapiens възприема всяко наблюдение като чудо, т.е собствената му история не допуска несъществуването му; ЕТІ е резултат от естествен отбор, т.е за тях човек е враг. Реално има логически парадокс: невъзможно е да се докаже несъществуване, ако не се отрече съществуване. Реално всеки контакт е атрактор, в който избора на траектория е непредсказуем. Потенциален изход от него е Homo Sapiens да се приеме за елемент от АЯ и да се предефинира 'информация' като иманентно свойство на Природата на Космоса. Основание за семантики, по-различни от бинарната е произхода от 'informatio', т.е 'формирано' и'формиращо'.

Според формиращата се от векове морфологията на АЯ, освен безспорно съществуващата психическа компонента (редуцирана до архетипите според школата на Юнг), сега се допуска и, че вероятно има контролиране на достъпния ни пространство-времевия континуум, което се проявява като: 'зависване', 'следване' и 'надсветлинна' изотропна по възможен избор маневреност- повтарящи се спонтанни изчезвания и появи, промяна и 'размиване' на формата и броя наблюдавани тела, често съпътствана със 'сканиращ' земните обекти видим 'лъч'; алтернативно проявявана визуална, фотографска и радиолокационна 'невидимост': генериран дрейф в хомеостаза на биологични обекти. На какво основание се отричат АЯ? Освен аксиоматичното им дефиниране, не знаем нищо за същината на гравитацията, разум, живот. АЯ съществуват винаги в науката и конфликтите около изследването им е добре документирано. Част от АЯ са: артефакти заради смущения в работата на все по-усложняващите се електронни системи; прояви на недостатъчно проучени известни явления: гранични и преходни МХД-взаимодействия между и в различните физически анизотропни и нехомогенни гео-сфери; ефекти от NEA-облитане в ОКП;. Вероятно, заради допускането, че АЯ са 'спонтанни' прояви на контактни области между познатия ни свят и многомерни пространства, ще се наложи предефиниране на 'информация' предвид негантропийните процеси между неравновесни състояния. При АЯ се наблюдават инверсии на асиметрични процеси; екраниращи инструментален достъп вакуумоподобни състояния; дисипация на доминирищия енергиен процес, последвана от нови, внезапно появили се и с различна устойчивост енергийни ефекти. Поради възможните феноменологични съвпадения в наблюдавания свят, не може да има разграничаващи се определения за 'извънземен разум' и пробиви' от паралелни размерности.

Човек обикновен си създава илюзорна защита чрез отхвърлянето на факти, които превъзхождат 'здравия смисъл'. Независимо от времето, мястото и средата АЯ се регистрират от свръхкритичен брой хора, заслужили професионално доверие. Съществена част АЯ са резултат от маскиране на използващи некласически физически принципи 'черни' оръжейни проекти, комбинирано с елементи на 'черен' PR (целящ объркване, парализа и грешки при вземане на военно-стратегически решения. Абсурдно е да се очаква, че ключови технологични постижения ще са публично достъпни.Степените на достъп и достоверност са защита срещу враждебност и невежество. През 1972 г. в анекс към SALT-1 е договорено да се спре (!) разработването на: оръжия с генетично, екологично и психотронно действие. Военните почти винаги не са сигурни, че коментирано АЯ не е създадено от противника и затова 'дежурното' поведение е на отричане и осмиване. Бели при използването на СЯС, hi-tech системи и МИС се оправдават с АЯ. Ако АЯ са от противник, то защо се полагат огромни усилия за нискоефективни 'класически' оръжия. Има и конспиративни версии, че АЯ са проява на контрол от конвенционална предимно пасивна свръхсила, или че за нейното неразгласяване има взаимна договореност между известните ни сили за хегемония над останалите?

Някои от ефектите на АЯ са като при ИВ, или могат да се използват в ИВ. В ИВ се оперира не само с 'истина/лъжа' е 'подобие', но и с различни форми и степени на 'необяснимо' с цел разриви в използваната парадигма.

АЯ променят средата за криптиран инфо-обмен- блокират го, създават грешни интерпретации и нарушават целостта на сигнала с последици за икономиката и държавното управление. АЯ неутрализират работата на РЕР и ОЕР, т.е на СПРН. Това компрометира доверието в стратегически партньорства.

От коментираното следва, че за изучаване на АЯ е разумно да се създаде програма, включена в СПРН и в програмите за действия при извънредни ситуации.

ПРИЛОЖЕНИЕ НА МЕТОДА НА ЕКВИВАЛЕНТНОТО ВИХРОВО ПОКРИТИЕ С ПОСТОЯННА ИНТЕНЗИВНОСТ ЗА АЕРОДИНАМИЧЕН АНАЛИЗ НА ОБТИЧАНЕТО НА КРИЛЕН ПРОФИЛ

Константин Методиев

Институт за космически и слънчево-земни изследвания – Българска академия на науките e-mail: komet@space.bas.bg

Ключови думи: Теоретична аеродинамика, Панелен метод, Гранични интегрални уравнения

Резюме: В настоящия доклад е приложен метода на еквивалентното вихрово покритие за аеродинамичен анализ на обтичането на крилен профил. Същността на метода е замяната контура на профила с дискретни вихри с постоянна инетнзивност по панели. Този подход е резонен, тъй като специфичната проява на крилния профил е създаването на подемна сила, обичайно насочена от лицевата към тилната му страна чрез прекъсване в големината на скоростта. Вихровият слой притежава това свойство, което дава основание реалната непроницаема стена на профила да се замени чрез еквивалентен по въздействие върху течението вихров слой.

Целта на доклада е да се представи числена реализация на споменатия панелен метод чрез програмен продукт Wolfram Mathematica©, с помощта на който обемът на изчислителната програма е намален значително.

APPLYING THE CONSTANT STRENGTH EQUIVALENT VORTEX METHOD FOR AERODYNAMIC ANALYSIS OF THE FLOW AROUND A WINGFOIL

Konstantin Metodiev

Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: komet@space.bas.bg

1. Въведение

Една от основните задачи на аеродинамичното пресмятане се явява създаването на високоефективни крилни профили, притежаващи оптимални аеродинамични характеристики. Решението на тази задача е невъзможно без теоретично и експериментално изследване обтичането на профила. В частност за обезпечаване на добрите му показатели е необходимо да се изучат загубите от триене и налягане (профилни съпротивления), които загуби са тясно свързани с разпределението на скоростта и налягането по неговия контур.

В продължителен период от време проектирането на крилни профили се е основавало на натрупания от преди опит – теорията на подобието е създала възможност за това. Напредъкът, който се достигна през последните 30 – 35 години, не толкова в областта на теорията, колкото в областта на изчислителната техника, даде съществено отражение върху съвременните инженерни методи. Тяхното приложение доведе до забележимо подобрение на някои от характеристиките на профила – преди всичко на създавания коефициент на подемна сила.

Възникването на подемна сила по профила показва, че, средно взето, наляганията по гърба са по-малки от тези по корема. Обратното е вярно за скоростта, т.е. профилът предизвиква прекъсване в нейната големина. Лесно се забелязва, че подобно свойство проявява един разположен в течението покрит с вихри слой. Степента на насищане на дъгата – носител на слоя е уместно да се определи чрез т. нар. напрежение на слоя γ, като γ = dГ/ds. Ако течението представлява сума от равномерно течение със скорост W_{∞} и индуцирано такова от вихровия слой, то циркулацията по него ще бъде $\Gamma = (w_{\text{корем}} - w_{\text{гръб}})\Delta s$. От друга страна, по теоремата на Стокс $\Gamma = \gamma \Delta s$ и приравняването на двата израза за Γ дава едни от основните за

доклада зависимости $\gamma = w_{\text{корем}} - w_{\text{гръб}}$, $w_{\text{корем}} = w_{\text{ср}} + 0.5\gamma$, $w_{\text{гръб}} = w_{\text{ср}} - 0.5\gamma$, $w_{\text{ср}} = 0.5(w_{\text{корем}} + w_{\text{гръб}})$. Оказва се, че вихровият слой притежава онова свойство, което по-горе бе изтъкнато като присъщо на крилния профил – да създава прекъсване в големината на скоростта. Това дава основание за въвеждане на т. нар. вихров модел на профила.

Относно ү може да се каже значително повече. Двама учени – Прагер и Мелников, са забелязали един съществен факт, който предава ново физическо тълкувание на ү. Той е формулиран като теорема, с която се утвърждава, че по обтечения контур $|c(s)| = |\gamma(s)|$. Моделът на профила, т. е. вихровият модел, е въобще проницаем за флуида и затова течението може да се развива както вън, така и във вътрешността на профила. Познатото свойство на ү, а именно $\gamma = w_{out} - w_{in}$ (w_{out} – скоростта вън, а w_{in} – скоростта вътре в контура), е, разбира се, налице. Оказва се обаче, че $w_{in} = 0$. Действително, ако това не е така, поради условието, че профилът е токова линия и флуид не може да премине през нея, токовите линии в контура би трябвало да са затворени криви. Флуидните частици биха се движили по тях с насочени по направлението на обхождане скорости и циркулацията по тези криви би била различна от нула. По теоремата на Стокс това би означавало, че в контура се съдържат вихри, каквито в модела отсъстват. Остава да се заключи, че $w_{in} = 0$, откъдето следва, че $|\gamma(s)| = |w_{out}(s)|$, т. е. интензивността на слоя в произволна точка от профила е равна на големината на скоростта.

2. Теоретична постановка

В доклада е изведен потенциала на скоростта така, както е заимстван от литературата. Чрез диференциране на потенциала с опертор "grad", известно е, че се получават скоростните компоненти на полето на скоростта. Акцентът в доклада не е извеждането на вече известни фундаметални формулировки, а приложението на така получения математически апарат.

Разглежда се следния интеграл с подинтегрална функция с особеност в трансцедентна форма [Katz, Plotkin]

(1)
$$I = \int_{\xi_1}^{\xi_2} Arctg \frac{\eta}{\xi - \xi_0} d\xi_0$$

която се решава чрез полагането $\Xi = \eta/(\xi - \xi_0)$. Тогава, при смяната на променливите, се получава, че d $\xi_0 = \eta \Xi^2 d\Xi$ и интегралът се преобразува така

(2)
$$I = \eta \int_{\eta/(\xi-\xi_i)}^{\eta/(\xi-\xi_i)} \Xi^{-2} Arctg \Xi d\Xi$$

Използвайки готовите резултати от [Brandao] решението на интеграла е

(3)
$$I = -\eta \left(\Xi^{-1} Arctg \Xi + 0.5 \ln \frac{1 + \Xi^2}{\Xi^2} \right) \Big|_{\eta/(\xi - \xi_l)}^{\eta/(\xi - \xi_l)}$$

което след алгебрични преобразувания приема вида

(4)
$$I = (\xi - \xi_l) \operatorname{Arctg} \frac{\eta}{\xi - \xi_l} - (\xi - \xi_r) \operatorname{Arctg} \frac{\eta}{\xi - \xi_r} + \frac{\eta}{2} \ln \frac{(\xi - \xi_l)^2 + \eta^2}{(\xi - \xi_r)^2 + \eta^2}$$

Обратната функция Arctg(x/y) отчита квадранта, в който се намира точката с координати (x, y). Потенциалът на скоростта тогава е

(5)
$$\Phi(\xi,\eta) = -\frac{\gamma}{2\pi}I$$

или в полярни координати

$$\Phi(\rho,\theta) = -\frac{\gamma}{2\pi} \left[(\xi - \xi_l) \theta_l - (\xi - \xi_r) \theta_r + 0.5\eta \ln \frac{\rho_l^2}{\rho_r^2} \right]$$
$$\rho_{l,r} = \sqrt{(\xi - \xi_{l,r})^2 + \eta^2}, \quad \theta_l = \operatorname{Arctg} \frac{\eta}{\xi - \xi_l}, \quad \theta_r = \operatorname{Arctg} \frac{\eta}{\xi - \xi_r}$$

Компонентите на градиента тогава са следните

(7)

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \xi} = \xi (\xi, \eta) = -\frac{\gamma}{2\pi} \left(\operatorname{Arctg} \frac{\eta}{\xi - \xi_l} - \operatorname{Arctg} \frac{\eta}{\xi - \xi_l} - \operatorname{Arctg} \frac{\eta}{\xi - \xi_l} - \frac{\gamma}{2\pi} \operatorname{In} \frac{\eta^2 + (\xi - \xi_l)^2}{\eta^2 + (\xi - \xi_l)^2} \right)$$

Последните формули определят потенциално скоростно поле в правоъгълна координатна система на панела (ξ , η). Частният случай е $\theta_I = 0 \cup \theta_r = \pi$, което се получава при $\eta = 0$. Практика е панелът да се доближава "отгоре" или "отдолу", като за целта ординатата приема стойност съответно $\eta \pm \epsilon$, където ϵ е число с няколко порядъка по-малко. Тогава

$$\chi(\zeta,0\pm) = \pm \frac{\gamma}{2}$$

$$\eta(\zeta,0\pm) = \frac{\gamma}{4\pi} \ln \frac{(\zeta-\zeta_l)^2}{(\zeta-\zeta_r)^2}$$

 $\delta (\xi 0+) = + \gamma$

В случая когато $\xi = 0.5 * (\xi_1 + \xi_r)$ и вертикалната компонента на скоростта $\partial \Phi / \partial \eta = 0$ се наблюдава т. нар. ефект на самоиндукция.



Фиг. 1. Схема на числената реализация, профил NACA23012

В последователността на решение на поставената задача се стига до решаване на нехомогенна система от алгебрични уравнения. Крилният профил се дискретизира с панели, като точките се сгъстяват в носа и изходящия ръб по косинусов закон. Съгласно фиг. 1, в точката на наблюдение P_i се индуцира скорост от вихровия слой в панел j. За същата точка се изчислява индуцираната скорост от всеки един панел по отделно, като по подобен начин се изследват и останалите точки. По този начин профилът се обхожда например по посока на циркулацията на скоростта. За пресмятане на скоростите се използват формули (7), като изчисленията се извършват в локална координатна система (ξ, η). Следователно, необходима е предварителна трансформация на координатите на точка Р_i. Положението на точката върху панела е избрано в средата. След определяне на индуцираните скорости от панел j в точка Р_i, същите се трансформират обратно в глобалната координатна система (X, Y). Трансформационните матрици имат вида:

(9)
$$T_{j} = \begin{vmatrix} \cos\theta_{j} & \sin\theta_{j} \\ -\sin\theta_{j} & \cos\theta_{j} \end{vmatrix} om(X,Y) \kappa \mathfrak{b} \mathcal{M}(\xi,\eta); T_{j}^{-1} = \begin{vmatrix} \cos\theta_{j} & -\sin\theta_{j} \\ \sin\theta_{j} & \cos\theta_{j} \end{vmatrix} om(\xi,\eta) \kappa \mathfrak{b} \mathcal{M}(X,Y)$$

където ъгъл θ_j е сключен между текущия панел j и абсцисата X така, както е показано на фиг. 1. При съставянето на матричното уравнение се взима в предвид, че компонентата на скоростта по нормалния към панела вектор трябва да е нула. Скоростният вектор в панел i е сума от индуцираните компоненти от отделните панели j и скоростта на несмутеното течение, т.е.

(10)
$$\begin{split} \begin{pmatrix} \rho \\ W_i &= \sum_{j=1}^{point \, s-1} \left(T_j^{-1} \left\| \begin{matrix} \xi_j^{\infty} \\ \eta_j^{\infty} \end{matrix} \right\| + V_{\infty} \end{matrix} \right)^T \cdot \left\| \begin{matrix} n_{x,i} \\ n_{y,i} \end{matrix} \right\| \end{split}$$

Матричното уравнение тогава изглежда така:

(11)
$$||A_{i,j}|| \mathcal{P} = -V_{\infty} \mathcal{N}_{i}$$

където

(12)
$$a_{i,j} = \left(T_j^{-1} \left\| \underbrace{\boldsymbol{\xi}_j}_{\boldsymbol{\beta}_j} \right\| \right)^{T} \cdot \left\| \begin{array}{c} n_{x,i} \\ n_{y,i} \end{array} \right\|$$

В допълнение се задава и условието на Кута – Жуковски за равенство на скоростите в изходящия ръб:

$$(13) \qquad \gamma_1 + \gamma_N = 0$$

Получената тогава система е от N+1 уравнения относно N неизвестни. За определяне на системата са възможни два подхода. Катц и Плоткин [Katz, Plotkin] заместват едно от уравненията на система (11) с уравнение (13). Това обаче води до осцилация на численото решение в точката на колокация, съответстваща на въпросното уравнение. Друг подход за получаване на определена еквивалентна система е уравнение (13) да се извади почленно от всички уравнения на система (11). Този подход е използван в доклада.

След определяне на неизвестния вектор ү, се изчислява разпределението на коефициента на статично налягане по долната и горна повърхност на профила. Използвана е формулата:

14)
$$c_p = 1 - \left[\frac{V_{\infty}\cos(\alpha + \theta_i) + 0.5\gamma_i}{V_{\infty}}\right]^2$$

3. Резултати

За установяване адекватността на алгоритъма се използва шестоъгълник, по панелите на който се проверяват ориентацията на нормалния към панела вектор, изпълнението на условия (8) и координатите на точката на колокация в двете координатни системи. На фиг. 2 се вижда сверяване на резултатите за този изчислителен случай с използването на програмните пакети Wolfram Mathematica и AutoCAD. Показаният на чертежа тестов случай е i = 5 и j = 3, като координатната система е ориентирана по панела. Вижда се в средите на двата продукта, че координатите на точката на колокация в цитираната локална координатна система съвпадат. При равенство на индексите i = j също е изпълнено условие (8): $\partial \Phi / \partial \xi = -0.5$ и $\partial \Phi / \partial \eta = 0$. Знакът пред скоростната компонента $\partial \Phi / \partial \xi$ е отрицателен, защото локалната ордината е $\eta = 0 - \epsilon$.



Фиг. 2. Тест на числената реализация с шестоъгълник

Следващият тест за проверка адекватността на алгоритъма е сравняване на резултатите с теоретичните за случай на обтичане на сфера. Известно е, че за случай на обтичане с потенциален поток, коефициентът на статично налягане се пресмята по формулата:

(15)
$$c_p = 1 - \frac{9}{4} \cos^2 \theta, \theta \in [0; 2\pi]$$

Резултатите от формула (15) и числената реализация (до формула (14) включително) са показани на фиг. 3. Съвпадението е пълно.



Фиг. 3. Тест на числената реализация за случай на обтичане на сфера с потенциален поток

При положение, че резултатите от тестовете с точни решения са положителни, пристъпено бе към анализ обтичането на крилен профил с потенциален поток. Използван бе крилен профил NACA23012, дискретизиран с помощта на 72 панела. Нормалните и тангенциални вектори към панелите са показани на фиг. 5, а резултатите за разпределението на коефициента на статично налягане – на фиг. 4.



Фиг. 5. Нормални и тангенциални единични вектори към панелите на профил NACA23012



Фиг. 6. Експериментални продувки на профил NACA23012, Re = 2.04E6

На фиг. 6 са показани резултати от експериментални продувки на профила, проведени от [Wenzinger]. Несъвпадението на резултатите в зоната около задна точка на заприщване се обяснява с налагането на условието на Кута – Жуковски. Така за настоящата задача последните два панела около изходящия ръб стават неносещи. Решение на проблема е разпределението на еквивалентното вихрово покритие да се търси като линейна функция.

4. Заключение

В настоящия доклад бе разгледан алгоритъм за анализ обтичането с потенциален поток на крилен профил. Използваният панелен метод допуска постоянна интензивност на присъединеното вихрово покритие към панела. Алгоритъмът бе тестван с точни решения, фундаментални в теоретичната аеродинамика.

Разгледаният метод е представен във възможно най-простата си форма на реализация. По-точни решения могат да се търсят ако разпределението на вихровото покритие е линейно и дори квадратна функция. Панелите също могат да се изразят с рационален полином от по-висока степен, например коефициентите на полинома могат да се получат с построяване на кубичен сплайн. Интегрирането на присъединеното вихрово покритие в този случай обаче е свързано със значителни трудности: интегралът е линеен и свеждането му към Риманов се извършва чрез специални квадратури.

5. Благодарности

С настоящото изследване авторът би желал читателят да си спомни за проф. д.т.н. инж. Кирил Варсамов, преподавател в катедра "Хидроаеродинамика" към Технически университет – София. Под неговото компетентно ръководство, педагогически такт и търпение бе реализиран този алгоритъм като дипломна работа на автора. От преждевременната кончина на проф. Варсамов изминаха 10 години.

Изследването е извършено по линия на Договор за безвъзмездна финансова помощ по ОП "РЧР", схема № ВG051PO001/07/3.3-02/63/17.06.08г. "Подкрепа за развитието на докторанти, постдокторанти, специализанти и млади учени".

Литература:

[B r a n d a o] B r a n d a o, M. P. Improper Integrals in Theoretical Aerodynamics: The Problem Revisited, AIAA Journal, vol. 25, no. 9, pp. 1258 – 1260, 1987

[K a t z, P I o t k i n] K a t z, J., A. P I o t k i n. Low – Speed Aerodynamics, From Wing Theory to Panel Methods, McGraw – Hill, Inc., 1991

[W e n z i n g e r] W e n z i n g e r, C. J. Pressure distribution over an NACA 23012 Airfoil with an NACA 23012 External - Airfoil Flap, NACA Report No. 614, 1938

ИЗСЛЕДВАНЕ НА СИСТЕМАТА ЗА ИЗОБРАЗЯВАНЕ НА ИНФОРМАЦИЯ НА СЪЮЗ-ТМА

Иван Димитров

Институт за космически и слънчево-земни изследвания - Българска академия на науките e-mail: idimitrov@space.bas.bg

Ключови думи: космическия летателен апарат, система за управление, аварийна ситуация

Резюме: Представен е нестандартен анализ и е предложено експериментално изследване на системата за изобразяване на информацията (СИИ) на космическия летателен апарат "Съюз ТМА". Разгледана е възможността за възникване на аварийна ситуация на борда на международната космическа станция (МКС) и възможните последствия за използване на СИИ. Предложено е лабораторно изследване при възникване на аварийна ситуация и евакуация на екипажа от астронавти.

INVESTIGATION OF THE SYSTEM FOR DISPLAYING INFORMATION ONBOARD THE SOYUZ-TMA SPACECRAFT

Ivan Dimitrov

Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: idimitrov@space.bas.bg

Keywords: spacecraft SOUZ TMA, experimental examination, system for displaying information, emergency, International Space Station

Abstract: The paper presents a non-standard analysis and proposes an experimental examination system for displaying information (SDI) onboard the SOYUZ TMA Spacecraft. The possibility of emergency onboard the International Space Station and the possible consequences of SDI's use is examined. Laboratory testing in case of emergency and evacuation of the crew of astronauts is proposed.

"Если в первом акте пьесы на **стене** висит **ружьё**, то в последнем акте оно непременно должно выстрелить." © **А. П. Чехов**

"Надейся на лучшее и готовься к худшему." © Английская пословица, автор – неизвестен

През 2011 година приключва американската космическа програма за апарати с многократно използване SPACE SHUTTLE. Това налага нови изисквания към руските апарати "Съюз ТМА". Те се превръщат в единствените спасителни средства при аварийна ситуация на МКС и напускане на станцията. Ограниченият ресурс на "Съюз ТМА" предполага и завръщане на земята. При екипаж от 6 астронавти на МКС са необходими 2 апарата за пълна евакуация. Процедурата по аварийното напускане на станцията и завръщането на Земята изисква определено ниво на подготовка и здравословно състояние на екипажа.

Системата за изобразяване на информацията (СИИ) "Нептун МЭ" [1,2] на космическия летателен апарат "Съюз ТМА" е предназначена:

- Да управлява бордовите системи
- Да изобразява пилотажно-навигационната информация
- Да взаимодейства с бордовата изчислителна система при решаване на навигационните задачи и управление на движението на КЛА при сближаване, стиковане, маневриране, ориентация, спускане и кацане.
- Да изобразява главните параметри на системата, запасите от работно тяло, параметрите на атмосферата в КЛА и др.
- Да управлява средствата за връзка
- Да формира и подава важни команди
- Да подава аварийно-предупредителна информация със светлинен и звуков формат
- Да изобразява телевизионна, измервателна и дисплейна информация в разделен или съвместен режим.

В достъпното описание на СИИ "Нептун МЭ" и компютърната симулационна програма не са забелязани интегрирани процедури за спасяване на екипажа при аварийни ситуации на МКС. При пилотираните и непилотирани полети са възниквали различни екстремни и аварийни ситуации:

Разхерметизация на космическата орбитална станция "Мир" при сблъскване с "Прогресс М-34" на 25 юли 1997 година. Причината е операторска грешка, неадекватно поведение на оператора и неправилен подбор на екипажа;

Сблъскване между спътниците Космос-2251 и Iridium 33 на 10 февруари 2009 година. Довежда до пълно разрушаване на двата спътника и формиране на 600 фрагмента. В момента на околоземна орбита се намират 15 000 изкуствени обекта с размер над 10 см и 350 000 с размер от 1 до 10 см;

През 1971 година загиват руските космонавти Доброволски, Волков и Пацаев след разхерметизация на спускаемия апарат на "Съюз-11". Полетът се извършва без скафандри;

През 1985 година Дженибеков и Савиних се скачват с "мъртвата" станция "Салют-7", провеждат ремонт на станцията и я довеждат до работещо състояние. Станцията е с аварирало захранване и с неработещи системи;

През февруари 1997 година възниква пожар на станция "Мир" – модул "Квант". Използвани са пожарогасители. Едно денонощие космонавтите използват респиратори. Последствията от пожара нарушават жизнената среда за няколко седмици.

При възникване на пожар, сблъскване с космически летателни апарати (КЛА) или фрагменти от КЛА, разхерметизация на МКС и комбинация от няколко неблагоприятни събития е възможно част от екипажа да бъде загубен или да не бъде в състояние да обслужва пълноценно СИИ "Нептун МЭ". При аварийни ситуации най-активни ще бъдат най-добре подготвените членове на екипажа. Това увеличава риска да не бъдат в състояние да участват в процедурите по завръщане на земята. Възможна е ситуация, при която връщането на екипажа или на част от него ще се извърши от неподготвен, слабо подготвен или контузен негов член. На борда на МКС пребивават космически туристи и изследователи, който не са запознати с управлението на "Съюз ТМА". Те не излизат в открития космос, не извършват монтажноремонтни работи и не са изложени на потенциален риск. Това дава възможност да се предположи, че при аварийни ситуации те ще бъдат в най-добро здравословно състояние и ще се наложи да извършват аварийно евакуационни действия на екипажа. Липсата на интегрирани евакуационно процедури в СИИ "Нептун МЭ" намалява вероятността за благоприятен изход. На фиг. 1 е представен външен вид на пулта СИИ, на фиг.2 - пулт на СИИ в кабината на спускаемия апарат и на фиг.3 – устройство за въвеждане на командите.

Изследването на СИИ има за цел да провери експериментално работата на слабо подготвени и неподготвени оператори в аварийни и екстремни условия. Експериментите ще бъдат ограничени от наличните технически средства, описание на СИИ, компютърната симулационна програма и лабораторни условия. Групите изследвани оператори ще бъдат:

- Пилоти на самолети
- Оператори РВД
- Технически персонал
- Компютърни програмисти
- Ползватели на компютърна техника
- Оператори на сложни технически системи
- Студенти с хуманитарен профил
- Други

Получените резултати от експериментите ще се използват за съставяне на изискване към автоматизираната процедура за аварийно спасяване на екипажа на МКС.

Литература:

- 1.Т я п ч е н к о, Ю. А. Интегрированная СОИ космического корабля «Союз-ТМА» и пульт ручного контура управления Российского сегмента МКС «Альфа», г. Жуковский, 2005, 20
- 2.Т я п ч е н к о, Ю. А., Е. К. Н и к о н о в , А. Г. Ж у р а в л е в, А. В. Б е л к о в, Е. А. Б а т у р и н а. Обучающая программа пульта космонавтов КК «Союз-ТМА», НИИАО, г.Жуковский, ОАО «Альфа-М», г. Раменское



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3
ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ПРЕДЕЛНАТА БАЛИСТИЧНА СКОРОСТ НА КУРШУМИ С РАЗЛИЧНИ МЕХАНИЧНИ КАЧЕСТВА

Пламен Чернокожев¹, Борислав Генов², Георги Генов¹

¹ Шуменски университет "Еп. К. Преславски" ² Институт по отбрана e-mail: genov @abv.bg

Ключови думи: критерии за балистична защита, балистични изпитвания

Резюме: Защитеността срещу балистични заплахи на материалите за балистична защита е прието да се оценява по определени критерии. В практиката се използват редица стандартизирани критерии, които използват сравнително леки математически апарати и позволяват достоверни анализи на качествата на изпитваните продукти.

Независимо от тези опростени методи, в специализираната литература се срещат попрецизни методи, които са по-подходящи за научни изследвания на устойчивостта на балистичните материали. Именно един от тези методи ще бъде проверен експериментално в нашето изследване.

BALLISTIC LIMIT ESTIMATION FOR DIFFERENT PROJECTILES

Plamen Chernokojev¹, Borislav Genov², Georgi Genov¹

¹ Bishop K. Preslavski University of Shoumen ² Defence Institute e-mail: genov @abv.bg

Keywords: ballistic limit, ballistic testing

Abstract: The protection against ballistic threats of materials for ballistic protection is valued according to specific criteria. In practice, a number of standardized criteria are used which employ relatively light mathematical methodology and allow reliable analysis of the quality of tested materials and products.

Despite these simplified methods, more accurate methods are to be found in literature which are better suited to research the sustainability of ballistic materials. It is one of these methods that will be verified experimentally in our study.

I. Въведение

Под пределна балистична скорост, гранична (критична) скорост, или балистическа граница, граница на пробиването, трябва да се разбира онази минимална скорост, която трябва да притежава куршума, за да може той или негов елемент, преодолявайки съпротивлението на якостните характеристики на собствени небойни елементи - корпус, оловна риза и др. да извърши успешно пробиването на броневата преграда на противниковото съоръжение и други след него защитни средства и все пак да му остане още достатъчно количество кинетична енергия (вектор остатъчна скорост V_{20ст}) да порази и целта, в конкретния случай тя може да бъде жива сила, важна апаратура или друг обект от който зависи боеспособността на войсковата единица. Следователно пределната балистическа скорост се явява граничната критична скорост, при по-ниска от която куршума (сърдечника) не може да пробие преградата или пък ако я преодолее няма да има достатъчна енергия да порази целите зад преградата.

II. Определяне на пределната балистична скорост

Пределната балистична скорост се оценява по няколко критерия, получавани на базата на стандартизирани методи за изпитване [2, 3, 4, 5]. Тези, които са валидирани понастоящем се свеждат до определяне на:

- пределна балистична скорост V50;
- VLNP и VLP;
- пределна балистична скорост V0.

1. Определяне на пределната балистична скорост V50

Пределната балистична скорост е тази скорост на среща при която имаме 50% вероятност за пробиване, респективно непробиване на преградата. Въпреки, че идеята за този критерий е позитивна, към момента стандартизираните процедури, описващи метода дават предпоставки за неточно определяне на този критерий, което пък дава възможност резултатите да се манипулират. Разбира се, трябва да се отчете, че процедурата по определяне на този критерий може да варира в широки граници и по този начин да се избегнат тези предпоставки за неточно.



Каква е философията на този критерий. Изстрелването на достатъчен брой проектили (куршуми, симулатори на фрагменти или осколки) с близки значение скорости, по "разположени" около очакваната скорост на пробиване на преградата И последващата математическа обработка на получените данни за скоростта би довело до получаване на тази стойност на скоростта при която имаме вероятност за пробиване, респективно непробиване на преградата 0,5 (в проценти 50%) (фиг. 1).

Този критерий е особено полезен при определяне на балистичните качества на прегради, при които балистичните качества се различават макар и незначително в различните им области – например системи за балистична защита, имащи голяма площ; системи за индивидуална балистична защита, изградени от гъвкави балистични материали; керамични елементи; системи за балистична защита, реализирани на модулен принцип и др.

Определянето на критерия V50 протича в следната последователност:

1) Достигане до константна скорост. Необходимо е да се "настрои" изискваната или предполагаемата скорост, която очакваме да бъде V50. Обикновено това става с промяна на количеството метателен заряд и/или промяна на дължината на тестовата цев. За да бъдем сигурни, че ще се постигне винаги очакваната скорост, към стойността й се добавят 8-10 m/s.

2) Проверка на креновия ъгъл на среща. Проверката се извършва за всеки проектил, като всеки проектил с кренов ъгъл по-голям от 5° следва да отпада от изчисленията за V50. Ъгъла на среща трябва да се измерва с точност до 0,5°.

3) Първи изстрел. Първият изстрел се снарядява така, че да се осигури скорост 25÷30 m/s под предполагаемата стойност на V50BL(P).

4) Следващи изстрели. Ако първият изстрел предизвика пълно пробиване, вторият изстрел се снарядява така, че скоростта да е по-ниска с 15÷30 m/s. Ако първият изстрел е предизвикал частично пробиване, вторият изстрел се снарядява така, че да осигури с около 15 m/s по-висока скорост. Нарастването с 15 m/s става дотогава, докато се постигне едно пълно и едно частично пробиване. Стрелбата продължава дотогава, докато се определи V50BL(P). За определянето на V50BL(P). Половината от изстрелите трябва да не пробиват.

Фиг. 1. Графично онагледяване на критерия V50

5) Най-високата скорост в групата (половината пробили и половината непробили) трябва да е с не повече от 40 m/s по-висока от най-ниската в групата. Критерият V50 BL(P) се определя като средно-аритметичното число на изстрелите, удовлетворяващи изискванията.

2. Measurement of VLNP and VLP

VLP е най-ниската скорост, при която имаме пробиване. VLNP е най-високата скорост, при която нямаме пробиване.

Последователността на процедурата е следната:

Ако имаме пробив при първия изстрел, той се записва като VLP. След това намаляваме скоростите, докато нямаме пробив. Тази скорост се записва като условна VLNP. Намалява се още скоростта, за да се уверим, че нямаме пробив.

Ако нямаме пробиване при първия изстрел, увеличаваме скоростите, докато настъпи такова. Тази скорост се записва като условна VLP. След това се произвеждат достатъчен брой изстрели с такива скорости, за да се гарантира, че никой от тях няма да пробие, като всички са с малко по-ниска скорост от VLP.

Най-ниската скорост, при която имаме пробив, записваме като VLP. Най-високата скорост под VLP, при която нямаме пробив, се записва като VLNP.

Разликата между VLP и VLNP трябва да бъде под 10 m/s и трябва да имаме поне 14 зачетни измерени скорости.

3. Определяне на V0

V0 е най-ниската скорост, при която имаме перфорация. Тя се базира на принципа на сравняване на кинетичната енергия преди удара по тестовия образец и тази след пробиването му. Приема се, че тази загуба на скорост е константа, в границата на инструменталната грешка.

Когато измерената маса на входа и на изхода се приема да е една и съща, то входната и изходната скорост могат да се измерят директно. Ако и двете маси се различават, се сравняват моментите. За уловител на всички продукти след пробиването, най-често се използва балистично махало.

Когато имаме еднакви маси на входа и на изхода V₀ се изчислява по следната зависимост:

(1)
$$V_0 = [(V_s)^2 - (V_e)^2]^{1/2}$$

където V_s ударната скорост, а V_e е изходната Когато имаме различни маси:

(2)
$$p_0 = K [(p_S)^2 - (p_e)^2]^{1/2}$$

където р_s е момента на входа, а ре – на изхода

Използвайки [1], за всички изстрели се съставя зависимост "изходна скорост"=f("ударна скорост"). Скоростите, които трябва да се използват варират в границите от V₀ до стойност на скоростта 1,5. V₀

Ако използваме [2] се използва същата процедура, с тази разлика, че се съставя зависимостта "момент на изхода"=f("момент при удара").

Разбира се, налице са и аналитични зависимости за определяне на пределната балистична скорост. Голяма част от тях са изложени в [1]. На експерименталната им проверка е посветен следващия раздел.

III. Експериментални резултати

За експерименталните изследвания се използваха 5,45 mm куршуми със следните характеристики :

- боен елемент - стоманен сърдечник - изготвен от една от стоманите 10 кп, АГ13, 38ХНЗМАФА, 38ХС-Ш, 65Г и Р6А2М5;

- твърдост на сърдечниците в границите 193÷667.10⁷ N/m²;

Въздействието им беше оценявано по преграда стоманена плоча от Ст20 с граница на провлачване $\sigma_s = 240~MPa$ с различни дебелини (4, 6, 8 и 10 mm).

Предвид факта, че тестовите куршуми с този калибър имат относително малка енергия, при стрелба на 300 mm дебелина на стоманената плоча 10 mm, никой от предложените сърдечници не премина през преградата. При дебелина 8 mm сърдечниците с твърдост HB < 486.10⁷N/m2 и разстояние на стрелбата 200 m също не преминават през плочата. Затова с оглед натрупване на статистически материал, за меродавни се приеха резултатите само по бронеплочи с дебелина 4 и 6 mm.

Следователно, пределната балистическа скорст зависи от много фактори които бихме могли да сведем до :

- фактори произтичащи от собственото оръжие - калибър, форма на куршума, маса, твърдост, плътност и характерни размери на сърдечника, термообработка, пластичност, крехкост на материала, нови качества, които придобива сърдечника в процеса на пробиване;

- фактори произтичащи от условията на изстрела - разстояние на стрелбата, ъгъл на излитене на куршума, атмосферните условия влияещи на началната скорост и неговата траектория;

- фактори произтичащи от устойчивостта на поразяващите цели - вид и качества на бронята, форма (плоскост, полусфера, многослойна) дебелина на стената, ъгъл на срещане на преградата.

Това налага необходимостта от нови анализи - как да групираме или как в условията на изстрела ще бъдат групирани конкретните условия и обстоятелства.

Дали оръжието ще бъде достатъчно универсално за да може да удовлетворява изискванията за поразяване на всички цели появяващи се в бойната обстановка от боекомплекта, който да се използва според конкретните условия и обстоятелства.

Напълно ясно е, че е невъзможно и безмислено да се правят такива опити, а и какви точно тактико-технически характеристики да се предивяват към съответните стрелкови системи. Затова когато ще се наложи да определяме пределната балистическа скорост на ново създадени куршуми, както е в нашия случай, трябва първо да се съобразяваме с онези тактикотехнически характеристики, които са били предивени към дадения вид стрелково оръжие още при неговото конструиране, както и с тенденциите му за бъдещото му развитие. На второ място трябва да се съобразяваме с условията, които са наложени създаването на нов вид боеприпаси.

Относно разстоянията на които да се поразяват целите. Куршумите с калибър 5,45 mm имат малка маса и бързо губят своята скорост при полета. Като изхождаме от доказаните бойни характеристики на предлаганите куршуми с калибър 5.45 mm и от тяхната скорост по траекторията, бихме могли да групираме разстоянията на стрелбата :

- малки разстояния - до 100 m;

- средни разстояния - 100 ... 300 m;

- големи разстояния - 300 ... 500 m;

- пределни разстояния - над 500 m.

На основание на тези разсъждения, би трябвало тактико-техническите характеристики на ново конструираните бойни припаси, на базата на изследваните сърдечници, да удовлетворяват някои усреднени условия и параметри по отношение на пределната балистична скорост.

От какво да изхождаме когато ще определяме тези усреднени условия или изисквания към пределната балистическа скорост. Уместно ще бъде да се обосновем на следното :

- резултатите от проведените експериментални и теоретични изследвания на бойните качества, които показаха предлаганите куршуми със стоманен сърдечник от материали с висока твърдост;

- опитно определените данни за пробиване на броня с различни дебелини от различни разстояния и с различни сърдечници;

- целите които сме поставили на средни и пределни разстояния;

- от тактико-техническите характеристики на АК 74;

- от бойните задачи, които се поставят пред стрелковото подразделение в боя.

Като се съобразяваме с горните изисквания и на базата на анализа и заключенията предложени в досегашните етапи на настоящата работа, относно действието на предлаганите сърдечници по стоманени плочи, дървени щитове и по други защитни средства с успех би ни служила една приблизително определена граница на балистическата скорост на куршума определена по следните формули:

(3)
$$V_{np} \ge \kappa_1 V_0$$

(4) $V_{1oct} \ge \kappa_2 V_{np} \ge \kappa_d V_o$

където :

V₀ - начална скорост;

V_{пр}- пределна балистическа скорост;

V_{1ост} - скорост на сърдечника, след пробиване на плочата.

За приетите условия коефициентите κ_1 , κ_2 и κ_d имат следните приблизителни стойности: $\kappa_1 = 0,72$; $\kappa_2 = 0,58$ и $\kappa_d = 0,42$. Относно втората остатъчна стойност коефициентът к₂ е изчислен така, че V_{1ост} да може след преминаване през индивидуалните защитни средства да порази и човешкото тяло за което е достатъчна скорост около 200 m/s. Оттук :

(5)
$$V_{2oct} \ge \kappa_2 . V_{1oct} \ge 0.26$$
 . V_0

Разбира се, едно окончателно твърдение на горното е необходимо да се потвърди и разшири от още доказателства.

На този етап от направените изследвания предлаганите сърдечници отговарят на условието $V_{np} \ge 0.72$. V_0 при разстояние на стрелбата 250 m.

Съгласно [1] пределната балистична скорост V_I може да се определи от израза:

(6)
$$V_l = u \cdot \left(\frac{L}{D}\right)^{0.15} \cdot \sqrt{f(z)} \cdot \left(\frac{d^3}{M}\right)$$

където:

и – коефициент, зависещ от вида на мишената;

L – дължина на куршума, ст;

D – диаметър на куршума, ст

$$f(z) = z + e^{-z} - 1 = \sum_{j=2}^{\infty} \frac{(-z)^j}{j!};$$

 $z = \frac{c}{d} \sec^{0.75} \Theta$ - коефициент, отчитащ влиянието на ъгъла на попадение на куршума върху

мишената;

М – маса на куршума,

Т=б - дебелина на мишената.

От тези данни не е известна стойността на и за изследваната мишена. Поради това за определяне на пределната балистична скорост може да се използува зависимостта:

(7)
$$V_{s} = \begin{vmatrix} 0; & 0 \le V_{ocm} \le V_{l} \\ a (V_{c}^{p} - V_{l}^{p})^{1/p}; & V_{c} > V_{l} \end{vmatrix}$$

където: Vocт- остатъчната скорост на куршума след мишената, cm/s

Vc - скорост на куршума при попадението върху мишената, cm/s

а - параметър, определящ тангенса на ъгъла на наклона на асимптотата на кривата V_{ост} (Vc) а = M/(M +M'/3) ;

М приближено (или при удар на нормалата - точно) значение на масата на материала на мишената в обема на цилиндър, изрязан от проекцията на куршума върху мишената, M' = p.y D₃ Z/4

ρ - плътност на материала, g/cm³

р = 2 + Z/3 - функция, правопропорционална на ефективната безразмерна дебелина на мишената и да бъде нарастваща функция;

OT
$$V_{oct} = a (V_{cp} - V_{lp}) 1/p$$

след преработването се получава

(8)
$$V_{lp} = V_{cp} - (V_{oct}./a)p$$

(9) $Z = T/D. \sec^{0.75} \Theta_0$.

При малки разстояния на стрелба (до 50 m) може да се приеме, че куршумът среща мишената под ъгъл 90°.

 $\sec \Theta_{o} = 1; \qquad z = T/D$

При дебелина на мишената δ = 4mm

Z = 0,4/0,56 = 0,714; M' = p.y.D₃ Z/4 = 7,85.y.0,563.0,714/4 = 0,773 g

f(z) = 0,214; a = M/(M+M'/3) = 3,415 (3,415+0,773/3) = 0,93; p = 2 + Z/3 = 2,238

Стойностите на параметрите при пресмятане на зависимостта за V_I са дадени в таблицата: таблица 4.37

Таблица

Вид стомана	V _⊭ .m/s	4	4mm	6mm		
	- 1,	V _{oct} . m/s	V _I , m/s	V _{ост.} , m/s	Vı, m/s	
10кп РБ	858,3	514	698,86	490	721,21	
ΑΓ13	858,7	503	686,38	501	713,28	
38ΧΗ3ΜΑΦΑ	859,1	588	631,66	536	684,18	
38XC-Ш	858,1	629	582,08	568	660,39	
65Г	861,9	663	541,28	590	633,05	
P6A2M5	860,4	667	532,48	618	594,71	

При дебелина на мишената δ = 6mm

 $M' = p.y.D^3 Z/4 = 7,85.y.0,5453.1,1/4 = 1,0978 g$ Z = 0,6/0,56 = 1,1;f(z) = 0,4329;a = M/(M+M'/3) = 3,415 (3,415+1,0978/3) = 0,9032 p = 2 + Z/3 = 2,367;Зависимостта на VI = f(HB) е показана на фиг. 4.10, 4.11





 $\mathbf{E} = \mathbf{f} (\mathbf{V}\mathbf{k})$



Литература:

- 1. З у к а с, Дж. и др., Динамика удара, превод от английски под редакцията на Григорян С., "Мир", Москва, 1985. 2. MIL-STD-662 F V50 Ballistic Test For Armor
- 3. STANAG 2920 ed.1 Ballistic Test Method For Personal Armor Materials And Combat Clothing
- 4. STANAG 2920 ed.2 Ballistic Test Method For Personal Armor Materials And Combat Clothing
- 5. NIJ Standard 0101.06 Ballistic Resistance of Body Armor

МЕТОДИЧЕСКИ ПОДХОДИ КЪМ ПРОБЛЕМА ЗА ОЦЕНКА НА ИНФОРМАЦИОННОТО НАТОВАРВАНЕ НА ЧОВЕКА-ОПЕРАТОР В ЕРГАТИЧНА СИСТЕМА

Зоя Хубенова

Институт за космически и слънчево-земни изследвания – Българска академия на науките e-mail: zhubenova@space.bas.bg

Ключови думи: човек-оператор, ергатична система, информационно натоварване

Резюме: В статията се разглежда предмета и методите за оценка на информационното натоварване на човека-оператор в ергатичната система в зависимост от дейността му. Предложените методи дават възможност да се оцени динамиката на умора в зависимост от изменението на познавателните процеси с цел, създаване на условия за оптимално информационно взаимодействие на човека и техниката.

METHODIC APPROACHES TO THE PROBLEM OF ESTIMATING THE INFORMATION LOAD EXERTED ON THE MAN-OPERATOR WITHIN AN ERGATIC SYSTEM

Zoya Hubenova

Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: zhubenova@space.bas.bg

Keywords: man-operator, ergatic system, information load.

Abstract: The article examines the purpose and methods for estimating the information load exerted on the man–operator within an ergatic system depending on its activity. The proposed methods allow to assess the tiredness dynamics depending on the modification of cognitive processes in order to create conditions for optimal information interaction between man and technology.

1. Въведение

Проблемът за точен теоретичен анализ и критерии за оценка на човешкия фактор в ергатични системи с отчитане на информационните процеси в психиката на човека са един от най-актуалните проблеми на съвременната кибернетика и теоретична и приложна психология. Сложният системен, йерархичен строеж на процесите на приемане и преработка на информацията предявяват високи и специфични изисквания към методите за техния теоретичен анализ и нивото на експерименталните изследвания.

В последните години се наблюдава сближаването на математическите, кибернетичните и психологически методи за изследване не само на резултатите, но и на структурата, функционирането и генезиса на информационните процеси, съставляващи съществена част от психическите процеси на човека. При това, независимо от множеството различни направления и теоретични школи, се открива обща закономерност в подходите за анализ и във възгледите за природата на посочените психически процеси. Тази закономерност се проявява в сближаването на методологическите основи на различните концепции по отношение на задълбочаване и разширяване на експериментално-психологическите изследвания.

В съществуващите ергатични системи главно внимание се отделя на антропометричните, физиологическите, и психологическите особености на оператора [1, 2, 3, 7].

Това от своя страна определя структурата на системата за информационно осигуряване на дейността на оператора, вида и състава на средствата за изобразяване, съвкупността на информационните модели и формите на представяне на информацията за обекта на управление, както и на всяка друга информация, необходима за нейната оценка. На оператора се представя тази информация за обекта на управление, която е обработена в системата за информационно осигуряване на дейността на оператора, без отчитане на следните фактори [8]: необходимостта от дадената информация на оператора; способите за обработка на информацията от оператора; съответствие на информацията на решаваните от него задачи; условия, съответстващи на дейността на оператора.

Изхождайки от това, методите за разработване на системата за информационно осигуряване на дейността на оператора за оценка на обекта на управление, трябва да включват следните компоненти:

- анализ на информационното осигуряване на процеса на оценка на обекта на управление от оператора;

- определяне на информационните признаци, осигуряващи оценка на обекта на управление и обосноваване на състава на информационните елементи, представени на средствата за изобразяване на информация за оперативна оценка на обекта на управление;

- разработване на структурата и изискванията към формата на представяне на информационните елементи, които най-пълно съответстват на характера на дейността на оператора при оценка на обекта на управление.

2. Постановка на проблема

Математическият апарат за описване на психическите явления, използван в съвременните математико-психологически концепции, се опира на математическата теория на алгебричните структури, теорията на разпознаване на образи, теорията на информацията, теория на адаптивните системи и др. При това съществено е определянето на операционните отношения и структура на преобразуванията и съществуващите инварианти на техните резултати относно определени съвкупности преобразувания.

Методите за разработване на системата за информационно осигуряване на дейността на оператора за оценка на обекта на управление, принципно включват следните компоненти: анализ на информационното осигуряване на процеса за оценка на обекта на управление от оператора; определяне на информационните признаци, осигуряващи оценка на обекта на управление и обосноваване на състава на информационните елементи, представени на средствата за изобразяване на информация за оперативна оценка на обекта на управление; разработване на структурата и изискванията към формата на представяне на информационните елементи, които най-пълно съответстват на характера на дейността на оператора при оценка на обекта на управление. Такава постановка на проблема в този или друг вид намира своето потвърждение в основата на "рационалните" математически модели, разработени в последното десетилетие в рамките на самата психология, в приложната математика, в кибернетиката, в модели, които за съжаление, обхващат определени частни аспекти в общата проблематика.

Изхождайки от това произтичат и следните основни положения при разработване и обосноваване на подход за количествена оценка на информационното натоварване на оператора: 1) В съответствие с експерименталните резултати, потвърждаващи случайния характер на ответната реакция на човека даже на априори известен детерминиран сигнал, дейността на оператора е необходимо да се разглежда като стохастичен процес, а него самия като стохастическа система, притежаваща някои адаптивни свойства; 2) В качеството на основа на информационното описание и последващ анализ на дейността на оператора в системите за контрол и управление е необходимо да се използва модел на нестационарен дискретен канал за връзка с дискретно време. Целесъобразно е също така да се приеме, че в оперативната и дълговременна памет на оператора се съхранява информация за целите на функциониране и оценка на качеството на дейността, т.е. съществува определена "инструкция" и постановка за изпълнение на задачата; 3) За това, да може да се оценява работната характеристика на оператора при приемане и преработка на информацията се въвежда понятието типова единица на функциониране на оператора ТЕФ. Под това понятие се разбира съвкупността от операции и действия на оператора, свързани с търсенето, намирането и опознаването на даден сигнал – елемент от входното L, , а също и неговата логическа обработка и формиране

на ответна реакция – елемент от изходното L_y (L_x и L_y са съответно пространствата от събития в рамките на използвания модел на канала за връзка). По същество, ТЕФ може да се разглежда като някаква елементарна единица от дейността на оператора, притежаваща ограничена пространствена и времева продължителност. В количествено отношение естествено е ТЕФ да се характеризира, първо с крайна продължителност във времето и второ с определена информативност, т.е. с това количество информация, което преработва операторът при неговата реализация.

Използвайки по този начин въведеното понятие ТЕФ, функционирането на оператора като процес е възможно да се опише като стохастична последователност от непресичащи се ТЕФ. Тогава всеки краен промеждутък от време на функциониране на оператора може да се представи крайна сума от случаен брой случайни събираеми, съответстващи на дискретните времеви интервали на реализация на ТЕФ в порядък на тяхното следване, започвайки от t = 0.

Така както ТЕФ не се пресичат, то може да се приеме, че краят на предишния отчет и началото на следващия във времето съвпадат. Това предположение се съгласува с известната в инженерната психология хипотеза за последователната структура на процеса за преработка на информацията от оператора.

Въз основа на горното могат да се формулират основните принципи за системноинформационно описание на дейността на оператора при решаване задачите за контрол и управление:

• Информационния обмен между обекта за управление и управляващата система – това е обективна реалност, не зависеща от наличието или липсата на оператор в структурата за управление.

• Количеството информация циркулираща в контура на управление, преди всичко е функция за структурата и динамичните свойства на обекта за управление, на зададените критерии за качество на неговото поведение във времето, на зададената точност за контрол на неговото състояние, а също на характеристиките на външната среда.

• В рамките на системно-информационния подход всички индивидуални психологически характеристики на оператора в интегрален вид се проявяват в неговата способност или неспособност за обработка на обективно съществуващите потоци информация, постъпващи към него в съответствие с приетото разпределение на функциите за контрол и управление.

• Задачата на оператора в системите за контрол и управление се свеждат до генерация от определени реакции – елементарни събития от крайно дискретно пространство от изходни събития L_v в отговор на определени състояния на информационния модел на системата - на

събития от дискретно крайно пространство на входните събития L_x . Тази задача се решава от оператора с помощта на типови единици на функциониране, които не се пресичат във времето и в първо приближение, не зависят от предисторията на системата като цяло. В тези условия за описание дейността на оператора е целесъобразно използването на модел на дискретен канал за връзка без памет (в теоретико-информационен смисъл) и му се дефинират някои специални характеристики.

• Използването на предложения подход трябва да позволи да се реши задачата за оценка на количеството информация, фактически преработвана от оператора, да се определи степента на неговата информационна натовареност и да се прогнозира информационната му претовареност в системите за контрол и управление.

3. Синтез на системно-информационен модел на дейността на оператора

По определение под пространство от входни събития на канала ще се разбира множеството различими за оператора състояния на съвкупността от индикатори, индикаторни устройства, разположени на информационния модел на системата.

Нека *n* е общия брой индикатори на разглеждания панел и q_i , i = 1, 2, ..., n - броя на различимите за оператора състояния на *i*-тия индикатор. Тогава, използвайки теоремите от комбинаториката, може да се покаже, че общия брой различими състояния на такъв многоелементен панел се дава с:

(1)
$$N = \prod_{i=1}^{n} q_i$$

Да означим чрез x_j (j = 1, 2, ..., N) произволен j-тий елемент на входното пространство L_x на канала или все едно j-тото различимо състояние на информационния панел на системата.

Под пространство от изходни събития на канала L, по определение ще разбираме

множество различни за обекта състояния на съвкупността от органи за управление, като е целесъобразно за разгледаната система за управление пространствата L_x и L_y да са с еквивалентен по брой елементи. Това позволява преномериране на елементите на пространството от входни събития L_y така, че елемент y_i да съответства на това управляващо въздействие на оператора, което трябва да бъде реализирано при състояние на информационния панел X_i .

За характеристика за функциониране на канала във времето може да се въведе върху интересуващия ни промеждутък от време $0 \le t \ge T$ такава подредена система от моменти $0 = t_0 < t_1 < t_2 \dots < t_{v-1} < t_v \dots t_k = T$, че продължителността на произволна ν -та ТЕФ на оператора да бъде съответната величина $\delta_v = t_v - t_{v-1}$, където: $v = 1, 2, \dots, k$.

Тогава изчерпателното статистическо описание за пространството на входните събития на канала L_x може да бъде получено, ако за всяко j = 1, 2, ..., N се зададат безусловните вероятности $P(x_j, \upsilon) = 1$ за реализация на елемента x_j в отрязъка от време, съответстващ на ν -тата ТЕФ на оператора в реда на следване от момента t = 0.

Съгласно условието за нормировка за всяка произволна v-та ТЕФ указаните по-горе безусловни вероятности за реализация на елемента x_i от L_x удовлетворяват съотношението:

(2)
$$\sum_{j=1}^{N} P(x_j; \upsilon) = 1$$

За по-нататъшно разглеждане е удобно да се третират вероятностите $P(x_j, \upsilon)$ като ν - проекция на N-мерен вероятностен вектор на различимите състояния на информационния панел:

(3)
$$P(X; \upsilon) = \{P(x_1; \upsilon), P(x_2; \upsilon), ..., P(x_N; \upsilon)\}$$

Нека, стойността на *P*(*y_j*,*v*) да характеризира безусловната вероятност за реализация на *y_j*-то управляващо въздействие на оператора в интервала време в *v*-тата ТЕФ.

`

Тогава:

(4)
$$P(Y;\upsilon) = \{P(y_1;\upsilon), P(y_2;\upsilon), ..., P(y_N;\upsilon)\}$$

също може да се разглежда като *N* -мерен вероятностен вектор на различимите управляващи въздействия на оператора, съответстващи на *v* -тата ТЕФ.

Тогава в рамките на разглежданата структура на процесите ще може да се изрази математическия модел за дейността на оператора със следната формула:

(5)
$$P(Y;\upsilon) = \Psi [P(X;\upsilon),\upsilon]$$

,

където Ψ е символ в общия случай на нестационарно преобразование на дискретни последователности на различими състояния на информационния панел (елементи на пространството L_x) в дискретна последователност на различимите за обекта управляващи въздействия на оператора (елементи на пространството L_y). Физическият смисъл на това преобразование е очевиден – действително по смисъла на задачата решавана от оператора в рамките на разглежданата структура на дейността му и при отсъствие на грешки във формирането и реализацията на управляващото въздействие, операторът е длъжен в отговор на всяко x_j -то състояние на информационния панел с вероятност единица да реализира съответстващото на него зададено управляващо въздействие y_j . Вижда се, че в този частен случай (5) приема вида: (6) $P(Y; \upsilon) = P(x; \upsilon) . M_{I}$,

където $M_{_{I}}$ е единична матрица с размерност $N \times N$

В условията на реална дейност се налага да се вземат под внимание различните грешки на оператора, като звено от управляващата система. В термините на предлагания модел на оператора появата на указаните грешки следва да се обяснят с наличието на ненулеви вътрешни шумове на канала за връзка. Вследствие на това при всяко входно събитие от L_x съществува ненулева вероятност за реализация на всяко от управляващите въздействия, предвидени в конструкцията на пулта за управление на системата, т.е. на кой да е елемент от пространството L_x .

Въз основа на формулите за пълна вероятност за безусловната вероятност $P(y_1, v)$ за реализация на y_1 -то управляващо въздействие за дискретен интервал от време, съответстващ v-тата ТЕФ на оператора, може да се запише:

(7)

$$P(y_{i}; \upsilon) = P(x_{1}; \upsilon) . P_{\upsilon}(y_{i} / x_{1}) + P(x_{2}; \upsilon) . P_{\upsilon}(y_{i} / x_{2}) + \dots + P(x_{i}; \upsilon) . P(y_{i} / x_{i}) + \dots + P(x_{N}; \upsilon) . P_{\upsilon}(y_{i} / x_{N}),$$

където i = 1, 2, ..., N, а индекса v в условната вероятност $P_v(y_j / x_i)$ подчертава свойството нестационарност на използвания математически модел на канала, в следствие на което условните вероятности са функции на предния номер на ефективността на съответната ТЕФ започвайки от момента t = 0.

На основа на тази функционална зависимост от номера на ТЕФ възниква възможност за отчитане на такива специфични характеристики на оператора, като адаптация към ситуациите, приспособяване към работата, уморяемост, способност за усъвършенстване на дейностите в процеса на обучение и т.н.

От съотношение (7), изпълнено за всички *i* = 1,2,..., *N* , се вижда, че в този общ случай (5) се привежда във вида:

(8)
$$P(Y;\upsilon) = P(x;\upsilon)M(\upsilon)$$

(9)

където $M(\upsilon)$ е матрицата на условните вероятности с размерност $N \times N$. Структурата на тази матрица има вида:

Матрицата $M(\upsilon)$ от (9) удовлетворява всички признаци на стохастична матрица, доколкото всички нейни елементи са неотрицателни, не превишават единици и сумата от елементите от всеки ред е равна на единица. Тази матрица е специфична за всеки оператор в този смисъл, че отразява неговите индивидуални характеристики, свързани с приема и преработката на информация в рамките на разглежданата структура на дейност. Още повече, може да се каже, че тази матрица в компресирана форма отразява процесите за подготовка, вземане и реализация на решенията на сензорно-перцептивно ниво при решаване на задачата по установяване на съответствие от зададен вид между L_x и L_x . От изключително значение е,

че тя отчита и целият комплекс условия по представянето и полезното използване на информацията. Разбира се в тази степен, в която тези условия влияят на грешните действия на оператора.

Отсъствието на съдържателни психологични модели за функционирането на оператора в задачи от такъв тип не позволява на дадения етап да се използват аналитични методи за пресмятане елементите на матрицата M(v). Обаче във всеки конкретен случай дейността на

оператора матрицата $M(\upsilon)$ без особени принципни затруднения може да бъде получена експериментално [4, 5, 8].

В процеса на указаните експерименти се изясняват недостатъците във формирането на информационните панели и пулта за управление, а също се дава възможност за сравнение между различните оператори да се оценява тяхната близост до "идеалния".

Може да се приеме, в съответствие с предходното изложение, че "идеалния оператор" реализира зададеното еднозначно и без грешка изображение на входните сигнали – елементи от L_x на множеството изходни управляващи въздействия - елементи от L_y . Тогава обективното

съждение за недостатъците на конструкцията но системата и оценката за функционирането на реалния оператор може да се получи на основата на сравнение между експериментално получената матрица $M(\upsilon)$ с единична матрица от същата размерност, отговаряща на идеално функциониращия оператор.

Получените по-горе математически модели за дейността на оператора (6) и (8) заедно с матрицата (9) могат да бъдат непосредствено използвани за оценка степента на фактическата информационна натовареност на реалния оператор.

За целта се разглежда произволна ν -та ТЕФ за интервала от време за функциониране на оператора. Нека x_{μ} е състоянието на информационния панел, отговарящ на този отчет. При формиране на реакция на това състояние операторът вследствие наличието на вътрешни шумове, може да допусне грешка и да внесе в обекта всяко управляващо въздействие y_{j} , i = 1, 2, ..., N, предвидени в конструкцията на пулта за управление. Разпределенията на вероятностите на тези въздействия в рамките на използвания математически модел се дава с μ -ти ред от матрицата $M(\upsilon)$. Съвкупността от условни вероятности този ред от матрицата определя частната условна ентропия на управляващите реакции на оператора при фиксиран входен сигнал:

(10)
$$H_{\nu}(Y/x_{\mu}) = -\sum_{j=l}^{N} P_{\nu}(y_{j}/x_{\mu}) \log_{2} P_{\nu}(y_{j}/x_{\mu})$$
.

Ако тази ентропия се усредни по всички възможни състояния на информационния панел на *v*-тия дискретен канал с отчитане вероятността за тяхната реализация, то ще се получи общата условна ентропия:

(11)
$$H(Y/X) = -\sum_{\mu=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} P(x_{\mu}/\upsilon) P_{\nu}(y_{j}/x_{\mu}) \log_{2} P(y_{j}/x_{\mu}) ,$$

характеризираща средната неопределеност на управляващите реакции на оператора под въздействието на вътрешни шумове в *v* -тия интервал.

Естествено, че при идеално функциониране на оператора частната и обща условна ентропия от (10) и (11) са равни на 0, така както елементите от всеки ред от матрица $M(\upsilon)$, освен диагоналните, са равни на 0, а диагоналните елементи са равни на 1.

Определянето на информативността на ν -тата ТЕФ, т.е. количеството информация, което операторът фактически преработва през съответния промеждутък от време, може да се извърши на базата на известната в теорията на информацията формула за средната взаимна информация $I_{\nu}(Y, X)$ между елементите на входното и изходното пространство на канала във вида:

(12)
$$H(Y,X) = H_{p}(Y) - H_{p}(Y/X)$$

По определение ентропията $H_{\nu}(Y)$ от формула (12) се формира на основата на съставляващия вектор $P(Y, \nu)$ във вида:

(13)
$$H_{\upsilon}(Y) = -\sum_{i=1}^{N} P_{\upsilon}(y_i; \upsilon) \log_2 P(y_i; \upsilon)$$

На свой ред, вероятността *P*(*y_i*,*v*) се намира от съотношението (8), отразяващо общия случай на функциониране на оператора.

Поставяйки (11) и (13) в (12) се получава израз за количеството информация, преработвана от оператора в течение на *v* -тата ТЕФ:

(14)
$$I_{\nu}(Y,X) = -\sum_{i=1}^{N} P(y_{i}; \upsilon) \log_{2} P(y_{i}; \upsilon) + \sum_{\mu=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} P(x_{\mu}; \upsilon) P_{\nu}(y_{i} / x_{\mu}) \log_{2} P_{\nu}(y_{j} / x_{\mu})$$

От (14) се вижда, че в случай на функциониране без грешки на *v*-тия интервал количеството на обработената от него информация ще е равна на :

(15)
$$I_{\upsilon}(Y,X) = -\sum_{i=1}^{N} P(x_i;\upsilon) \log_2 P(x_i;\upsilon)$$
,

т.е. числено съвпада с ентропията на различимите състояния на информационния панел в промеждутък от време, съответстващ на *v* -тата ТЕФ.

Съотношенията (14) и (15) позволяват непосредствено да се премине към разпространение на системно-информационния модел на дейността на оператора на крайни интервали от време, обхващащи произволна последователност ТЕФ. Очевидно, че за тези цели приведените по-горе съотношения трябва да бъдат допълнени със изрази, характеризиращи последователността на работата на оператора във времето.

При необходимост да се отчита още и преобразованието и изменението на характеристиките за работоспособност на оператора в интервала на функциониране, вследствие обучаемост, умора, под въздействие на стрес и т.н., то параметрите на горните разпределения трябва да бъдат специфични за всеки v отчет. За тази цел необходимата изходната информация за описание на функционирането на оператора във времето е целесъобразно да се представи във вид на матрична функция на разпределение на вероятностите:

(16)
$$F(N;K;\theta) = \begin{vmatrix} F_{11}(\theta) & F_{12}(\theta) \dots F_{1K}(\theta) \\ F_{21}(\theta) & F_{22}(\theta) \dots F_{2K}(\theta) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ F_{N1}\theta & F_{N2}(\theta) \dots F_{NK}(\theta) \end{vmatrix}$$

Матрицата $F(N; K; \theta)$ има размерност $N \times K$ при което номерацията на редовете на матрицата съвпадат с номерацията на елементите на пространството на входните събития L_x , а номерацията на стълбовете съответства на поредния номер на ТЕФ, реализирани от оператора от момента t = 0. Произволният елемент $F_{ij}(\theta)$ на матрицата по физически смисъл представлява интегралния закон за разпределение на времевите загуби δ_{ij} за реализация на

j-тата ТЕФ, съответстваща на елемента *x_i* от пространството на входните събития.

И в този случай, както и преди заради липса на необходимите теоретични данни няма възможността на този етап да се проведат аналитични изчисления на елементите на матрицата (16). Естествено, възможният път за практическото й определяне е в сбора, систематизацията и обобщението на статистическите данни по експерименталното изследване на дейността на операторите с използване на многоелементни информационни панели. Получените съотношения (14) и (15), разглеждани в съвкупност с матрицата (16) представляват необходимите елементи за информационно описание на функционирането на оператора в рамките на разглежданата структура на дейностите и позволяват да се извърши оценка на количеството информация, преработвана от оператора за крайни интервали от време.

4. Изводи

В настоящата статия е предложен подход, на базата на който са получени апостериорните оценки на информационното натоварване на оператора и е анализиран конкретен пример за прогнозиране на натоварването на оператора в системи, работещи по регулярна времева програма. Перспективните възможности за приложение на предложеният подход за оценка на операторската дейност в широк клас задачи за контрол и управление е в две важни направления.

Първото от тях предполага по-нататъшно развитие и приложение на метода за интегрални информационни оценки с последващо усложнение на канала за връзка, включване на паметта и последействието в канала. Този път дава възможност да се построи удовлетворително описание на надеждността и ефективността на работа на оператора в реалните системи за контрол и управление; той позволява да се получат сравними описания на функционирането на "човешката" и "техническата" част на цялата система. При наличие на достатъчно пълен емпирически материал – инженерно-психологически и експерименталнопсихологически данни за работата на оператора при приемане и преработка на сигнална информация, изложения тук метод дава възможност ефективно да се прогнозират реалните информационни натоварвания на оператора в системите.

Вторият път е свързан с теоретико-психологическия анализ, експерименталнопсихологическото обосноваване и използването на предложения тук модел на "идеалния оператор". Структурния анализ на особеностите на сензорно-перцептивните процеси и построяването на формални модели на тези процеси дават възможност да се получат използваните в тази работа матрици, характеризиращи работата на оператора, не само емпирически, но и позволяващи компютърен анализ на възможните варианти за синтез на интегрални информационни оценки на дейността на човека-оператор с оценка на логическите структурни особености на психическите процеси, отговорни за протичане на тази дейност.

Литература:

1. Бодров, В. Анализ психофизиологических характеристик человека-оператора. М, Наука, 1997.

- 2. Душков, Б.А., А.В. Королев, Б.А. Смирнов. Основы инженерной психологии, М, 2002.
- 3. З а в а л о в а, Н.Д. и др. Образ в системе психической регуляции деятельности. М, 2002
- 4. М о р г а н, К., А. Ч а к а н и с и др., Инженерная психология в применении к проектированию оборудования, Москва, Машиностроение, 1971г.
- 5. С т р е л к о в, Ю.К.Инженерная и профессиональная психология, М, Академия, 2001
- 6. L e f e b v e r, V.A. The Formula of Man an outline of Fundamental Psychology, University of California q Irvine,1991
- 7. G a v r i e I S a I v e n d y, Handbook of Human Factors and Ergonomics, Hebouenq New Jersey, 2006,
- 8. Neville Stanton, Paul Salmon, Guy Walker, Chris Baber, Daniel Jenkins, Human Factors Methods: A Practical Guide for Engineering And Design, Podstow, Cornwall, 2005,565 p.

МЕТОД ЗА САМОНАСТРОЙКА НА СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА БОЕН САМОНАСОЧВАЩ СЕ БЕЗПИЛОТЕН ЛЕТАТЕЛЕН АПАРАТ С ИЗМЕРВАНЕ НА ИСТИНСКАТА СТРЪМНОСТ НА ПЕЛЕНГАЦИОННАТА ХАРАКТЕРИСТИКА

Валентина Цекова

Военна академия "Г. С. Раковски" - Институт за перспективни изследвания за отбраната e-mail: valsof20@hotmail.com

A SELF-TUNING METHOD FOR THE CONTROL SYSTEM OF A SELF-AIMING UNMANNED COMBAT AIR VEHICLE WITH MEASUREMENT OF THE REAL STEEP OF THE PELENGATION CHARACTERISTIC

Valentina Tsekova

Rakovski Defence and Staff College - Defence Advanced Research Institute e-mail: valsof20@hotmail.com

Key words: unmanned combat air vehicle (UCAV), self-tunning method, control system

Abstract: A self-tunning method for the control system of a self-aiming unmanned combat air vehicle with fixed coordinator is suggested. With it, its structure and parameters are kept optimal. The real steep of the pelengation characteristic is defined as a derivative of the discriminator initial signal according to the non-coherence signal. It is obtained indirectly where some specially organized oscillation movements of the area transformer are used.

Въведение

През последното десетилетие безпилотната авиационна техника се развива много интензивно, тъй като пред нея се поставят и редица нови функции, в това число:

- поразяване на наземни цели в зони, където загубите на пилотираните самолети могат да бъдат недопустимо големи;

- водене на въздушен бой и поразяване на въздушни цели;

- поразяване на радиолокационни станции на противника и др. [3,4].

Анализирайки мненията на редица специалисти и експерти по въпросите на управление на безпилотни летателни апарати (БЛА), които трябва да изпълняват посочените задачи, може да се достигне до извода, че едни от най-големите трудности възникват при проектирането и разработката на системите им за управление (СУ). Това произтича от факта, че те трябва да работят с минимални грешки в условия на предварително неизвестни или променящи се във времето характеристики и входни сигнали. Изход от тази ситуация е прилагането на принципите на самонастройка (адаптация). Те позволяват работата на проектантите и изследователите да се облегчи, а необходимостта от провеждане на продължителни и скъпи изследвания да отпадне, тъй като обемът от нужната априорна информация за характеристиките на процеса на управление се намалява съществено [5].

В практиката при проектиране на оптимални СУ на бойни самонасочващи се безпилотни летателни апарати обикновено не са известни в достатъчна степен: условията на бойно използване на целите и безпилотния самолет; техните динамични характеристики; както и характеристиките на информационните сигнали и предполагаемите смущения. Като правило се разполага само с техните най-общи статистически характеристики. За това за синтезиране на оптимални СУ на БЛА най-целесъобразно е използването на статистически методи – на максимума на апостериорната вероятност или на максимума на правдоподобието [1]. За поддържане на оптималността на системата за управление на самонасочващ се ударен БЛА при изменение на входните сигнали е необходимо тя да изменя по определен начин своята структура или параметрите си в зависимост от характера на външните въздействия. Поради недостиг от априорна информация за полезния управляващ сигнал, смущенията и целта е невъзможно предварителното им програмиране. Единствен практически изход от това положение е създаване на самонастройваща се система за управление. Такава система самостоятелно добива и обработва информация, чрез която да изменя своята структура или параметрите си, така че да работи с минимални грешки [2, 6].

Същност на метода за самонастройка на системата за управление на ударен самонасочващ се БЛА

В разглеждания случай се приема, че СУ на самонасочващия се БЛА включва в състава си неподвижения координатор, който измерва ъгловото положение на целта спрямо надлъжната ос на БЛА и безпилотния самолет, който отработва (отстранява) този ъгъл, като се стреми да го сведе към нула.

Известно е, че точността на всяка система за управление зависи най-вече от два взаимно свързани параметри - величината на коефициента на предаване К_{СУ} и ширината на лентата на пропускане. В изследваната СУ коефициентът на предаване зависи от стръмността на пеленгационната характеристика, която определя динамичната грешка на системата. Ширината на лентата на пропускане е свързана с времеконстантата на системата Т_{СУ}, която определя флуктуационната грешка.

Ако при проектиране на тази система се вземат мерки посочените по-горе параметри да се изменят по определен начин, то тя може да стане самонастройваща се и при определени условия - оптимална.

За това ще бъде разгледана система за управление на самонасочващ се БЛА с неподвижен координатор [7], която оптимизира своите параметри с помощта на метод за самонастройка на СУ, при който се измерва истинската стръмност на пеленгационната характеристика на дискриминатора.

За да бъде разработен блокът за самонастройка на системата по този метод, трябва да се намери начин за измерване на истинската стръмност на пеленгационната характеристика $A_{\mu}(t)$ и да се определи методиката за самонастройка като цяло. Като начало трябва да бъде определена схемата на устройството, което ще измерва $A_{\mu}(t)$. За тази цел може да бъде използван изразът, описващ сигнала на изхода на дискриминатора Z(t):

(1)
$$Z(t) = \delta(t) + A_{\mu}(t)\varepsilon$$
,

където

(2)
$$\delta(t) = \frac{\partial \ln P(y,\lambda)}{\partial \lambda}$$

Функцията $\delta(t)$ е чисто флуктуационен процес и има нулево математическо очакване. Тя не зависи от оценката на измервания ъгъл $\lambda_{_{H3X}}$ и съществува даже при точно съвпадение на измервания ъгъл λ и $\lambda_{_{H3X}}$.

Поради сравнително тясната лента на пропускане на следящите координатори $\delta(t)$ може да бъде разглеждана като бял шум. Истинската стойност на стръмността на пеленгационната характеристика на дискриминатора е случайна времева функция, която зависи слабо от стойността на измервания ъгъл λ и има положително математическо очакване.

Ако изразът (1) се диференцира по разсъгласуването ε , то ще се получи:

(3)
$$\frac{\mathrm{dZ}}{\mathrm{d\varepsilon}} = \mathrm{A}_{\mu}(t)$$
.

Полученият израз (3) показва, че истинската стръмност на пеленгационната характеристика може да бъде определена чрез диференциране на напрежението на изхода на дискриминатора Z(t) по разсъгласуването ε . Както е известно съвременната изчислителна техника разполага с много методи за диференциране по време, но не съществува пряк метод

за диференциране по параметър. Поради това трябва да се търси косвен път за определяне на производната по параметър.

Един възможен начин за нейното намиране е като се извърши диференциране по време на изходния сигнал на дискриминатора и на разсъгласуването с последващото им деление, т.с.

(4)
$$\frac{\mathrm{dZ}}{\mathrm{d\varepsilon}} = \frac{\frac{\mathrm{dZ}}{\mathrm{dt}}}{\frac{\mathrm{d\varepsilon}}{\mathrm{dt}}}.$$

Диференцирането на изходното напрежение на дискриминатора по времето Z(t)/dt може да бъде извършено с прости технически средства. По-трудно обаче е намирането на производната от сигнала на разсъгласуване $d\epsilon/dt$ и извършването на операцията деление на двете производни.

Техническата реализация на операцията деление може да бъде осъществена чрез следната схема на деление, показана на фиг. 1.



Фиг. 1 Схема на деление

От нея се вижда, че сигналът на изхода на системата х, е равен на:

(5)
$$x = \Phi(p) \frac{dZ(t)}{dt}$$
,

където Ф(р) е предавателната функция на затворената система.

Ако предавателната функция на веригата за обратна връзка е пропорционална на производната от разсъгласуването, т.е.

(6)
$$W_2(p) = K_2 \frac{d\varepsilon}{dt}$$
,

то след заместване на (6) в (5) може да се запише, че сигналът на изхода на системата е равен на:

(7)
$$x = \frac{1}{K_2} \frac{dZ}{d\varepsilon}$$

при условие, че е изпълнено условието:

(8)
$$W_1(p)K_2\frac{d\varepsilon}{dt}\rangle\rangle 1.$$

Съвременните технически средства позволяват просто осигуряване на неравенството (8). За да се получи сигнал, който да е равен на производната, е необходимо сигналът х да бъде пропуснат през усилвател с коефициент на усилване К₂. За да се облекчи практическото

изпълнение на схемата, веригата за обратна връзка може да бъде представена от последователно свързани звена за усилване и за умножение, както е показано на фиг. 2.



Предавателните функции $W_1(p) \bowtie W_2(p)$ могат да бъдат реализирани като усилватели на съвременна интегрална база.

За определяне на производната от сигнала на грешката може да се използва изразът за разсъгласуването [7]:

(9)
$$\varepsilon(t) = \lambda(t) - \lambda_{\mu_{3x}}(t)$$
.

След неговото диференциране се получава:

(10)
$$\frac{d\varepsilon(t)}{dt} = \frac{d\lambda(t)}{dt} - \frac{d\lambda_{\text{M3X}}(t)}{dt}.$$

Изразът за търсената производна от сигнала на грешката показва, че тя представлява разлика от две други производни. Първата от тях е производна от измервания ъгъл. Втората е производна от измерената стойност на ъгъла (оценката на измервания ъгъл) и тя може да бъде получена лесно. Прякото измерване на производната от измервания ъгъл, обаче, е технически нереализуемо, защото целта и измервателят са разнесени в пространството, което за разглежданите СУ на ударни БЛА е естествено. За това се налага търсене на косвен метод за определяне на истинската стръмност на пеленгационната характеристика на дискриминатора.

Един от възможните косвени методи за определяне на истинската стръмност на пеленгационната характеристика е чрез експериментално изследване на зависимостта на стръмността на пеленгационната характеристика на дискриминатора от смущенията в системата, т.е. $A_{\mu}(t) = f(c_{M}y = h_{M})$. Тя се залага в паметта на бордния компютър (изчислител) на БЛА. Истинската стръмност на пеленгационната характеристика може да бъде намерена, ако по време на полета бъдат определени входните смущения. Параметрите на смущенията могат да бъдат измервани достоверно с необходимата точност при използване на импулсно модулиран сондиращ сигнал, тъй като в този случай може да бъде точно известно, че на входа на дискриминатора постъпват само смущения. Този метод е технически реализуем, но изисква голямо количество априорна информация и има сравнително ниска шумоустойчивост. За това е приложим само в импулсните системи.

Истинската стръмност на пеленгационната характеристика може да бъде определена по следния начин.





Това се постига с помощта на организиране на специално колебателно движение на преобразувателя на полето (лазерния лъч) около направлението към обекта. Траекторията на това движение може да има вида, показан на фиг. 3.а.

Разсъгласуването є ще се изменя по същия закон, а неговата производна по времето dɛ/dt ще бъде знакопроменлива и ще има постоянна стойност, както е показано на фиг. 3.б.

Скоростта, с която се извършва това колебание, може да бъде подбрана така, че dɛ/dt=1. Тогава равенство (4) ще придобие следния вид:

(11)
$$\frac{dZ}{d\varepsilon} = \frac{dZ}{dt} : [\pm 1]$$

или

(12)
$$\frac{\mathrm{d}Z}{\mathrm{d}\varepsilon} = \left|\frac{\mathrm{d}Z}{\mathrm{d}t}\right|.$$

От (11) се вижда, че при приетата организация на движение на преобразувателя на полето производната по време на изходния сигнал на дискриминатора е равна на неговата производна по параметъра на разсъгласуването (с отчитане на знака).

В ъгломерните координатори стръмността на пеленгационната характеристика при малки разсъгласувания е постоянна по знак, като за всеки вид координатор този знак е известен. За това при определяне на $A_{\mu}(t)$ е достатъчно да се измерва само модулът на производната, показана с израза (12), или нейната половина, която има еднакъв знак с този на $A_{\mu}(t)$.

При техническата реализация на измерването на истинската стръмност на пеленгационната характеристика трябва да се отчитат и следните съотношения. Периодът на специално организираното колебание Т трябва да бъде много по-малък от времеконстантата на системата за управление (поне на порядък). В противен случай системата за управление ще възприема този спомагателен сигнал като управляващ и ще го отработва. Амплитудата на специално организираното колебание трябва да бъде такава, че при приетия период на колебанието T и мащаб за измерване на $A_{\mu}(t)$, модулът на производната да бъде равен на единица. В същото време тя трябва да превишава значително средните амплитуди на шумовите флуктуации ϵ_n , т.е. трябва да се изпълнят следните условия:

(13)
$$T \langle \langle T_{cy}, \frac{d\varepsilon}{dt} = 1, \varepsilon \rangle \rangle \varepsilon_n$$
.

При невъзможност да се съгласуват посочените три условия се допуска нарушаване на средното условие т. е. $|d\epsilon/dt| = k$, където коефициентът k може да бъде по-малък, равен или по-голям от 1. За това трябва да се отчита неговата стойност.

При използване на механично сканиране и следене от система, преобразуваща полето, първото условие $T\langle\langle T_{Cy} e$ трудно за изпълнение. При електронно сканиране и следене доминиращо е третото условие от (13).

Функционалната схема на самонастройваща се система по изложения метод с организиране на специално колебателно движение на преобразувателя на полето (лазерния лъч) около направлението към обекта е показана на фиг. 4.



Фиг. 4 Функционална схема на оптимална самонастройваща се СУ на ударен БЛА

При тази схема сигналът от изхода на дискриминатора постъпва както на изпълнителните органи, така и на диференциатор, от чийто изход се снема производната dZ/dt. След това тя се умножава по коефициента 1/k (усилва се с 1/k пъти). Полученото напрежение е пропорционално в определен мащаб на истинската стръмност на пеленгационната характеристика $A_{\mu}(t)$. То се подава на суматор, в който от напрежението, пропорционално на $A_{\mu}(t)$, се изважда напрежение, което е пропорционално в същия мащаб на оптималната стръмност A(t).

Амплитудата на полученото напрежение $\Delta A(t)$ характеризира отклонението на истинската стръмност на пеленгационната характеристика от оптималната, а неговият знак –

положението на това отклонение. Това напрежение се подава на коригиращо устройство, чрез което се изменя коефициентът на предаване на дискриминатора, така че $\Delta A(t) \rightarrow 0$.

От функционалната схема на оптималната самонастройваща се система за управление на боен самонасочващ се БЛА може да бъде синтезирана структурната й схема. Двете схеми могат да се използват за извършване на инженерен анализ и на други системи за управление, които използват принципите на адаптацията.

Заключение

Бурното развитие на технологиите в съвременния свят предизвиква преосмисляне на концепцията за ролята, мястото и използването на БЛА в съвременната война. Това става възможно благодарение на научно-техническото развитие в областта на безпилотните авиационни комплекси. Важна роля в този процес заема усъвършенстване на системите им за управление, от които съществено зависи успешното изпълнение на задачите, поставяни пред тях.

Стъпка в тази насока е и проектирането на оптимални самонастройващи се СУ на бойни самонасочващи се БЛА. Самото прилагане на самонастройката е сложен процес. Предложеният метод за самонастройка на СУ позволява точното определяне на истинската стръмност на пеленгационната характеристика и поддържане на оптималността на СУ, при което тя работи с минимални грешки. Използването на специално организираните колебателни движения на преобразувателя на полето (лазерния лъч) около направлението към целта от техническа гледна точка е оправдано при работа на системата за управление на боен самонасочващ се БЛА при извършване на полети на пределни дистанции и при наличие на интензивни смущения на противника.

Литература

- 1. Бакут, П.А. и др. Вопросы статистической теории радиолокации, т.1 и т.2, М.: Соврадио, 1964.
- 2. К о с т ю к, В. И. Самонастраивающиеся следящие системы, Киев: Техника, 1966.
- 3. К р а с н о в, А. А., А. А. Путилин. БЛА, От разведки к боевым действиям // Зарубежное военное обозрение. 2004. №4. С.41 47.
- 4. К у л и к, А. С и др., Проблематика разработки перспективных малогабаритных летающих роботов, htt://www.uav.ru/articles/mav_development_problems.pdf, 04.08.2010.
- 5. Л у н е в а, О. А. Динамический синтез адаптивной системы на основе градиентных методов оптимизации, дисертация, htt://masters.donntu.edu.ua/2003/kita/luneva/diss/index.htm, 20.10.2009.
- 6. С о л о д о в н и к о в, В. В., Л. С. Ш р а м к о. Расчет и проектирование аналитических самонастраивающихся систем с эталонными моделями. М.: Машиностроение, 1972.
- 7. Ц е к о в а, В. Т. Оптимален измервател на координати за система за управление на безпилотен летателен апарат от ударен тип, Book of papers of IV Scientific Conference with International Participation "Space, Ecology, Nanotechnology, Safety", SENS 2008, Space Research Institute – BAS, p.p. 201 – 205, 2008.

STARK EFFECT IN SOME NANOSTRUCTURES

Adelina Miteva

Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: admiteva@phys.bas.bg

Key words: square-shaped (rectangular) semiconductor quantum wells, electric field effect, tightbinding method, AlGaAs, quantum confined Stark effect, nanostructures

Abstract: The motivation of this research is the tremendous interest in semiconductor nanostructures. The aim of this paper is to conduct realistic numerical tight-binding calculations for the electron states of some semiconductor nanostructures, namely in square-shaped AlGaAs quantum wells with different depths and in the presence of a constant electric field. The paper shows some of these results.

ЩАРК ЕФЕКТ В НЯКОИ НАНОСТРУКТУРИ

Аделина Митева

Институт за космически и слънчево-земни изследвания – Българска академия на науките e-mail: admiteva @phys.bas.bg

Резюме: Работата е мотивирана от небивалия в наши дни интерес към нанотехнологиите и полупроводниковите наноструктури Целта на това изследване е провеждането на реалистични числени пресмятания по метода на силната връзка на електронните състояния в някои наноструктури. Тук са пресметнати правоъгълни квантови ями от AIGaAs с различни дълбочини и в присъствието на постоянсно електрично поле. Представени са някои от получените резултати.

1. Introduction

Nowadays, semiconductor nanostructures find practical applications in all important fields of industry and in our daily life. A very important area for such applications is their actual and potential applications in various electro-optical devices. Modern electronic and optoelectronic devices are approaching nanometric dimensions and employ semiconductor nanostructures. Many semiconductor devices with built-in quantum wells work under application of an electric field. Investigation of the electric-field dependence of electronic and optical properties in semiconductor nanostructures (quantum wells) is of great interest, due to the possibility of making various optoelectronic devices, and thus optimize nanostructure-based devices. Atomistic approaches become necessary for modeling structural, electronic and optical properties of such nanostructures and nanostructured devices [1-3].

The aim of the present work is to conduct realistic numerical calculations with one of the methods, which is widely used for atomistic investigation of semiconductor nanostructures – the semiempirical tight binding (TB) method. Numerical calculations within the framework of a realistic tight-binding model for the electron bound states of some semiconductor nanostructures, namely of square-shaped (rectangular) quantum wells (SQWs) with different depths, in the presence of a constant electric field have been made.

We study SQWs with thickness of 44 MLs. One ML (monolayer) equals two atomic layers and 1ML equals 2.825×10^{-10} m. The SQWs are formed in the system of Al_xGa_{1-x}As / Al _xGa _{1-x}As / Al_xGa_{1-x}As / Al _xGa _{1-x}As / Al _xGa_{1-x}As. The Al concentration *x* in the barriers Al_xGa_{1-x}As is *x* = 0.36 for all SQWs under study. The Al concentration *x* in the well regions Al_xGa_{1-x}As is different and takes four values: *x* = 0, *x* = 0.03; *x* = 0.06; *x* = 0.12, respectively for the four SQWs under study (**see Fig. 1**). We can see in Fig. 1 that the concentration profile of Al in SQWs makes one SQW deeper than the other. The deepest SQW has a concentration of Al in the quantum well (QW) region *x* = 0. And the most shallow SQW has a concentration of Al in the quantum well (QW) region *x* = 0.12.

We calculate the electron bound states, the hole bound states and their spatial distributions without and with applying a various values of the constant longitudinal electric field *F*. The electric field is applied parallel to the growth axis [001]. We calculate also the energies of the optical transitions E(C1-HH1), E(C1-LH1), E(C2-HH2) and their Stark shifts. The Stark shift is a reduction of the optical transition energy in a QW under application of an electric field.

Similar results concerning the calculation of the ground state energies of the conduction E(C1), E(C2) and valence E(HH1), E(LH1), E(HH2) bound states in three QWs in dependance of applied constant electric field *F* were already published and discussed in [4].

2. Model and method

We study $AI_xGa_{1-x}As / AI_xGa_{1-x}As / AI_xGa_{1-x}As SQWs$ (001) with the square-shaped (or rectangular) well structures (Fig. 1). The electric field is applied parallel to the growth axis [001]. Similar structures are partially investigated theoretically in [4,5]. We use the sp^3s^* spin-dependent semi-empirical tight-binding model as it is described in [6]. The virtual crystal approximation is used for the description of the TB parameters TB(*x*) of the alloy $AI_xGa_{1-x}As$:

TB(x)=x.TB(AIAs) + (1-x).TB(GaAs).

We use surface Green function matching technique, developed and applied in [7] in order to calculate the Green function of the infinite system containing the finite inhomogenious slab. We define the presence of an external static electric field (see [8,9]) by adding an linearly varying with the distance term Δ_n to the diagonal elements of the TB Hamiltonian matrix:

(1)
$$TB(n,x) = TB(x) + \Delta_n$$
, and

(2) $\Delta_n = (n-1).F.(a/4)$,

where *a* is the lattice constant, *F* is the intensity of the longitudinal constant electric field, TB(*x*) are the diagonal TB parameters without an electric field for the bulk material with Al concentration *x*, and *n* is the number of the layer (i.e. layer index) in QW. The electric field is applied to the structure under study at two points in the well regions (Al_xGa_{1-x}As) at the two edges of the SQWs. The width of the four SQWs is 44 MLs (which is approximately 125 Å; or 12.43 nm). The zero value of the intensity of applied electric field *F* is defined at the point which corresponds to the first ML from the left edge of the QWs. In our numerical calculations we use a range of electric fields, from –212.4 to +212.4 kV/cm with 70.8 kV/cm step. We also made calculations for the conventional square-shaped QW (SQW) (with Al composition *x* equals 0) in order to compare it with our results. The SQWs have a 44 MLs (125 Å) Al_xGa_{1-x}As wells and Al_{0.36}Ga_{1-0.36}As barriers. All calculations are made at the center of the two-dimensional Brillouin zone.



Fig. 1. Schematic band diagram of four SQWs without application of a constant electric field. SQW number 1 (indicated as QW1 on the figure) consists of pure GaAs. SQW2 has Al concentration x = 0.03. SQW3 has Al concentration x = 0.06. SQW4 has Al concentration x = 0.12. In four cases we have at the barriers the Al concentration of the alloy composition x = 0.36.

3. Results and discussion

The influence of the applied electric field F on the concentration profile of the SQW follows: the electric field makes the concentration profile inclined. The direction of the slope of this profile depends on the sign and the value of the applied electric field F. Calculated main bound electron and hole

energies of the four SQWs under study without and in the presence of a constant electric field were already discussed in [4]. EC1 and EC2 are the conduction band bound states, and EHH1, ELH1 and EHH2 are the valence band bound states. For all four SQWs the behavior of these energies is similar: they decrease or increase with increasing or decreasing the applied electric field.

And for all RQWs the transition energies decrease with increasing applied electric field [4]. Consequently we can say that the increasing the concentration of AI in RQWs gives larger and better Stark shifts of the transition energies.

We see in Fig. 2 the RQW of type $AI_{0.36}Ga_{1-0.36}As / AI_{0.06}Ga_{1-0.06}As / AI_{0.36}Ga_{1-0.36}As$ which corresponds to RQW 3 from Fig. 1. Here, in Fig. 2, we see the influence of the electric field on the concentration profile of the RQW. The electric field makes the concentration profile inclined. The direction of the slope of this profile depends on the sign and the value of the applied electric field *F*.



Fig. 2. Schematic band diagram of the concentration profile of RQW3 (see Fig. 1) without and with the application of a constant electric field F of the value 212.4 kV/cm. RQW number 3 (RQW 3) has AI concentration x = 0.06. The AI concentration of the alloy composition is y = 0.36 at the barriers.



Fig. 3. Main calculated bound electron and hole energies of the four RQWs without and with the application of a constant electric field F. Al concentration x for each RQW is indicated on the figure.

Fig. 3 shows the calculated main bound electron and hole energies of the four RQWs under study without and in the presence of a constant electric field. EC1 and EC2 are the conduction band bound states, and EHH1, ELH1 and EHH2 are the valence band bound states. They are indicated on the Fig. 3. And also as it is indicated on the figure: Fig. 3 (a) – RQW with Al contents x = 0.03; Fig. 3 (a) – RQW with Al contents x = 0.03; Fig. 3 (a) – RQW with Al contents x = 0.03; Fig. 3 (a) – RQW with Al contents x = 0.03; Fig. 3 (a) – RQW with Al contents x = 0.12. For all four RQWs the behavior of the energies is similar: they decrease or increase with increasing or decreasing the applied electric field.



Fig. 4. Transition energies E(C1-C2) as a function of applied electric field for the RQWs under study. RQWs are indicated on the figure with the contents of Al.



Fig. 5. Transition energies E(C2-HH1) as a function of applied electric field for the RQWs under study. RQWs are indicated on the figure with the contents of Al.

Fig. 4 shows the transition energies E(C1-C2). As we can see they are larger for RQW with the largest contents of AI. With increasing the concentration of AI in RQWs the transition energy E(C1-C2) increases. And for all RQWs the transition energies decrease with increasing applied electric field. Consequently we can say that the increasing the concentration of AI in RQWs gives larger and better Stark shifts.

Fig. 5 shows the transition energies E(C2-HH1). As we can see they are larger for RQW with the largest contents of AI. With increasing the concentration of AI in RQWs the transition energy E(C2-HH1) increases. And for all RQWs the transition energies decrease with increasing applied electric field. Consequently we can say the same as for the transition energies E(C1-C2) (see Fig. 4), namely that the increasing the concentration of AI in RQWs gives larger and better Stark shifts under application of the same values of electric field.



Fig. 6. Transition energies E(C2-LH1) as a function of applied electric field for the RQWs under study. RQWs are indicated on the figure with the contents of AI.



Fig. 7. Stark shifts of the main transition energies E(C1-HH1) as a function of applied electric field for all of the SQWs under study. SQWs are indicated on the figure with the contents of Al.

Fig. 6 shows the transition energies E(C2-LH1). As we can see they are larger for RQW with the largest contents of AI. With increasing the concentration of AI in RQWs the transition energy E(C2-LH1) increases. And for all RQWs the transition energies decrease with increasing applied electric

field. Consequently we can say the same as for the transition energies E(C1-C2) and for E(C2-HH1) (see Fig. 4 and see Fig. 5), namely that the increasing the concentration of AI in RQWs gives larger and better Stark shifts under application of the same values of electric field.

Fig. 7. shows the Stark shifts of the main transition energies E(C1-HH1). As we can see they are larger for SQW with the largest contents of Al. With increasing the concentration of Al in SQWs the Stark shifts of the transition energy E(C1-HH1) increases. And for all SQWs the transition energy Stark shifts decrease with decreasing applied electric field. Consequently we can say the same as for the transition energies E(C1-C2) (see Fig. 4 in [4]), namely that the increasing the concentration of Al in RQWs gives larger and better Stark shifts under application of the same values of electric field.

4. Conclusion and future work

We conduct realistic numerical TB calculations of the electron bound states, the hole bound states and their spatial distributions without and with applying a various values of the constant longitudinal electric field F for four types of SQWs with different depth. We can say that the results from the TB calculations, such in this work, help to study the physics of the nanostructures in the presence of applied electric field intensities. Such investigations that make possible to study in details the Stark shifts of the electronic and hole states and their spatial distributions, the subband spectra and intersubband transitions of electrons, are very promising in looking for quantum well structures that provides good Stark effect characteristics for potential device applications. Such investigation will help us to find a QW potential profile with better Stark effect characteristics. The investigation of the electric field effects on the optical properties of the QW structures with graded gap potential profiles (not conventional SQWs) is essential for the optimization of QW-based devices. The work is in progress in this direction.

References:

- 1. A I f e r o v, Z. I., Rev. Mod. Phys., vol. 73, 2001, pp. 769-782.
- 2. B a s t a r d, G., Wave mechanics applied to semiconductor heterostructures, 1988, (Les Ulis Cedex: Les Edition de Physique)
- 3. Di Carlo, A., Semicond. Sci. Technol. vol. 18, 2003, pp. R1-R31.
- 4. М і t е v а, А., http://mtf65.tu-sofia.bg, 26-та МЕЖДУНАРОДНА НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ 65 ГОДИНИ МАШИННО-ТЕХНОЛОГИЧЕН ФАКУЛТЕТ, 13 – 16.СЕПТЕМВРИ, 2010, Созопол, БЪЛГАРИЯ, Технически университет, гр.София, ISBN: 978-954-438-854-6, pp. 283-288.
- 5. Vlaev, S J., A. M. Miteva, D. A. Contreras-Solorlo and V. R. Velasco, Surf. Sci., vol. 424, 1999, pp. 331-339.
- 6. Vlaev, S. J., V. R. Velasco and F. Garcla-Mollner, Phys. Rev. B, vol. 49, 1994, pp. 11222-1229.
- 7. G a r c I a-M o I I n e r, F. and V. R. V e I a s c o, Theory of Single and Multiple Interfaces. The Method of Surface Green Function Matching (World Scientific, Singapore, 1993).
- 8. Vlaev, SJ., A. M. Miteva, D. A. Contreras-Solorlo and V. R. Velasco, Superlattces Microstruct., vol. 26, 1999, pp. 325-332.
- 9. Miteva, A. M., S. J. Vlaev, V. T. Donchev and L. M. Gaggero-Sager, Rev. Mex. Fis. S, vol. 53, 2007, pp. 74-77.

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ХАРАКТЕРИСТИКИТЕ ПРИ РАЗРУШАВАНЕТО ПРИ ДИНАМИЧНО НАТОВАРВАНЕ

Георги Генов

Шуменски университет "Еп. К. Преславски"

Ключови думи: механика на разрушаване, динамично натоварване

Резюме: Определянето на характеристиките на разрушаването е достатъчно сложен процес. Затрудненията са вследствие на трудното определяне на величините при експерименталните тестове, както и фиксирането на стойностите. Настоящето изследване представлява опит да се даде отговор на различните проблемни въпроси, свързани с механиката на разрушаване при динамично натоварване.

DETERMINATION OF FRACTURE CHARACTERISTICS UNDER DYNAMIC LOADING

Georgi Genov

Bishop. K. Preslavski University of Shoumen

Keywords: fracture mechanics, dynamic load

Abstract: The determination of the destruction process characteristics is complicated enough. The difficulties are due to the difficulty of determining the values under experimental tests, as well as the values' fixing. This study is an attempt to provide an answer to the various issues related to fracture mechanics under dynamic loading.

1. Въведение

Определянето на характеристиките на механиката на разрушаване при статично натоварване е една относително сложна процедура. За съжаление, тя става още позатруднителна при динамични натоварвания. Това се дължи, от една страна, на експерименталните трудности при регистриране на параметрите, характеризиращи в този случай процеса на разрушаване - сила (P), деформация (f), разтваряне на пукнатината (υ) и време (τ), а от друга от трудното фиксиране на стойностите на величините, необходими за провеждане на съответните изчислявания.

Усъвършенстването на тестовото оборудване донякъде компенсират трудностите.

Безспорно, най-много експерименти в ударната динамика (без балистичните тестове) са реализирани при провеждане на изпитвания на триточково огъване по метода на Шарпи.

Динамичните характеристики, получени при разрушаването се използват в следните случаи:

1. За контрол на качествата на материалите.

2. За сравнителен анализ на различни материали при при разчетите на различни конструкции и съоръжения.

3. Оценяване на моментното състояние на материалите на различни конструкции и съоръжения.

4. При анализ на причините за разрушаване на конструкциите и съоръженията.

При провеждане на динамични изпитвания се регламентира скоростта, с която се увеличава коефициентът на интензивност на напреженията R^{k} , на линейния участък на

деформиране: от 1,5.10 до 5.10⁶ $\frac{MPa\sqrt{m}}{s}$

2. Образци и изпитателно оборудване

За определянето на характеристиките на пукнатиноустойчивостта при динамично натоварване (фиг. 1) се препоръчват цилиндрични образци с кръгообразна пукнатина за изпитване на централен опън (фиг. 1а); правоъгълни образци за изпитване на ексцентричен опън (фиг. 1б); плоски правоъгълни образци с едностранна пукнатина за изпитване на триточково огъване (фиг. 1в), а така също и образци в съответствие с различни стандарти.

Обикновено изискванията към изготвянето на образците и нанасянето на уморна пукнатина са: за образци на ексцентричен опън (фиг. 1б) - $0.3 < \frac{l}{h} < 0.7$; за образци на триточково

огъване (фиг. 1в) $0.2 < \frac{l}{b} < 0.6$ И $4 < \frac{L}{b} < 8$.



 $b = 2t; \ \ell_0 = (0,45 - 0,55)b; \ e \le 0,06b; \ L = 4b; \ L_1 = 4b + 0,5b; \ h \approx (0,35 \div 0,50)b$

Фиг. 1. Образци за определяне на параметрите на механиката на разрушаване при динамично натоварване: а) цилиндричен образец с кръгообразна пукнатина; б) правоъгълен образец за ексцентричен опън; в) образец за изпитване на триточково огъване

Изпитателните машини трябва да са снабдени със специална апаратура за записване на диаграмите, с помощта на които се определят параметрите, необходими за провеждане на изчисленията. Такива диаграми могат да бъдат: сила (P) - време (т), сила (P) - деформация (f), сила (P) - разтваряне на пукнатината (υ), деформация (f) - време (τ), разтваряне на пукнатината

(υ) - време (τ). При едновременната регистрация на две или повече диаграми е необходимо да се обезпечи възможността за взаимното им съпоставяне във времето. Ако непосредствено записване на диаграмите P-υ или P-f е затруднено, то при синхронното записване на диаграмите P-τ и υ-τ или f-υ се построяват диаграмите P-υ или P-f.

3. Обработка на резултатите

При ударно натоварване, принципна особеност се явява възникването на инерционни сили, предизвикани от масата на образеца като реакция на динамичното въздействие. При изпитването по метода на Шарпи, например, тази инерционна сила предизвиква превишаване на сигнала, регистриращ силата P, в сравнение с нейната реална стойност. За да се избегне това влияние, обикновено образецът се изпитва двукратно. Първият път образецът се изпитва до разрушаване, като се записва диаграмата P-т. След това счупените половинки се фиксират една към друга с лепкава лента и така образецът се изпитва повторно, като се записва диаграмата P-т. След това счупените половинки се фиксират една към друга с лепкава лента и така образецът се изпитва повторно, като се записва диаграмата P_и-т, която в случая е резултат само от въздействието на инерционните сили, тъй като усилието за разрушаване го няма. Изваждайки от диаграмата P-т стойностите на диаграмата P_и-т, ще получим истинската диаграма $\tilde{P} - \tau$, в която е изключено влиянието на въпросните инерционни сили. На фиг. 2 са дадени три различни по характер случаи. На графиките с τ_{n} е обозначено времето, което съответства на началния линеен участък на диаграмата, а с τ_{0} периода на собствени колебания на образеца. Трите диаграми на фигурата

разглеждат различи ситуации в зависимост от съотношението $\frac{\tau_{\pi}}{\tau_0}$.

Фиг. 2а се отнася за значения на $\frac{ au_{\pi}}{ au_0} \leq 0,5$. В този случай разрушаването се фиксира в

района на първата полувълна от колебанията на осцилограмата. Краят на началния линеен участък на диаграмата $\tilde{P} - \tau$, който се реализира за време т, определя значението $P_Q^{\mathcal{A}}$, което се използва в последващите изчислявания на $K_{IC}^{\mathcal{A}}$.

Фиг. 2б разглежда случая, при който $0.5 < \frac{\tau_{\pi}}{\tau_0} < 0.75$, т.е. когато разрушаването се реализира непосредствено след първата полувълна на колебанията. Краят на линейния участък определя стойността на $P_O^{\mathcal{A}}$ и времето т_л.

На фиг. 2в е показана ситуацията, когато $\frac{\tau_{\pi}}{\tau_0} \ge 0.75$. Тогава диаграмата Р-т се изглажда в своя начален участък чрез осредняване на колебанията. По този начин получаваме реалната диаграма $\tilde{P} - \tau$, краят на началния линеен участък, на която определя времето τ_{π} и търсената сила $P_Q^{\mathcal{A}}$.

На фиг. 3 е представен пример на най-често срещаните диаграми, записвани при изпитването на триточково огъване по метода на Шарпи, при който $\frac{\tau_a}{\tau_0} \ge 0.75$. В края на началния линеен участък на диаграмата, получен чрез усредняване на записаните осцилации, се определят параметрите τ_n и $P_Q^{\mathcal{A}}$. На същата диаграма се фиксира и максималното усилие $P_Q^{\mathcal{A}} \equiv P_{\text{max}}^{\mathcal{A}}$ и съответното време τ_c .

Определянето на характеристиките на механиката на разрушаването при динамично натоварване, такива като критичната стойност на коефициента на интензивност на напрежението при плоскодеформирано състояние $K_{IC}^{\mathcal{A}}$, разтварянето във върха на пукнатината $\delta_{C}^{\mathcal{A}}$ при максимално натоварване, критичната стойност на Ј-интеграла $J_{IC}^{\mathcal{A}}$ и предела на пукнатиноустойчивост $I_{C}^{\mathcal{A}}$, се извършва по същите методики за изчисляване като при статичното натоварване. Да разгледаме накратко намирането на две от посочените характеристики - $K_{IC}^{\mathcal{A}}$ и $I_{C}^{\mathcal{A}}$.



Фиг. 2. Схема, поясняваща обработката на осцилограмите "сила (Р) - време (т)



Фиг. 3. Схема на осцилограмата "сила (Р) - време (т)", получена при изпитване по метода на Шарпи

При изчисляване на $K^{\mathcal{A}}_{IC}$, е необходимо от начало да се определи условната характеристика $K^{\mathcal{A}}_{Q}$, след което да се провери, дали се изпълнява условието:

(1)
$$K_Q^{\mathcal{A}} \equiv K_{IC}^{\mathcal{A}}$$

За образеца на фиг. 1 в величината $K_{\mathcal{Q}}^{\mathcal{A}}$ се определя по формулата:

(2)
$$K_Q^{\mathcal{A}} = \frac{P_Q^{\mathcal{A}}L}{t\sqrt{b^3}}Y_4$$

За съотношението $\frac{L}{b} = 4$ тарировочната функция Y4 се изчислява в съответствие със следната формула:

(3)
$$Y_4 = 1,93 - 3,07 \left(\frac{l}{b}\right) + 14,53 \left(\frac{l}{b}\right)^2 - 25,11 \left(\frac{l}{b}\right)^3 + 25,8 \left(\frac{l}{b}\right)^4$$

Значенията на Y4 са дадени в таблица.

Таблица

l/b	0,000	0,005	0,010	0,015	0,020	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045
0,20	1,737	1,740	1,744	1,747	1,751	1,755	1,759	1,764	1,769	1,774
0,25	1,780	1,785	1,791	1,797	1,803	1,810	1,817	1,824	1,832	1,839
0,30	1,848	1,856	1,865	1,874	1,883	1,893	1,903	1,913	1,924	1,939
0,35	1,946	1,958	1,969	1,982	1,995	2,008	2,022	2,036	2,050	2,065
0,40	2,080	2,096	2,112	2,129	2,146	2,164	2,182	2,201	2,220	2,240
0,45	2,600	2,282	2,303	2,326	2,349	2,372	2,397	2,422	2,448	2,474
0,50	2,501	2,529	2,558	2,588	2,618	2,649	2,682	2,715	2,749	2,784
0,55	2,820	2,857	2,895	2,934	2,974	3,015	3,058	3,101	3,146	3,192
0,60	3,239									

За проверката на условието [1] е необходимо да се пресметне критичната дебелина $t_{\mbox{\tiny KP}}$ на образеца по формулата:

$$t_{\kappa p} = \beta_{\kappa} \left(\frac{K_Q^{\mathcal{A}}}{\sigma_{0,2}^{\mathcal{A}}} \right)$$

където β_{κ} = 2,5 за стомана, алуминиеви и титанови сплави. За чугуни β_{κ} = 0,6. Границата на провлачане $\sigma_{0,2}^{\mathcal{A}}$ се определя експериментално. За нисковъглеродни стомани $\sigma_{0,2} \leq 700 MPa$, приблизително може да се приеме $\sigma_{0,2}^{\mathcal{A}} = 2\sigma_{0,2}$. Смята се, че [1] се реализира, ако се изпълняват условията:

(5)
$$\begin{aligned} \frac{t_{\kappa p}}{t} \leq 1\\ \varphi_C &= \frac{t - t_C}{t}.100 \leq 1.5\\ P_C^{\mathcal{A}} \leq 1.1 P_Q^{\mathcal{A}} \end{aligned}$$

÷

където t е номиналната, а $t_{\rm C}$ е минималната дебелина в сечението на лома на разрушеният образец.

Ако условието (4.1) не се изпълнява, то е необходимо при изпитване да се използват образци с по-голяма дебелина I.

Пределът на пукнатиноустойчивост I_C по дефиниция се определя по формулите за К, като в тях силата $P_Q^{\mathcal{A}}$ се замества със значението $P_C^{\mathcal{A}} = P_{\max}^{\mathcal{A}}$.

Това е величина, която при наличието на значителни пластични деформации характеризира за дадения образец и дебелина на сечението, пределната пукнатиноустойчивост на материала в дименсиите на механиката на разрушаването. При това с настъпването на крехко състояние $I_{\rm C}$ преминава в $K_{\rm IC}$.

В такъв случай, понеже $P_C^{\mathcal{A}}=P_Q^{\mathcal{A}}$, можем да запишем:

 $(6) I_C^{\mathcal{A}} \geq K_{IC}^{\mathcal{A}}$

Очевидно, определянето на характеристиките на механиката на разрушаване при динамично натоварване е една от най-сложните проблеми в областта на изпитването на материалите и за да се получат сравними резултати е необходимо много точно съблюдаване на стандарта. В това отношение пределът на пукнатиноустойчивост $I_C^{\mathcal{A}}$, който се получава експериментално най-леко и достоверно, се явява, според нас, една твърде перспективна характеристика, която може да бъде използвана успешно при сравнителна оценка на динамичната пукнатиноустойчивост на материалите.

4. Литература:

- 1. ASTM E 339-83 Plane strain Fracture Toughness of Metallic Materials, 1985.
- 2. F r a n c o a s, D. and P i n e a u A., From Charpy to Present Impact Testing, ESIS 2002, 2002.
- Методические указания. Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Определение характеристик вязкости разрушения (трещиностойкости) при динамическом нагружении, Москва, 1983.
- 4. Ударные испытания металлов, Москва, Мир, 1973.

Session 3

Remote Sensing and Geoinformation Systems

Chairman: Sen. Res. Eugenia Roumenina, Sen. Res. Rumiana Kancheva Secretary: Res. Fell. Vanya Naydenova

TREND ANALYSIS OF THE STRATOSPHERIC NO₂ SLANT COLUMN ABUNDANCE AT STARA ZAGORA

Rolf Werner¹, Dimitar Valev¹, Atanas Atanasov¹, Veneta Guineva¹, Mariana Goranova², Andrej Kirilov³

¹Space and Solar-Terrestrial Research Institute, Stara Zagora Department – Bulgarian Academy of Sciences ²Technical University Sofia, Faculty of Computer Systems and Control ³Polar Geophysical Institute of the Kola Science Centre RAS, Apatity, 184209, Russia e-mail:rolwer52@yahoo.co.uk

Key words: climate change, trace gases, trend analysis

Abstract: Since August 1999, daily ground-based spectrometric measurements are carried out during sunrise and sunset at the Stara Zagora ($42^\circ N$, $25^\circ E$) department of the SSTRI-BAS to determine the NO₂ slant column abundance by the help of the GASCOD-BG instrument. Increase or decrease of stratospheric NO₂ density can change ozone concentration, which acts on the radiative balance at the stratosphere and the troposphere. Therefore, the NO₂ trend analysis is very important for the global climate change study. The method described in detail in the paper consists of three stages. In the first one, the daily time series of the NO₂ slant column amounts are analysed and the extreme values, which can result from tropospheric pollutions or be connected with strong lightning processes, are removed. Next, the monthly averages are determined from the remaining daily values. In the second stage, a linear regression model is applied to describe the NO₂ time series components. In the third stage, the significances are tested, taking into account the auto-correlation of NO₂ data.

Introduction

Nitrogen dioxide (NO₂) is one of the key species of the Earth troposphere and stratosphere. The active nitrogen family ($NO_x = NO+NO_2$) is an important component of the tropospheric chemistry. Tropospheric NO_x resulting from antropogenic activities and also from natural processes, where the main part of the pollutants as NO₂ are from industrial burning processes (in power plants and also in domestic heating), traffic, biomass burning, soil emissions, and lightning. However, the source strengths have large uncertainties [1]. NO_x is primary emitted in form of NO, which by oxidation forms NO₂. During the day NO₂ is photolytically converted to NO and the photochemical equilibrium is reached within minutes. Tropospheric NO_x is not well-mixed and the NO_x concentrations have very large regional differences. The tropospheric NO_2 is a precursor of ozone in the planetary boundary layer and also influences OH and the oxidation efficiency [2]. Since the pre-industrial times tropospheric NO₂ has increased six times being highest in large urban areas [3] and at the same time ozone has been doubled in the Northern hemisphere [4]. In the tropopause region NO_x can be direct injected by military and civil supersonic aviation [5]. In the stratosphere NO₂ is involved in catalytic cycles of ozone destruction, but also takes part in processes of conversion of reactive chlorine in its reservoir form, mainly in the lower stratosphere. After sunrise, during the day, N₂O₅ is photolysed in NO₃ and NO₂ molecules. During the night NO₂ is converted back into N₂O₅ by triple impacts. This reaction is going on also during the day and causes an increase of NO₂ between sunrise and sunset [6, 7]. NO₂ amounts strongly depend on the stratospheric chemistry controlled by the available solar UV irradiance. In all NO₂ time series strong annual cycles are well observed with the maximum at the summer solstice at all geographic latitudes. In contrast to the tropospheric NO2 distribution in the stratosphere the NO₂ field has relatively small gradients, particularly in the zonal direction [8]. The relation of NO₂ to the ozone production and ozone destruction underlines its importance for climate models. In particular the quantification of the NO₂ trend is need for the correct determination of

climate models. In particular the quantification of the NO₂ trend is need for the correct determination of the development/prediction of climate for different scenarios. To analyse trend it is necessary to determine factors, which influence the NO₂ amount, to construct an adequate model. The longest NO₂ time series include the time interval of the last 30 years and allow studying the impact of the solar irradiance on NO₂. The correlation between the NO₂ amount, determined at the Lauder station (New Zealand), and the F10.7 radio flux, as a measure of the solar activity, for the time period of 20 years (1980-1999) was poor after correction of the autocorrelation [9]). A quasi-biennial oscillations (QBO) cycle in NO₂ was detected at the equatorial zone [10]. The observed trends of NO₂ at different stations
are varying from - 15% per decade up to 15% per decade [11]. The trends depend on the season and have a strongly regional character. Therefore long time global measurements from ground based stations are needed to determine the global trend. Ground based measurements are also needed to calibrate satellite data [12].

Time series models

General components of a time series X_t are the trend μ_t , seasonal cycles S_t , and a rest component ε_t , irregular short time variations (noise). In the case of an additive model

(1)
$$X_t = \mu_t + S_t + \varepsilon_t$$

 X_t is formed by the sum of its components. (For multiplicative type of time series, X_t is expressed by the product of its components. Taking the logarithm, the multiplicative model can be transformed in a additive model.) Some authors add to the general components cycles, different than the seasonal ones, with periods greater than one year [13]. In [14] the trend and the cycle component are combined to a smooth component. Mixed additive and multiplicative models are described as well [15]. Usually the trend component is approximated to a linear trend $\mu_t = a + bt$ or to a polynomial of higher order, to an exponential function of t, logarithm of t or other functions of t. Different methods are used to analyze the trend and the seasonal component. In the statistic literature one of the standard methods consists of the stepwise determination of the components. At the first glance the determination of the linear trend as the first step is easy, for example by fitting based on linear regression or smoothing by local averaging. However in the practice it is not so easy. For example it is well known, that a simple sinus oscillation fitted by a linear function gives a linear trend with slope depending on the number of periods included in the time series. De-trending is recommended for time series with trend to avoid spectrum distortion (for example in the program "Statistica"). Therefore the proposed technique [e.g. in 16] to filter the spectrum (without de-trending) in the frequency domain and to calculate the inverse FFT of the filtered time series with the aim of the analysis of the trend in the original series is a risky procedure.

A multitude of methods exists to determine the seasonal component [see e.g. in 17]. In the case of detrended series the simplest one is to take the average (or median) of all monthly data corresponding to the same month (phase mean). By subtraction of the linear trend, determined for example by smoothing with a filter, which length is greater than the cycle length, this trend can be removed from the original time series. The remaining series consist of the cyclic component and the noise. A second smoothing with a filter of a shorter length removes the noise. Smoothing produces autocorrelation generating quasi periodicities (Slutzky effect). More advanced methods to identify the seasonal component are spline smoothing, Kalman filters [18] determination of Lomb-Scargle Periodogram and the application of wavelet decomposition techniques.

Of course the trend and seasonal components can be determined together based on the OSL. A special method, the Berliner Verfahren, of trend and seasons removal was developed by the German statistic agency (Statistisches Bundesamt) and the Census-11 method was introduced by the American National Bureau of Census [19].

Modern methods are based on stochastic theory, where the deterministic models are replaced by autoregressive models. Very often time series data are combined with cross-section data, as it was mentioned in the above section. The NO₂ amounts are influenced by factors x as the solar activity and the QBO, where this factors are time series themselves [11, 20]. Such kind of model can be described as

(2)
$$Y_i = \alpha + \beta X_{1,i} + \varepsilon_i, \qquad i = 1 \dots N,$$

where i are the time points. The factors X can be taken also for certain lags. As by the ordinary regression the linearity is not a very restrictive condition, because instead of the factors X can be used their linear transformations.

Data

The NO₂ data used here are obtained by the GASCOD-BG (Gas Analyser Spectrometer Correlating Optical Differences) instrument, developed at the Institute of Atmospheric Sciences and Climate (ISAC) of the Italian National Research Council (CNR) in Bologna [21, 22].

The instrument measures down-welling zenith scattered solar radiation during the sunrise (a.m. data) and sunset (p.m. data) phase. The NO₂ slant column content is retrieved from measurements in the 410–470 nm spectral range, where the absorption features of this gas are well pronounced, applying the DOAS technique. We use the NO₂ slant column amount (sca), interpolated to solar zenith angle of 90° instead of the vertical column amount (vca), to avoid additional errors in the vca calculation. The

GASCOD instrument operates in automatic mode but, due to maintenance procedures or heavy meteorological conditions, the measurement duty cycles are sometimes interrupted and, hence, gaps in the data time series appear, creating non-equidistance of data sampling [23].

Data processing and results

The original NO₂ a.m. and NO₂ p.m. data series are median filtered by a running 7 point filter to eliminate evidently no real results of the NO₂ retrieval procedure. The obtained NO₂ a.m. data are shown in Fig.1. The linear de-trended median filtered data were fitted by a low order (n=10) harmonic



progression with a basic period of T=10 years (3652.5 days). This progression was subtracted from the detrended series and the 2 limits sigma were calculated. lt was assumed that values outside these limits are outliers. The most of the outliers are greater than the top 2 sigma limit. In a previous work [24]) it was shown that 30% of values these are connected to strong lightening processes. It is very likely that a great number of positive outliers are related to

pollution effects. By both, pollution and lightening, the troposphere content of NO₂ increases at a short time scale. Another part of the outliers can be connected with errors in the NO₂ retrieval procedure. For the determination of the stratospheric NO₂ trend variations of the tropospheric NO₂ part are not of interest. However extreme NO₂ values can bias the trend. Therefore we are not taking into account such values and they were deleted from the original series. The same procedure as the described above one was applied for the NO₂ p.m. data. Using the extreme value removed original data sets the monthly means, the number of measurement days, and the standard deviations for the monthly means were calculated and for future use outputted in matrix forms, easy to use in windows Excel tables. All monthly data were written also in columns. Fig. 2 shows the monthly NO₂ a.m. and NO₂ p.m. data and the previous trends, obtained by OLS linear regression of these data sets using not weighted and sigma square weighted data. The trends of the not weighted data are very strong in particular in the



monthly a.m. data. However these results are not directly comparable to the trends found by Gruzdev [11], because the time series have not the same length. The obtained smaller trend in the NO_2 p.m. data is likely generated by a stronger nonlinear trend indicated also by a smaller correlation coefficient. The inspections of the graphics show clearly the expected seasonal cycle. The cycle was estimated calculating average monthly means, average weighted mean, phase means and a simple

harmonic fit by a series of the first order. The results are graphically presented in Fig.3. The maximum is in the summer months June/July and the minimum - in the winter months December/January, which

confirms the expected dominance of the photochemical processes, controlling the stratospheric NO_2 balance and is in accordance with the former findings [11, 25]. All results are very close to each other and are in the 1 sigma limit of the average monthly mean data (presented by error bars in Fig.3). The results show no significant differences in the season figures obtained by the applied methods. Therefore the series was modelled by a simple harmonic mean calculated simultaneously with the linear trend (see Fig. 4). The remaining components (residuals) of the a.m. and p.m. series are shown in Fig. 5. The remaining a.m. and p.m. components have a white noise distribution (not shown



here). The autocorrelation properties of this remaining series were analysed using the not interrupted part of the series from the end of 1999 until the beginning of 2007, consisting of 92 data points. The

text).



remaining parts are normally distributed, approved by the Kolmogorov-Smirnov, the Shapiro-Wilks W and the Lillefors test. To perform these tests the Statistica 6 program was used. However the residual series are autocorrelated unlike the assumptions of linear regression estimations by OLS. The estimations of the autocorrelations coefficients of the error term are unbiased, but they are not the best linear unbiased estimations (BLUE). The variances of the regression coefficients (in the case of prevailing positive autoregression) are underestimated [17]. The estimated autocorrelation function (EAFC) and the estimated partial autocorrelation function function (EPAFC) for the remaining series corresponding to the error terms in Eq.2 were calculated (using Statistica 6 program). The EACF of the NO₂ a.m. and of the NO₂ p.m. series are slowly decreasing with the increasing of the lags up to 9. The



 NO_2 p.m. EAFC shows a 6 months cycle and a small (not significant) rest of the seasonal cycle. The EPACF of both series shows only one significant coefficient at the lag 1. Both, the course of the EACF and of the EPACF indicate an autocorrelation process of the first order.

(3)
$$\varepsilon_i = \rho \varepsilon_{i-1} + u_i$$
,

where ρ is the autocorrelation coefficient at the lag1 and u_i are realizations of a white noise process. The normalized power spectra of the remaining NO₂ a.m. and p.m. series were calculated applying the Fast Fourier transformation (FFT) to answer the question if the remaining series consist of other components than the used here ones. The peaks of the power spectrum were tested for significance by comparison with the normalized power spectrum of a AR(1) (red noise) process [26]:

(4)
$$P_{k} = \frac{1 - \rho^{2}}{1 + \rho^{2} - 2\rho \cos(2\pi k / N)}$$

where k=0,...,N/2 is the frequency index. Peaks of the NO₂ a.m. and NO₂ p.m. power spectrum are significant, if they are greater than the theoretical background spectrum P_k multiplied with the value of



(5)
$$\frac{N|\hat{x}_k|^2}{2\sigma^2} \ge \frac{1}{2}\chi_2^2(p)P_k(\rho)$$
,

where in the left side of Eq.(5) N $|\hat{x}_k|^2/2$ is the power spectrum of the studied time series x normalized by the squared standard deviation σ^2 [27]. In Fig.6 the Fourier power spectra of the remaining NO₂ a.m. and NO₂ p.m. series are drawn in comparison with the power spectrum of the theoretical AR(1) process with correlation coefficient 0.70, which is approximately the obtained EAFC for the NO₂ a.m. and p.m. series at lag=1. The chi-squared distribution was calculated for a significance level of 0.05. Only the spectrum of the remaining NO₂ p.m. series has a peak at the half year period at the significance limit. It is in accordance with the EAFC. The power spectrum of the a.m.

remaining series rises above the significance level of the white noise process for a period near 22 months supposing a QBO effect. However the NO₂ a.m. series has not a peak at this period. The peak is also not significant in relation to the AR(1) background spectrum. Except the mentioned above period of 6 months for the NO₂ p.m. remaining series not significant periods can be detected in the Fourier power spectra. Therefore the NO_2 a.m. and the NO_2 p.m. time series can be approximated with sufficient accuracy by the simple time series model including linear trend and a seasonal component consisting of an annual term for the a.m. series and an annual and a 6 months periods for the p.m. series. The explained variance is 92% for the a.m. series and 90% for the p.m. series. Of course, the 6 months significant peak of the power spectrum doesn't appear when taking into account the half year period for the remaining p.m. series. To apply the Cochrane-Orcutt method [28] for the removal of the autocorrelations of the error terms the missing data were substituted by the forecast values of the time series models. Consequently in the remaining series the missing data are zero. The autocorrelation of the error terms were calculated from the first 92 values of the not interrupted series part. For the a.m. series was obtained $\rho_{a.m.}$ = 0.704 and for the p.m. series $\rho_{p.m.}$ =0.697, respectively. After the first iteration of the Cochrane Orcutt method the resulting autocorrelations of the error terms are $\rho_{a.m}$ = 0.03 and $\rho_{p.m}$ = - 0.10 and they both are not significant. Therefore the iteration can be stopped. The obtained slopes are $\beta_{a.m.} = 0.87$ and $\beta_{p.m.} = 0.78$ with the confidence intervals $\Delta \beta_{a.m.} = \pm 0.36$ and $\Delta\beta_{p.m.} = \pm 0.71$, where the Student's t value of 1.96 at the significance level of 0.05 was used. The slant column amounts decrease by (104 ± 43) 10¹⁴ mol/cm² during sunrise and by (94 ± 85) 10¹⁴ mol/cm² during sunset in the period of ten years from the end of 1999 till the end 2009, corresponding to linear trends of (27 \pm 11) percent per decade and of (14 \pm 13) percent per decade related to the values at the end of 1999 for the a.m. and p.m. series, respectively.

Conclusions

Based on the GASCOD-BG NO₂ measurements during twilight it is shown, that the obtained monthly time series can be described by a simple model, containing a linear trend and a seasonal component, which consists of a harmonic annual term for the a.m. series. For the NO₂ p.m. time series an additional harmonic term with the period of six months has to be taken into account to describe better the form of the seasonal component. The explained variances of the model are 92% for the a.m. series and 90% for the p.m. series and are very high. It was demonstrated that the remaining part corresponding to an error term is autocorrelated. By the application of the Cochrane-Orcutt-Method this autocorrelation was removed allowing estimation of the confidence interval based on the Student's *t*-distribution. The obtained in this way linear trends are significant, however they are very uncertain,

taking in account, that the time series are interrupted. It was not found a solar or QBO effect influence on the stratospheric NO_2 , approving the former findings of Liley [9]. In the future work the results will be compared with series from other stations and satellite measurements.

Acknowledgement

The authors are thankful for the support of this work by the Ministry of Education, Science and Youth under Contract No. DO 02-175/16.12.2008.

References:

- 1. R i c h t e r, A., J. P. B u r r o w. Tropospheric NO₂ from GOME Measurements. Adv. Space Res. Vol. 29, No. 11, pp. 1673-1683,2002
- 2. G a u s s, M., I. S. A. I s a k s e n, D. S. L e e, and O. A. S ø v d e, Impact of aircraft NOx emissions on the atmosphere tradeoffs to reduce the impact, Atmos. Chem. Phys., 6, 1529–1548, 2006
- 3. http://atmos.caf.dlr.de/projects/scops/sciamachy_book/sciamachy_book_ch10.pdf
- 4. V o I z, A. and D. K I e y. Evaluation of the Montsouris series of ozone measurements made in the nineteenth century. Nature. 332, 240–242,1988
- 5. T. Kunhikrishnan M. G. Lawrence, R. von Kuhlmann et al. Semiannual NO₂ plumes during the monsoon transition periods over the central Indian Ocean. Geophys. Res. Lett., 31, L08110, 2004.
- 6. G i I, M., M. Y e I a a n d M. N a v a r r o. NO₂ diurnal variability at Izaña Observatory. Atmos. Chem. Phys. Discuss., 7, 15067–15103, 2007, www.atmos-chem-phys-discuss.net/7/15067/2007/
- B o r t o l i, D., S i l v a, A. M., C o s t a, M. J., et al. Measurements of stratospheric ozone and nitrogen dioxide at Evora, Portugal. International Journal of Remote Sensing. 30:15,4209 — 4226, 2009;
- G o r d I e y, L., J. M. R u s s e I I III, L. J. M i c k I e y, et al., Validation of nitric oxide and nitrogen dioxide measurements made by the halogen occultation experiment for UARS platform, J. Geophys. Res. 101(D6), 10,241 – 10,266, 1996.
- 9. L i l e y, J. B., P. V. J o h n s t o n, R. L. M c K e n z i e. Stratospheric NO2 variation from long time series at Lauder, New Zealand. J. Geophys. Res. 105, 11633-11640, 2000.
- 10. Z a w o d n y, J. M., M c C o r m i c. Stratosphheric aerosol and gas experiment II measurements of the quasie-biennial oscillations in ozone and nitrogen dioxide. J. Geophys. Res. 96, 9371-9377, 1991.
- 11. G r u z d e v, A. N. Latitudinal dependence of variations in stratospheric NO₂ content. Izvestiya, Atmos. Oceanic Phys. Vol. 44, No. 3, pp. 345-359,2008.
- 12. L a m b e r t, J.-C., J. G r a n v i l e, T. B l u m e n s t o c k .et al. Geophysical validation of SCIAMACHY NO2 vertical columns: overview of early 2004 results. In: esa-ACVE (Hrsg.) Second Workshop on the Atmospheric Chemistry Validation of ENVISAT (ACVE-2, SP-562),ESA/ESRIN, Frascati, Italy, 3-7 May 2004, 2004.
- 13. Манов, А. Статистика със SPSS, Тракия-М, София 2001, стр. 344, 2001.
- 14. Hartung, J., B. Elpelt und K-H. Klösener. Statistik. Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik, R.Oldenburg Verlag München Wien, 14. Aufl. S. 640, 2005,
- 15. H a r r i s o n, J. P. Short term sales forecasting. Apll. Stayist. 14, 102-139, 1969.
- 16. P e t r i t o l i , A. et al., "Stratospheric NO2 climatology trend at northern midlatitudes from 8 years of ground based observations at Mt. Cimone station", *IEEE*, 2002, pp. 2331-2333.
- 17. Thome, H. Zeitreihenanalyse. Eine Einführung für Sozialwissenschaftler, R.Oldenburg Verlag München Wien, 2005.
- 18. K a I m a n, R. E., A new approach to linear filtering and prediction problems. Journal of Basic Engeneering, vol. 82, p. 35-45, 1960.
- 19. S t i e r, W. Verfahren zur Analyse saisonaler Schwankungenin ökonomischen Zeitreihen. Springer, Berlin, 1980.
- 20. H o o d, L. L. and B. E. S o u k a r e v. Solar induced variations of odd nitrogen: Multiple regression analysis of UARS HALOE data. Geophys. Res. Let., vol. 33, L22805, doi:10.1029/2006GL028122, 2006
- 21. E v a n g e l i s t i, F. Differential optical absorption spectrometer for measurement of tropospheric pollutants. App. Opt. 34, 2737–2744, 1995.
- 22. W e r n e r, R., Iv. K o s t a d i n o v, D. V a I e v, A t a n a s o v et a., Spectrometric measurements of NO₂ Slant Column Amount at Stara Zagora Station (42°N, 25°E), Advances in Space Research, Vol. 31, No. 5, pp 1473-1478, 2003.
- 23. W e r n e r, R., I. K o s t a d i n o v, D. V a I e v, et al. NO₂ Column Amount and Total Ozone in Stara Zagora (42°N, 25°E) and their Response to the Solar Rotational Activity Variation, Adv. Space Res., Vol. 37, pp. 1614-1620, 2006.
- 24. W e r n e r, R, D. V a I e v, I. K o s t a d i n o v et al. Study of Atmospheric Trace Gas Amounts at the Stara Zagora Ground-Based Station. Sun and Geosphere. Vol. 1, No 1 ,pp 43-46, 2006.
- 25. K e a t i n g, G. M., J. N i c h o l s o n III, G. B r a s s e u r, et al. Detection of stratospheric HNO₃ and NO₂ response to short-term solar ultraviolet variability. Nature 322, 143–146, 1986.
- 26. G i I m a n , D.,I., F. J. F u g i s t e r and J. M. M i t c h e I I. On the Power Spectrum of "Red Noise". Journal of the Atmospheric Sciences, Vol. 20, pp182-184, 1963.
- 27. T o r r e n c e, Chr. and G. P. C o m p o. A Practical Guide to Wavelet Analysis. Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 79, No. 1, January, 1998.
- 28. C o c h r a n e, D., G. H. c O r c u t t, Application of least squares regression to relationships containing autocorrelated error terms. Journal of American Statistical Association. Vol. 44, pp. 32-61, 1949.

СЛЪНЧЕВАТА АКТИВНОСТ И КРАТКОВРЕМЕННИТЕ ТЕМПЕРАТУРНИ АНОМАЛИИ НА ПОВЪРХНОСТТА НА ЧЕРНО МОРЕ В АСПЕКТА НА ЕКСПЕРИМЕНТИТЕ НА КОЗИРЕВ

Ангел Манев, Веселин Ташев, Стилиян Стоянов, Боян Бенев

Институт за космически и слънчево-земни изследвания – Българска академия на науките e-mail : amanev@abv.bg

Key words: Kozirev, time, temperature, anomalies, Black Sea

Abstract: This paper focuses on a new approach to modern physics. A connection between real sea surface temperature measurements and the 'exotic' theory of Kozirev about time density has been made. The similarity between the genesis of the Black Sea surface temperature anomalies and the Solar activity gradient in the course of 11 years has been shown. A hypothesis about the relation between the two phenomena via ' time radiation' has been formulated.

Проблемът с генезиса на температурните аномалии на повърхността на моретата и океаните не може да се реши еднозначно поради множеството фактори, които вилият на този процес. Решението се усложнява още повече и от различния характер на въздействуващите физични явления и голямата динамика на развитието им. Най-удобни за анализи са затворени достатъчно големи морски басейни за които хоризонталният пренос на големи водни маси не е значителен и в същото време достатъчно малки за да не се развиват разнородни метеорологични процеси над акваторията им. В предишни изследвания [2] е показано, че Черно и Каспийско морета са най-подходящи като индикатори на процеси като Глобалното затопляне. Проведен е анализ и на някой от съпътствуващите аномалиите явления. Направен бе опит за изясняване на причинно-следствената връзка между възникването и динамиката на аномалиите и редица други съпътствуващи процеси като динамиките на тропопаузата и дебелината на озоновия слой, антициклонална дейност, сеизмична активност и фазите на Луната [3]. Въпреки намерените отношения проблемът с генезиса на аномалиите остава открит. В настоящото изследване се разглежда температурните аномалии на фона на слънчевата активност и феномените на времето като физическа субстанция

Основа на изследването са данните за температурата на морската повърхност от базата спътникови наблюдения на NOAA [6]. Използвани са данните за ежедневния ход на повърхностните температури в продължение на 11 години. Картите са с разделителна способност 9х9 км. Черно море е затворено и няма големи водни течения, които да пренасят водни маси от далечни зони, където атмосферните условия са силно изменени. Басейнът е безотточен и достатъчно голям за да се наблюдават отчетливо сезонните изменения на хидроложките параметри. На повърхността на морето се определиха пет характеристични области с размери 75х75 км, чрез които се целеше да се отчетат локалните особености на морето и крайбрежната ивица.

На фигура 1 е показан годишния ход на температурата на повърхноста на Черно море за периода 1989-1999г.

Бяха определени 46 кратковременни аномалии с продължителност до 10 дни. За всяка аномалия се определиха няколко параметъра показани на фигура 2 - начало, край, градиенти на нарастване и спадане на температурата и максимално отклонение. За целите на настоящото изследване се използват само два параметъра – началото на аномалията и момента на максимума и.





За показатели характеризиращи слънчевата активност са избрани два параметъра: първо потока радиация, излъчен в диапазона на 10.8 мкм и второ броят на слънчевите петна, взети в тяхната ситуационност. Прието е за се счита, че има голяма корелация между радиацията в 10.8 мкм и Волфовите числа. В случая двата вида слънчева активност се анализират отделно поради спецификата на търсените «тънки» ефекти, свързани с както със сумалното лъчение, така и с «груповите» характеристики на петната. На фиг.3 е показано изменението на тези параметри за част от изследвания едиадесет годишен период. Данните са получени от [5]. С вертикални линии са показани максимумите на възникнали аномалии на фона на слънчевата радиация, слънчевите петна и геомагнитната активност на три от аномалиите през 1999 г.





В зависимост от измененията на слънчевата активност и числата на Волф, аномалиите бяха групирани в три групи. Първата и втората бяха групите при които по времето на аномалиите е регистриран положителен или отрицателен градиент на изменение на слънчевата активност и числата на Волф. Третата грута бяха аномалии при които слънчевата активност и Волфовите числа са относително постоянни. В Таблица 1 е показано разпределението на аномалиите според слънчевата радиация и числата на Волф.

аблица 1									
Фази на аномалията	Слънчева активност	Слънчеви петна							
Възходяща фаза	26 (56.5 %)	30 (65.2 %)							
Фаза – плато	14 (30.4 %)	3 (6.5 %)							
Низходяща фаза	6 (13.0 %)	13 (28.3 %)							

Графически резултатите са показани на фигура 4-а за радиацията и фигура 4-б за Волфовите числа. На абсцисната ос е нанесе редът на аномалиите а на ординатната ос е градиентът на изменение на слънчевия параметър. Явна е връзката мужду повишаването на слънчевата активност и възникването на топлинни аномалии на повърхността на Черно море. Този резулнат е възможно най-очаквания. НО ! Не може да се пренебрегне наличиетона аномалии при спадаща активност, когато енергията от Слънцето намалява! В случаят, за генезиса на тези аномалии трябва да се търсят други причини. Не трябва да се забравя, че метеорологичните фактори са сведени до минимум още при първичната обработка на данните – анализрани са само безоблачни дни или такива при които облачността не решаващ фактор.

Руският физик астроном професор Николай Козирев, директор на Пулковската обсерватория повече от 30 години демонстрираше уникални експерименти, за които традиционната физика мълчи. На базата на серия опити свързани с промяна на ентропията Козирев изгражда невероятна теория за времето като за физически обект с присъщите му физически качества [1]. Той формулира и понятието "плътност на времето" като степен на активност на времето, която внася организираност във всяка система. Поради взаимодействието с протичащите в Природата процеси би трябвало да се променя и активността на времето а това от своя страна би трябвало да влияе на хода на процесите и на свойствата на веществото. По този начин веществото може да бъде детектор, реагиращ на промяната на плътността на времето. Естествено е да се очаква някой процеси да отслабват плътността на времето и да го поглъщат а други да увеличават плътността му и да го излъчват. Процесите при които нараства ентропията излъчват време като при това структурата на намиращото се наблизо вещество се подрежда. Предполага се, че изгубената поради протичащия процес ентропия на системата се отнася от потока време.



Фиг. 4

Руският физик астроном професор Николай Козирев, директор на Пулковската обсерватория повече от 30 години демонстрираше уникални експерименти, за които традиционната физика мълчи. На базата на серия опити свързани с промяна на ентропията Козирев изгражда невероятна теория за времето като за физически обект с присъщите му физически качества [1]. Той формулира и понятието "плътност на времето" като степен на активност на времето, която внася организираност във всяка система. Поради взаимодействието с протичащите в Природата процеси би трябвало да се променя и активността на времето. По този начин веществото може да бъде детектор, реагиращ на промяната на плътността на времето. Естествено е да се очаква някой процеси да отслабват плътността на времето и да го поглъщат а други да увеличават плътността му и да го излъчват. Процесите при които нараства ентропията излъчват време като при това структурата на намиращото се наблизо вещество се подрежда. Предполага се, че изгубената поради протичащия процес ентропия на системата се отнася от потока време.

При експериментите си Козирев използва за източник на поток от време изпаряване на летлива течност, разтваряне на твърда субстанция в течност или разтапянето на бучка лед. Респективно за намаляването плътността на времето – процеса на охлаждане на нагрято тяло или всеки друг втвърди телен процес. Детекторите, които той използва са уравновесен Уитстонов мост, жироскоп, несиметрична везна и термометъра на Бекман. Оказва се, че когато едно от съпротивленията на Уитстоновия мост се намира до процес на излъчване или всмукване на време то променя електрическото си съпротивлението и разбалансира моста. Промяната на съпротивлението се дължи, както може да се очаква, на промяна в подредеността на структурата му. Промяната на показанията на термометъра на Бекман се дължи на промяната на структурата на живака в него когато му въздействува поток от време. Потока време действува и та несиметрична окачена везна като я завърта около нишката на окачване.

За потвърждение на теорията си Козирев провежда астрономически експерименти с наблюдения на слънчеви и лунни затъмнения. На фиг. 5 е показан резултатът от изменението на показанията на термометъра на Бекман и завъртането на диска, окачен на тънка капронова нишка, когато върху тях е проектирано изображението на Луната при затъмнение. Тъй като при охлаждане и последвалото загряване на повърхността на Луната в следствие движението на Земната сянка се наблюдава температурен градиент от 220 градуса за около стотина минути очакванията са да се излъчи поток от време. Промяната в състоянието и на термометъра и на диска в същата посока както и когато до детекторите става изпарение на ацетон, доказва, че по време на нагряването на Лунната повърхност наистина се е излъчило време. Проведен е експеримент и с Уитстонов мост. Резултатите при друго затъмнение и отново резултатът е същия – регистрира се излъчване на време.

При слънчевите затъмнения (наблюдавани пет пъти), когато Земята екранира Слънцето се наблюдава намаляне на потока от време, който иначе Слътцето излъчва постоянно. Изводите на Козирев са несъмнени – Слънцето действува на Земята не само с лъчистата си енергия, но и с произтичащото от него усилване на физическите свойства на времето.



От така изложената теория на Казирев е ясно, че процесите на излъчване и всмукване на време и съответно влиянието на тези процеси върху енергийните физични процеси ще бъде по-малко в сравнение с мощта на топлинните процеси. Ние смятаме, в генерацията на температурните аномалии на повърхността на Черно море точно при отсъстващо или намаляващо влияние на радиационните процеси може да се свърже с процесите на всмукване на време. При тези процеси става повишаване на ентропията на обектите, които се намират в близост да такова всмукване. В случаите на силно излъчване на енергия при слънчевата активност, обратният процес на излъчване на време и съответно намаляване на ентропията в Черно море, е екраниран и трудно може да се регистрира.

От анализа на стойностите в Таблица 1 е ясно, че генерацията на температурните аномалии при спадаща слънчева активност е по-силно изразена при хода на Волфовите числа. Този ефект също кореспондира с теорията на Козирев. Известна е не добрата корелация между хода на излъчената от слънцето енергия и числата на Волф дължаща се на силните странични за диска ерупции. При пресмятането на числата на Волф оказва влияние и тяхната морфология а не само чистата енергетика. В случая при всмукването на време от видимия диск на Слънцето процесът е определян от видимата повърхност и липсва влияние на "страничните" ерупции. Естествено е точно в числата на Волф при спадане на слънчевата активност да се наблюдава и по-отчетливо ефектът на всмукване на време.

Направеното изследване представлява поредното доказателство, към множеството други такива, което показва адекватността на теорията на Козирев за времето. Разглеждането на слънчево земните въздействия от тази гледна точка е уникално в областта на Дистанционните изследвания на Земята от Космоса. В България вече съществува необходимия технически и технологичен потенциал за провеждане и проверка на експериментите на Козирев особено в частта им свързана с оптическите средства за наблюдение [4].

В литературата се срещат и изследвания в които се доказва, че понятието "време", използвано от Козирев, всъщност е "физическият етер", загубен от физиката в последните 130 години. Въпросът е спорен и очаква разрешаването си в близкото бъдеще. Натрупването на експериментални факти в тази посока само помага за оформянето на пълнотата на физическия свят.

Литература:

- 1. К о з ы р е в, Н. А. Избраные труды,Из.Ленинградского университета,1991г., 445 стр.
- 2. M a n e v, A., Z. Z h e k o v, S. S p a s o v, S. S t o y a n o v. Global Warming Registering Via Closed Sea Basins, International Conference "Fundamental space research", Sunny Beach, Bulgaria, September 22-28, 2008, pp.82-85
- 3. Манев, А., К. Палазов, Б. Бенев, Ж. Жеков. Космически аспекти на температурните аномалии на повърхността на Черно море, Second scientific conference with international participation "Space, Ecology, Nanotechnology, Safety", 14-16 June 2006, Varna, pp. 60-64
- 4. Ж е к о в, Ж. Оптични системи за наблюдение на отдалечени обекти. Издат. Шуменски университет "Еп. К. Преславски", Шумен 2007, 251 с. ISBN 978-954-577-442-5
- 5. http://earthquake.usgs.gov/anss/index.php

6. http://www.noaa.gov/

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА РАСТИТЕЛНОТО ПОКРИТИЕ ПО СПЕКТРАЛНИТЕ ОТРАЖАТЕЛНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА СИСТЕМАТА ПОЧВА-РАСТИТЕЛНОСТ

Румяна Кънчева, Деница Борисова, Георги Георгиев

Институт за космически и слънчево-земни изследвания – Българска академия на науките e-mail: rumik @abv.bg

GREEN CANOPY FRACTION RETRIEVAL FROM SOIL-VEGETATION SPECTRAL REFLECTANCE CHARACTERISTICS

Rumiana Kancheva, Denitsa Borisova, Georgi Georgiev

Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: rumik@abv.bg

Keywords: spectral reflectance, vegetation indices, colorimetrical analysis, soil-vegetation mixture, green canopy cover

Abstract: Vegetation monitoring is one of the essential applications of remote sensing techniques. Concerning farmlands, an important task is crop state assessment during the growing period. Crop state and physiological development are defined by a set of bioparameters, such as biomass amount, leaf area index, chlorophyll content, etc. Green canopy coverage plays an important role among them. It is an indicator of plant growth and is closely related to other bioparameters being at the same time a factor of soil-vegetation mixture reflectance. Various methods of spectral data processing are used for the estimation of plant parameters aiming at the establishment of quantitative relationships between crop biophysical and reflectance properties. The actual usefulness of the remote sensing methods applied for the purpose depends on their accuracy and reliability. The problem of mixed classes is essential in remote sensing and concerns most aspects of data processing and interpretation. It is associated with spectral mixture decomposition. Soil-vegetation covers are a most common case of mixed classes. The determination of their components' proportions is related to the assessment of plant canopy. Vegetation coverage expresses, on the one hand, the proportions of soil and vegetation in the mixture and defines the spectral reflectance, and on the other hand, it is a bioindicator of plant state and growth. As such, it is of particular interest in remote sensing crop monitoring. Two methods that provide means for green canopy fraction evaluation are presented in the paper - reflectance spectra transformation techniques and colorimetrical analysis. The objective is to reveal the potential and accuracy of spectral ratios and colorimetric features for soilvegetation mixture decomposition and to compare these techniques for green canopy fraction estimation from multispectral data.

Увод

Своевременната оценка на състоянието на земеделски посеви е от съществен практически интерес, тъй като има отношение към въпросите за управление на агросистемите, прогнозиране на развитието и добива. Аерокосмическата информация дава възможности за дистанционен мониторинг и оценка на състоянието на растителната покривка. Нейната достоверна интерпретация в значителна степен зависи от наличието на спектралнобиофизични модели, свързващи многоспектралните данни с различни растителни биопараметри и агропоказатели. Широко използвани за целта са спектралните отражателни характеристики във видимия и близкия инфрачервен диапазон, като основен подход е разработката и приложението на разнообразни вегетационни индекси, представляващи предимно прости и сложни отношения на коефициентите на отражение за две или повече дължини на вълните [1-4]. Въз основа на експериментални данни се създават статистически модели, които служат за определяне на различни растителни показатели [1-4,5,6]. Колориметричният анализ е рядко срещан по отношение на растителната покривка, но предоставя определени възможности, както сочат резултати от наши изследвания [7-10]. Целта на настоящата работа е да демонстрира и сравни използването на тези два метода за определяне на растителното проективно покритие. То е избрано като обобщен израз на структурните различия и изменения на посевите, т.е. като показател, характеризиращ найобщо тяхното състоянието. Показано е приложението както на различни вегетационни индекси, така и на някои цветови характеристики на обектите, интерпретирани от гледна точка на растителното покритие. Отличително обстоятелство в работата е отчитането на почвения тип и фенологичната фаза на растенията.

Материали и методи

Проективното покритие на растителността е параметър, свързан с цялостната архитектоника на посева. Отразявайки морфологичните особености на културите, то е свързано с гъстотата на посева, биомасата, листовия индекс и пр., показател е за вегетационното развитието и може да бъде считано за комплексен индикатор на състоянието на растителната покривка. От друга страна, проективното покритие е основен фактор за спектралното отражение на системата почва-растителност, тъй като спектралната отражателна характеристика на смесения клас "почва-растителност" се формира в зависимост както от отражателните свойства на почвата $r_s(\lambda_i)$ и растителността $r_v(\lambda_i)$, така и от относителния дял на участващите класове растителност c_v и почва c_s ($c_s=1-c_v$), при което $r_{sv}(\lambda_i) = c_v(r_v - r_s) + r_s$ [11]. Горните две обстоятелства позволяват растителното покритие да бъде считано за свързващо звено между измерваните спектрални характеристики и състоянието на растителната покривка. Това и обуславя интереса към определянето му по многоспектрални данни. Провежданите наземни експерименти служат за създаване и валиадиця на съответните модели. Задачата е свързана и с един от основните проблеми при дистанционните изследвания - проблема за декомпозиция на смесени класове, който касае повечето въпроси на обработката и интерпретацията на данните [12-14]. Отнася се до разделянето на спектрални смеси, което в нашия случай, касаещ определяне на растителното покритие, представлява и цел на работата.

Развивани повече от две десетилетия, вегетационните индекси са запазили своята актуалност и широка приложмост. Редица задачи на дистанционните изследвания на растителната покривка от картиране до проследяване на фенологичното развитие и прогнозиране на добива от селскостопански култури се решават на базата на определяне на вегетационни индекси по спектрометрични данни и аерокосмически изображения. В настоящата работа са изследвани множество отношения, контрасти и нормирани разлики предимно в характерни за растителността спектрални области – синята (В – 450 nm), зелената (G – 550 nm), червената (R – 670 nm), близката инфрачервена (NIR – 820 nm) и в участъка 650-750 nm. За количествено описание на връзката между растителното проективно покритие и спектралното отражение на системата почва-растителност са изведени емпирични регресионни модели. Колориметричният анализ на многоспектралните данини е извършен в съответствие със стандартните СІЕ 1964 методи [15] в диапазона 450-750 nm за стандартен източник D_{в5}. За всяка спектрална отражателна характеристика са изчислени цветовите координати, координатите на цветността x,y,z и доминиращата дължина на върната λ_d . В съответствие със спомената адитивна теория за смесените класове цветовите кооринати XYZ на системата почва-растителност [16] са свързани с растителното покритие чрез аналогична на спектралното отражение формула $X_{sv}=Xc_v(X_v - X_s) + X_s$. Съответно координатите на цветността хуz се определят от $x_{sv} = [c_v(X_v - X_s) + X_s]/[c_v(W_v - W_s) + W_s]$, където W е сумата на цветовите координати

Резултати и обсъждане

Изследванията включват наземни измервания с мнгоканална апаратура във видимия и близкия инфрачервен спектрален диапазон 400-820 nm, извършени по време на различни фенологични фази от вегетационното развитие на различни култури (зимна пшеница, пролетен ечемик, грах, люцерна), Същевременно е определяно проективното покритие и други растителни параметри – надземна биомаса, хлорофилно съдържание и пр. Тук ще отбележим, че отчитането на фазите на онтогенезата при спектрално-биофизичното моделиране позволява определянето на най-подходящи периоди за растителния мониторинг, повишава точността на прогнозните модели и позволява ранна диагностика на посевите [5-11]. Почвената покривка е представена от чернозем, алувиално-ливадна и сива горска почва. Целта е да бъде количествено оценено влиянието на почвения тип върху спектралните характеристики на системата почва-растителност чрез съответните модели за определяне на растителното покритие. Спектрометричните и биометрични данни са обработени статистически. При корелационния и регресионния анализ са използвани спектрални преобразувания (вегетационните индекси) във вид на различни отношения на измерваните спектрални коефициенти на отражение, както и цветови характеристики на обектите – цветови координати, координати на цветността, чистота на цвета, доминираща дължина на вълната. Изведени са зависимости, свързващи проективното покритие с някои от тези спектрални признаци.

Формирането на спектралната отражателна характеристика на смесения клас почварастителност се илюстрира от Фиг. 1а, където са показани спектралните отражателни характеристики на гола почва с_v=0, плътна растителна покривка, т.е. при относителен дял на растителното покритие с_v=1, и смесен клас почва-растителност, т. е. при 0<c_v<1. Влиянието на различното растително покритие върху спектралните характеристики е показано на Фиг. 1б за пролетен ечемик върху сива горска почва, а Фиг. 1в представя за същия случай зависимостта на индекса NIR/R от растителното покритие.



Фиг. 1. Спектрални отражателни характеристики на гола почва S (x), плътна растителна покривка V() и смесен клас "почва-растителност" M () – (а) и на пролетен ечемик с различно проективно покритие - (б); зависимост на вегетационния индекс NIR/R от растителното покритие на ечемик върху сива горска почва-(в)

В Таблица 1 са приведени данни от корелационния анализ на част от изследваните вегетационни индекси с проективното покритие на зимна пшеница върху чернозем във фази изкласяване и млечна зрялост. Голяма част от посочените, както и други спектрални индекси, проявяват силна корелираност с растителното покритие, като в същото време са зависими и от фенологичната фаза на растенията. Най-силна връзка се наблюдава по време на активно вегетативно развитие преди фазата восъчна зрялост при зърнените култури и за индекси с използването на R и NIR. За количествено описание на изследваните взаимовръзки са изведени емпирични регресионни модели между растителното покритие и спектралното отражение на системата почва-растителност. На Фиг. 2а са показани зависимостите на вегетационния индекс R/(G+R+NIR) от проективното покритие на посеви пролетен ечемик върху два почвени типа – сива горска (1) и чернозем (2). Използването на обобщен модел за двата почвени типа води до систематично завишени стойности на определяното растително покритие при тъмната черноземна почва и понижени при светлата сива почва. Грешката може да е значителна, особено в случаите на малко растително покритие. Отчитането на почвения тип, чиито спектрални характеристики варират в широк диапазон, както се вижда на Фиг. 2б, силно повишава прогностичната точност на моделите. Същото се отнася и за фенологичната фаза на развитие, т.е. когато съответните спектрално-биофизични зависимости се установяват за отделни фази (или етапи) на развитие.

VI	1	2	VI	1	2
(NIR-R)/(NIR+R)	0.86	0.94	NIR/(G+R)	0.99	0.95
NIR/R	0.98	0.97	R/(NIR+G)	-0.83	-0.93
(NIR-G)/(NIR+G)	0.88	0.88	G/R	0.89	0.86
NIR/G	0.97	0.86	NIR/(G.R)	0.90	0.77
(NIR-R)/NIR	0.79	0.94	G/(G+R+NIR)	-0.94	-0.70
(NIR-G)/NIR	0.83	0.81	NIR/(G+R+NIR)	0.91	0.95

Таблица 1. Коефициенти на корелация между различни вегетационни индекси (VI) и проективното покритие на зимна пшеница върху чернозем във фази изкласяване (1) и млечна зрялост (2)

На Фиг. 2в е показана зависимостта на вегетационния индекс NIR/R на грах за две фенологични фази на растенията. Фенологичното диференцираните на зависимостите намалява погрешностите, свързани с други растителни параметри, като например изменящото

се в хода на вегетация и влияещо върху измерваните отражателни характеристии хлорофилно съдържание. В зависимост от вида и дължините на вълните на спектралните индекси корелационните коефициенти варират от 0.77 до 0.97. Високата корелация и точност на подобни модели позволяват надеждно определяне на растителното покритие по спектрални данни.



Фиг. 2. Зависимост на вегетационния индекс R/(G+R+NIR) (а) от растителното покритие на пролетен ечемик върху сива горска почва (1) и чернозем (2) и на вегетационния индекс NIR/R (в) на грах върху алувиалноливадна почва за две фенофази; Спектрални отражателни характеристики на различни почвени типове (б)

Като втори подход за оценка на зеленото покритие в работата се предлага използването на цветови характеристики на системата почва-растителност. Тяхно предимство е използването на цялата отражателна характеристика и нормирането й спрямо спектралното разпределение на падащата радиация. За колориметричния анализ са използвани данни от наземни спектрометрични измервания на пролетен ечемик върху чернозем и сива горска почва и на грах върху тъмна кафява горска и светла алувиално-ливадна почва. Във втория случай за допълнително усилване на цветовите различия почвите са влажна (за тъмната) и суха (за светлата). Измененията на проективното покритие варират от гола почва до плътна растителна покривка.

За сумата на изчислените цветови координати на обектите са изведени статистически значими зависимости от растителното покритие. За ечемик върху сива горска почва получената регресионна права е показана на Фиг. За. Тя е изведена за периода братене-вретенене. За отделните фенологични фази корелацията (R²) се повишава и е съответно 0.88 и 0.84. В цветовото пространство цветността на обектите се изразява във вид на точка, дефинирана от координатите на цветността (x,y). Те определят положението на анализирания обект върху цветовия локус и, както беше показано, зависят от величината на растителното покритие. За всяко от измерванията координатите на цветността са изчислени по приведената по-горе формула и са нанесени върху цветовия локус. На Фиг. Зб те са показани за гола почва, плътна растителност (грах) и относително растително покритие 0.25, 0.5 и 0.75, като е отчитан почвения тип. Ясно се вижда се зависимостта на координатите на цветността от относителния дял на двата класа почва и растителност.



Фиг. 3 Връзка на проективното покритие на пролетен ечемик върху сива горска почва в периода братене-вретенене и сумата на цветовите координати – (а); координати на цветността на грах върху тъмна • и светла о почва при различно растително покритие – (б)

Изразявайки цветността на обекта, координатите на цветността определят друга важна цветова характеристика, а именно доминиращата дължина на вълната λ_d . През получената при колориметричния анализ на данните цветова област е построена правата D_{65} - λ_d , която пресича линията на спектралната цветност в точка (x,y)_{λd}, определяйки доминиращата дължина на вълната на обекта (Фиг. 36).

При анализа на данните е установена висока корелация между λ_d и зеленото покритие с_v. Инверсните регресионни зависимости с_v=f(λ_d) са полиноми от втора степен с коефициенти на определеност (R²) 0.88 и 0.83 (при ниво на вероятност p<0.05) съответно за тъмна и светла почва. По-добрата прогнозна точност на модела за тъмна почва (както това се наблюдава и при вегетационните индекси) обясняваме с по-големите цветови различия, т.е. с по-широкия диапазон на изменение на λ_d на обектите с различно растително покритие. Обобщеният, т.е. почвено-не диференциран модел, е в случая с коефициент на определеност 0.77 и значително по-ниска точност. В Таблица 2 са показани резултати от корелационния анализ на растителното покритие на грах за двата почвени типа, доминиращата дължина на вълната и някои вегетационни индекси. В повечето случаи връзката отслабва при неотчитане на почвения тип, като в най-голяма степен това се отнася за доминиращата дължина на вълната. Подобен анализ позволява в същото време подбор на вегетационни индекси, по-слабо податливи на влиянието на почвения фон, което има своите предимства в растителния мониторинг.

индекс/почва	тъмна	светла	общо
(NIR-R)/(NIR+R)	0.95	0.93	0.92
NIR/R	0.91	0.88	0.87
(NIR-R)/R	0.91	0.88	0.87
G/R	0.88	0.85	0.86
(G-R)/R	0.88	0.85	0.86
Σ G+R)/Σ(B+NIR	0.85	0.81	0.82
(G-R)/(G+R)	0.93	0.92	0.92
G+NIR-2R	0.94	0.94	0.94
λd	-0.96	-0.93	-0.88

Таблица 2. Коефициенти на корелация между растителното покритие на грах, доминиращата дължина на вълната и някои вегетационни индекси поотделно за тъмна и светла почва и общо за двете почви

Използването на обобщения модел за определяне на растителното покритие посредством доминиращата дължина на вълната води до завишени негови стойности при светлата почва (средно с 30% в целия диапазон на изменение на растителното покритие от 0 до 1), докато за тъмната стойностите са систематично по-ниски (средно 15%). Както и при вегетационните индекси, грешката е по-малка при тъмната почва. Там обаче използването на почвено-недифиренциран модел води до обратното положение – стойностите на растителното покритие от овкритие са по-високи за тъмната и по-ниски за светлата почва (вж. Фиг.2а). Това е възможност за сравнение и верификация на резултатите при използване на двата метода. Позволявайки сравняването на обекти със слабо различаващи се цветови характеристики, доминиращата дължина на вълната би могла да се използва за оценка на растителното покритие при положение, че изследванията бъдат разширени по отношение на други обекти и в различни фенологични фази, както и от гледна точка на чувствителността на регресионните коефициенти към условията на експеримента. Като цяло получените резултати са потвърждение за ефективното използване на двата разгледани подхода в растителния мониторинг.

Таблица 3. Коефициент на определеност, стандартна и средна абсолютна грешка на инверсни еднофакторни и многофакторни зависимости между растителното покритие на грах върху сива горска почва, доминиращата дължина на вълната и различни вегетационни индекси

регресор	R ²	SEE	MAE
Σ(G+R)/Σ(B+NIR)	0.81	0.08	0.068
(G-R)/(G+R)	0.77	0.088	0.073
G+NIR-2R	0.74	0.09	0.075
λα	0.83	0.078	0.062
λ _d +Σ(G÷R)/Σ(B÷NIR)	0.88	0.066	0.05
λ _d +Σ(G÷R)/Σ(B÷NIR)+(G+NIR-2R)	0.92	0.054	0.043
λ _d + [(G-R)/(G+R)]+(G+NIR-2R)	0.92	0.054	0.044

От особено значение може да бъде съвместното им приложение за повишаване на прогностичната точност. Това е извършено по данни от нашите изследвания посредством множествена линейна регресия. Като пример в Таблица 3 са приведени регресорите, коефициентите на определеност и грешките на многофакторни модели за определяне на растителното покритие, в които участват доминиращата дължина на вълната и различни вегетационни индекси.

Изводи

Полезността на изложените изследвания се заключава, според нас, в следното. Разделянето на смесени класове обекти, предлагано тук по отношение на системата почварастителност, е важна задача на дистанционния мониторинг за оценка на състоянието на селскостопански посеви. Динамиката на растителната покривка, особено що се отнася до агроценозите, се отразява в изменение на редица биопоказатели, обобщен израз на които в периода на активна вегетация може да служи проективното покритие. Неговото определяне позволява да се съди за състоянието на посевите в хода на тяхното развитие или под действието на стресови фактори. Предлаганият подход може да служи при изследване на различни почвено-растителни системи и други смесени класове.

Литература:

- G I e n n, E., A. H u e t e, P. N a g I e r and S. N e I s o n. Relationship between remotely-sensed vegetation indices, canopy attributes and plant physiological processes: What vegetation indices can and cannot tell us about the landscape. Sensors, 8, pp.2136-2160, 2008, ISSN 1424-8220.
- 2. Jackson, R. and A. Huete. Interpreting vegetation indices. Preventive Veterinary Medicine, 11, pp.185-200, 1991.
- 3. J i a n g, Z.; A. H u e t e, J. C h e n, Y. C h e n; J. L i, G. Y a n and X. Z h a n g. Analysis of NDVI and scaled difference vegetation index retrievals of vegetation. Remote Sensing of Environment, 101, pp.366-378, 2006.
- 4. C a r l s o n, T. and D. R i p l e y. On the relationship between fractional vegetation cover, leaf area index, and NDVI. Remote Sensing of Environment, 62, pp.241-252, 1997.
- 5. K a n c h e v a, R. State assessment of the soil-vegetation system using spectrometric data. PhD thesis, (in Bulgarian), pp.142, 1999.
- 6. K a n c h e v a, R. and D. B o r i s o v a. Ground-based models for remotely sensed data interpretation. Proceedings of 2nd International Conference "Resent advances in space technologies", Istanbul, Turkey, pp.79-82, 2005.

7. K a n c h e v a, R. and D. M i s h e v. Colorimetrical characteristics for detection of plant chlorophyll variations. Compt. rend. Acad. bulg. Sci., 53 (4), pp.43-46, 2000.

- 8. K a n c h e v a, R., D. B o r i s o v a and D. M i s h e v. Plant canopy coverage and colour features. Compt. Rend. Acad. bulg. Sci., 55 (4), pp.55-58, 2002.
- 9. K a n c h e v a, R. and D. B o r i s o v a. Plant senescence and soil background impact on vegetation reflectance and color features. Compt. Rend. Acad. bulg. Sci., 57 (7), pp.53-58, 2004.
- K a n c h e v a, R. and D. B o r i s o v a. Colorimetrical analysis in vegetation state assessment. Proceedings of 28th EARSeL Symposium and Workshops "Remote Sensing for a Changing Europe", Istanbul, Turkey, 2–5 June 2008, ed. D. Maktav, IOS Press, Amsterdam, pp.151-156, 2009.
- 11. M i s h e v, D. and T. Y a n e v. A mixed class of natural formations and the compositions of its spectral reflectance characteristic. Compt. Rend. Acad. bulg. Sci., 46 (11), pp.33-35, 1993.
- 12. М и ш е в, Д., Р. К ы н ч е в а. Определение относительной площади, занимаемой посевом, по данным спектрометрических измерений, Исследование Земли из космоса, 5, стр.71-75, 1988.
- B o r i s o v a, D. and R. K a n c h e v a. Rock, soil and vegetation reflectance data analysis for spectral mixture decomposition. Proceedings of Scientific Conference with International Participation SES'2005, Book I, Publishing House of Technical University, Sofia, pp.215-220, 2005.
- 14. K a n c h e v a, R. and D. B o r i s o v a. Spectral unmixing for information extraction. Proceedings of ISPRS Mid-term Symposium 2006 "Remote Sensing: From Pixels to Processes", Enschede, the Netherlands, http://www.itc.nl/isprsc7/symposium/proceedings/PS01_4.pdf, 2006.
- 15. Джад, Д., Г. Вышецкий, Цвет в науке и технике, Москва, Мир, 1978.
- 16. Mishev, D. Colour coordinates of a mixed class. Compt. rend. Acad. bulg. Sci., 45 (3), pp.51-54, 1992.

IMPROVEMENTS OF THE SEGMENTATION OF MULTISPECTRAL IMAGES BY MEANS OF LSMA

Denitsa Borisova, Hristo Nikolov

Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: dborisova@stil.bas.bg

Keywords: multispectral data, linear spectral mixture analysis, segmentation

Abstract: The classification procedure relying on data spectral properties is often preceded by segmentation which in turn might be greatly improved by a preliminary sub-pixel analysis and mixed-pixel decomposition. A generally accepted meaning of the word 'segmentation' in the image processing community is the decomposition of the image under study into its different and homogeneous regions of interest (Rol). In this study, we have been focused on the assumption that, by applying the linear spectral mixture analysis (LSMA) on the border line of an image, one could achieve better segmentation than relying on spectral or geometrical properties only. In the LSMA, the mixed pixels, especially those in the border areas of the image are expressed as linear combinations of the respective spectra of the basic land cover types presented in the image. By implementing the LSMA on the data, the segments' smoothness was improved.

ПОДОБРЯВАНЕ НА СЕГМЕНТАЦИЯТА НА МНОГОСПЕКТРАЛНИ ИЗОБРАЖЕНИЯ ЧРЕЗ АНАЛИЗ НА СПЕКТРАЛНИ СМЕСИ

Деница Борисова, Христо Николов

Институт за космически и слънчево-земни изследвания – Българска академия на науките e-mail: dborisova@stil.bas.bg

Ключови думи: спектрални данни, сегментация, анализ на спектрални смеси

Резюме: Процедурата по сегментация е основна при анализа на смесени пиксели в едно изображение и съответната им класификация. В процеса на работа най-общо понятието "сегментация" включва декомпозиция на изображения, които преобладават в градация на сивия цвят, като целта е да се определят различни хомогенни участъци и обекти. В настоящето изследване сме се фокусирали на допускането, че използването на анализа на спектрални смеси в едно изображение би довело до по-добра сегментация спрямо прилагането само на един метод за декомпозиция. При анализа на спектрални смеси смесените пиксели, особено в граничните зони между участъците и обектите в изображението, са представено като линейни комбинации от съответните спектри на основните типове земно покритие, които са представени в изображението. Допълнителното използване на анализа на спектралните смеси повиши гладкостта на контурите на отделните учасъци и обекти.

Introduction

The unsupervised classification of different land cover types based on multispectral data, using pixel by pixel method, is the final stage of the process of forming information classes based on those data. In order to achieve better results it is advisable first to delineate the shapes of areas consisting of similar data i.e. pixels being comparable in the spectral domain. This process is referred as segmentation.

Segmentation of satellite images is one of the main tasks that need to be solved in the process of detection of geometric forms belonging to distinct land covers. In recent years a great variety of methods for satellite images segmentation was developed [1]. The aim of this study was to combine applicability of two methods for image processing for information extraction from satellite images - namely object-oriented approach and linear spectral mixture analysis (LSMA). On the first

step the multivariate segmentation realized by the eCognition package is used [2]. This patented algorithm is often considered as starting point for comparison of the newly developed ones. On the next stage LSMA is applied on the mixed pixels especially those in the border areas. It was supposed that implementing the LSMA on the pixels forming the line between the segments their smoothness and correctness is seriously improved. This method was applied for segmentation of a satellite image over a region in north-central part of Bulgaria. The obtained results were compared and the advantages and disadvantages of the methods are discussed. Conclusions about applicability of applied method for improving the segmentation of satellite images are also made.

Materials and methods

Segmentation procedure has key role in sub-pixel analysis and mixed-pixel classification. A generally accepted meaning of the word segmentation in the image processing community is the decomposition of the image under study (most often grayscale) into different and homogeneous regions of interest (Rol). In this research we have been focused on the assumption that applying the LSMA on the delineating pixels after the segmentation procedure one could achieve better segmentation than relying on grayscale image.

In the recent years two approaches are quite popular.

- The most classical segmentation method of *Mathematical Morphology* is the Watershed segmentation. Mathematical Morphology has been applied successfully in many fields, such as medical imaging, material sciences, and machine vision, and many attempts were related to the processing of remotely sensed images, including segmentation of SAR image.
- eCognition is based on an *object oriented* approach to image analysis. The basic difference to pixel-based procedures is that eCognition does not classify single pixels, but rather image object primitives that are extracted in image segmentation step.

Mathematical morphology – uses the *Watershed algorithm*, which is the standard algorithm allowing the determination of the crest lines. It consists in a simulation of an immersion of the altitude map. To realize this, we make a hole at each local minimum of the gradient image by which the water can enter. If a drop of water falls on such a topographic surface, it will obey the law of gravitation and flow along the steepest slope path until it reaches a minimum. The whole set of points of the surface whose steepest slope paths reach a given minimum constitutes the catchment basin associated with this minimum. The watersheds are the zones dividing adjacent catchment basins.

Object oriented approach - here similar pixels are grouped into segments where the heterogeneity in spectral and spatial domain is minimized. Adjacent segments form a new segment, if the new increase of heterogeneity is minimum and below a specified level. The heterogeneity is assumed to be a compromise between homogeneity in spectral domain (e.g. reflectance values on several wavelengths) and spatial domain of segments is possible. Homogeneity in spectral domain is defined by a channel dependent weighted standard deviation. By definition the homogeneity of shape considers: - the ratio of an object's border length to the object's total number of pixels (compactness); - the ratio between the object's border length to the length of the object's bounding box (smoothness). Compactness has a minimum value for a square. Smoothness has a minimum value if the object borders are not patchy.

In LSMA the mixed pixels (particularly those at the border areas) in the image are expressed as linear combinations of the respective spectra of basic land cover types presented in the image. In this case the measured spectral reflectance r, for every image pixel in any band, can be modeled as follows:

(1)
$$r_{\Sigma}(\lambda_{i}) = p_{1}r_{1}(\lambda_{i}) + p_{2}r_{2}(\lambda_{i}) + \dots + p_{m}r_{m}(\lambda_{i}) + \varepsilon = \sum_{j=1}^{m} p_{j}r_{j}(\lambda_{i}) + \varepsilon$$

where **p** is the fraction cover, **r** for the pure component reflectance, λ is wavelength and ε is an error term.

Applying the Eq. (1) we aim:

- ✓ To calculate pure end-member reflectance and given the end-member fractions;
- ✓ To derive end-member fractions and given the pure components reflectance.

Purposely dividing the known land cover proportions derived from the data with high spectral resolution into two data sets – the first one is used for unmixing model creation and the second one is for validation. For the initial research synthetic mixed pixel spectra compiled from in situ measured spectra of ore minerals, embedding ricks, bare soil, pure water and green grass were used for validation.

Three types of data were used in this study: satellite – TM/ETM+ orthocorrected (Fig.1.); aerial – survey made by EUROSENSE in 2006 (Fig.2.); in-situ – gathered by means of TOMS by the authors (Fig.3.).



Results and discussion

In figures below results of in-situ measurements and related satellite data are shown. Figure 4 presents reflectance spectra of embedding rocks – two types of dolomite. Spectra are obtained in-situ by field spectrometer TOMS designed and constructed in Remote Sensing Systems Department [3]. Figure 5 shows spectral reflectance curves of pyrite and chalcopyrite as laboratory data adjusted to Landsat TM/ETM+ channels.





In Figure 6 the ratios of laboratory data for soils (\bullet) and minerals and TM ratios for soils (\circ), manmade materials and vegetation are shown.



In Figure 7 the minor overlapping of two areas (open pit mine and slag dump) show that two end-members are easily recognized. The values for dump slag were used in process of unmixing before the sub-pixel mapping was done.



eCognition

In the table below varying with one of the essential parameters (scale) for the segmentation process different number of continuous regions was achieved. The closest to the reference (manmade segmentation) was produced with value 85 of this parameter. This result could be interpreted only quantitatively since notion about the shape and areas of these regions could be obtained only by direct layering of the resulting images.

			Number of	
	Scale param.	Shape factor	Compactness/ Smoothness	regions
1.	70	0.1	0.5/0.5	295
2.	75	0.1	0.5/0.5	258
3.	78	0.1	0.5/0.5	241
4.	80	0.1	0.5/0.5	228
5.	85	0.1	0.5/0.5	208
6.	90	0.1	0.5/0.5	182

Table 1. Varying of scale parameter

Conclusions

As conclusions of this works we could mentioned:

- ✓ Implementing the LSMA on the data it was improved the smoothness of segments
- ✓ In our specific task we found the correct proportion for the boundary pixels between the slag and the water and between the slag and the surrounding agricultural areas
- ✓ The surfaces of the dumps was determinate correctly
- ✓ The better segmentation allowed us to assess the environmental impact of the dumps on the surrounding areas (segments)
- The dynamics of the segments during the years helped in monitoring the rate of reclamation activities for the dump sites

References:

- 1. A comparison of the performance of pixel-based and object-based classifications over images with various spatial resolutions, Y. Gao, J.F. Mas, Geographic object based image analysis for the 21, 5-8 Aug 2008 Calgary, Canada
- 2. http://www.ecognition.com/document/agricultural-parcel-detection-definiens-ecognition
- 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. 2005. Thematically oriented multichannel spectrometer (TOMS). Aerospace Research in Bulgaria, No. 20, 51 54.

14 ГОДИНИ ИЗМЕРВАНИЯ С УЛТРАВИОЛЕТОВ СКАНИРАЩ СПЕКТРОФОТОМЕТЪР "ФОТОН-2"

Димитър Кръстев, Богдана Мендева

Институт за космически и слънчево-земни изследвания – Българска академия на науките e-mail: krastev @gbg,bg

Ключови думи: ултравиолетово излъчване на Слънцето, общо съдържание на озона, наземни спектрофотометрични измервания

Резюме: В настоящия доклад е представено описанието и принципа на работа на ултравиолетовия сканиращ спектрофотометър "Фотон-2", базиран във Филиала на ИКСИ-БАН в гр.Стара Загора. Уредът измерва директната слънчева радиация в диапазона 255 – 400 nm със стъпка 1 nm. От получените ултравиолетови спектри се определя общото съдържание на озона (ОСО) чрез използване закона на Буге-Ламберт. Показани са резултати за ОСО над България, получени с "Фотон-2", както и сравнението им със спътникови данни (GOME, TOMS-EP).

14 YEARS OF MEASUREMENTS WITH THE PHOTON-2 ULTRAVIOLET SCANNING SPECTROPHOTOMETER

Dimitar Krastev, Bogdana Mendeva

Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: krastev@gbg,bg

Abstract: This paper presents the description and the operation principle of the Photon-2 ultraviolet scanning spectrophotometer based at the Stara Zagora Department of the SSTRI-BAS. The instrument measures the direct solar radiation in the range 255–400 nm with 1 nm resolution. The total ozone content (TOC) is determined from the obtained ultraviolet spectra, applying the Bouguer-Lambert law. Results for TOC over Bulgaria obtained with Photon-2 are presented and compared to satellite data (GOME, TOMS-EP).

Увод

Изследванията върху озона започват в първите две десетилетия на XX век. Интересът е предизвикан вследствие развитието на молекулярната спектроскопия. Определени са сеченията на поглъщане на различни газове и на първо място на кислорода. Намерено е, че триатомната молекула на кислорода – озонът, има много силна ивица на поглъщане в диапазона 200 – 300 nm. Още тогава става ясно, макар и не напълно, че озонът поглъща опасната за живота на Земята слънчева ултравиолетова радиация. В Оксфорд, Великобритания през 1924 г. започват първите редовни измервания върху общото количество на атмосферния озон. У нас изследванията на озона започват през 60-те години под ръководството на проф.Румен Божков.

Интересът към темата "озон" взривно нараства след 1985 г. Това става, след като английските учени Фармър, Гардинър и Шанклин съобщават, че по данни от английската антарктическа станция Холи Бей озоновият слой над Антарктида е силно изтънял. След тази публикация американските учени преразглеждат данните, получени от метеорологичния спътник NIMBUS и установяват, че озоновата депресия над Антарктида се "усеща" още през 1975 г.

По-късно, след 1997 г. е констатирано, че озоновата депресия се появява и над Арктика, в началото на пролетта над северното полукълбо. Установено е, че "пропукването на озоновия щит" се наблюдава и над Европа и въобще – и над средни ширини. Намерено е, че фреоните, които масово се емитират в атмосферата от различни клонове на индустрията са основните причинители на озоновата депресия.

Други фактори могат да бъдат полетите на авиацията в горната част на тропосферата и в стратосферата, стартовете на различни ракети, а вероятно и други човешки дейности.

Констатирани са вече ефекти от изтъняването на озоновият слой. Така например, изследователи свързват ежегодната силна тенденция в нарастването на броя на заболелите от рак на кожата в Австралия, с "дупката" над Антарктида. Предполага се, че вследствие на нея, слънчевата ултравиолетова радиация прониква с по-висока интензивност до земната повърност и предизвиква това заболяване.

Днес могат да се очертаят следните нерешени проблеми при изследването на озона:

- 1. В глобален мащаб:
- морфологични до каква степен (по време и пространство) се появява "петниста структура" в озона на средни ширини;
- какъв е характерният размер на петната ?;
- други механизми за антропогенно въздействие (освен фреоните и полетите на авиацията и космонавтиката) върху озоновия слой;
- връзки между промените в общото количество на озона и неговото вертикално разпределение;
- връзки с промените на климата;
- до каква степен сегашната химична замърсеност на атмосферата с различни замърсители ще послужи за бъдещото разрушаване на озона.
- 2. В регионален мащаб:
- има ли устойчива тенденция в намаляването на озоновото съдържание над България и над Балканите ?
- връзка на локалните и регионални промени с глобалните промени в озона.

Апаратура и метод на измерване

През последните 14 години във Филиала на ИКСИ–БАН в Стара Загора се натрупа доста опит в работата по проблемите на озона – както в инструментално отношение, така и по обработката на наземни и спътникови данни. Основният уред който се използва е ултравиолетов сканиращ спектрофотометър (УСС) "Фотон-2".

Уредът е съвместна разработка на специалисти от Централната лаборатория по слънчевоземни въздействия (сега Институт за космически и слънчево-земни изследвания) и Института по астрономия – БАН. В процес на експлоатация е от 1997 г.

Уредът е предназначен за измерване на директната слънчева ултравиолетова радиация, което налага прецизно следене на Слънцето. В качеството на слънчево-следяща система се използва паралактичната установка за водене на телескопа във Филиала на ИКСИ в Стара Загора.

УСС "Фотон-2" се състои от 4 основни блока:

- Блок "Датчик";
- Блок "Управление";
- Блок "Захранване";
- Персонален компютър.

Накратко ще бъдат разгледани състава и принципа на работа на отделните блокове.

1. Блок "Датчик".

Според оптичната си схема уреда представлява модифициран Сейа-Намиока монохроматор.Полезрението на уреда се определя от обектив и входен процеп. Преминаващата през тях светлина попада на сферично вдлъбната холографска дифракционна решетка. Диспергираната светлина попада на изходния процеп, който отделя монохроматична светлина, регистрираща се от фотоумножител, работещ в режим на броене на фотони. Сканирането по спектъра се осъществява чрез завъртането на дифракционната решетка на определен ъгъл, с център на въртене, съвпадащ с центъра на сферичната повърхност. Необходимата точност на завъртване на решетката се осъществява от прецизен сканиращ механизъм. Стъпките на сканиране са 144 в спектралния диапазон 255 – 400 nm с разделителна способност 1 nm и точност на позициониране 0.2 nm.

Дифракционната решетка, производство на фирмата "Jobin-Yvon" е вдлъбната с радиус на кривината 224 мм, брой на штрихите – 1200/мм и покритие AI+MgF₂.

Фотоелектронният умножител е с катод от MgF_2 и има диапазон на спектрална чувствителност от 150 до 400 nm.

2. Блок "Управление".

Това е основният блок на спектрофотометъра, който осъществява цялостното управление на уреда, обработката и предаването на получената информация от измерванията. Получените от фотоумножителя импулси се усилват и дискриминират с цел да се премахнат паразитните импулси от тъмновия ток. Тези импулси се подават на броячен възел с капацитет 16777215 импулса. Така получената информация се прочита от микроконтролера на системата, който я формира във файл от данни, съгласно зададения режим на работа. Освен това микроконтролерът чете текущата позиция и управлява стъпковия двигател на сканиращия механизъм на дифракционната решетка. За целта са предвидени датчици за начало и край на цикъла, както и датчик на стъпката.

3. Блок "Захранване".

Чрез този блок се осигуряват всички захранващи напрежения, необходими за работата на отделните блокове на УСС "Фотон-2".

4. Персонален компютър.

Получените от измерването данни се прехвърлят от блок "Управление" в персоналния компютър по асинхронна линия (RS-232). За управлението на режимите на работа на УСС "Фотон-2" и трансфера на данни е разработен програмният продукт SDM (**S**pectrophotometer **D**ata **M**anager). Режимите на работа на УСС "Фотон-2"са следните:

- Непрекъснато сканиране по спектъра. В този режим се сканират всичките 144 позиции на дифакционната решетка.

- Избирателно сканиране. Дава се възможност да се зададе спектрален диапазон на измерване като се укаже началната и крайната позиция. Като частен случай може да се използва за сканиране на фиксирана дължина на вълната.

На фиг. 1 е показана типична крива от необработените данни от УСС "Фотон-2", а на фиг. 2 – директен слънчев спектър, получен след обработката на данните с калибровъчната характеристика.



Фиг. 1. Типична крива от необработените данни от УСС "Фотон-2"



Фиг. 2. Директен слънчев спектър при зенитен ъгъл на Слънцето z = 40°

За определяне на общото съдържание на озона (ОСО) по поглъщането на прякото слънчево лъчение в определени участъци от спектъра използваме закона на Bouguer-Lambert. Той описва отслабването на слънчевия лъч с дължина на вълната λ при неговото преминаване през земната атмосфера:

(1)
$$I(\lambda) = I_0(\lambda) e^{-\alpha(\lambda) d \sec(z)}$$

Тук $I(\lambda)$ е интензитетът на слънчевото излъчване с дължина λ , измерен на земната повърхност, $I_0(\lambda)$ – съответното лъчение, измерено на границата на земната атмосфера, z - зенитното отстояние на Слънцето, d - дължината на пътя на слънчевия лъч в атмосферата, $\alpha(\lambda)$ – общият коефициент на отслабване на излъчването в атмосферата, който е сума от коефициентите на поглъщане на озона, релеевското и µ-разсейването. За да се доведат до минимум грешките, свързани с неточното определяне на молекулярното разсейване, ние използваме 20 двойки дължини на вълни.

УСС "Фотон-2" е калибриран в Солун, Гърция. Направено беше сравнение между данните, получени от УСС"Фотон-2" и спътникови данни от уреда GOME, монтиран на спътника ERS-2 за периода 1999–2003 г. и от уреда TOMS за периода 1999–2005 г. (Фиг. 3). Наблюдава се добра корелация между получените резултати.



Фиг. 3. Вариации на ОСО, измерени с УСС"Фотон-2" (◊) показани заедно с данни от (а) GOME на спътника ERS-2 (•) за периода 1999 – 2003 г. и с данни от (b) TOMS (•) за периода 1999 – 2005 г.

Литература:

- 1. G o g o s h e v, M., B. P e t k o v, T s. G o g o s h e v a. Measuring the spectrum of the biological active UV radiation and specifying the total ozone content. Bulg.Geophys.Journal, v.XX, 4, 1994, 33.
- 2. К р ъ с т е в, Д., Б. П е т к о в, Б. К о м и т о в, Ц. Г о г о ш е в а. Ултравиолетов сканиращ спектрофотометър "Фотон-2". Режими на работа. Характеристики. Сборник доклади на Четвъртата национална конференция по основни проблеми на слънчево-земните въздействия, София, 1997, 65.

ОБЩОТО СЪДЪРЖАНИЕ НА ОЗОНА НАД БЪЛГАРИЯ

Богдана Мендева, Димитър Кръстев

Институт за космически и слънчево-земни изследвания – Българска академия на науките e-mail: bmendeva@abv.bg

Ключови думи: общо съдържание на озона (ОСО), спътникови и наземни измервания, годишен ход на ОСО.

Резюме: Представен е ходът на общото съдържание на озона (ОСО) над България в периода 2003-2009г.За целта са използвани данни от SCanning Imaging Absorption SpectroMeter for Atmospheric CHartographY (SCIAMACHY) на борда на спътника ENVISAT (ESA), както и такива от наземните измервания, направени със спектрофотометъра «Фотон-2» във Филиала на ИКСИ в Стара Загора. Проследени са вариациите на ОСО през различните сезони.

THE TOTAL OZONE CONTENT OVER BULGARIA

Bogdana Mendeva, Dimitar Krastev

Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: bmendeva@abv.bg

Abstract: The course of the total ozone content (TOC) over Bulgaria in the period 2003–2009 is presented. For the purpose, data from the SCanning Imaging Absorption SpectroMeter for Atmospheric CHartographY (SCIAMACHY) on board the ENVISAT (ESA), as well as from the ground-based measurements performed with the Photon-2 spectrophotometer at the Stara Zagora Department of the SSTRI are used. The TOC variations in the different seasons are studied.

Увод

Важността на връзката между общото съдържание на озона (ОСО) в земната атмосфера и количеството слънчева ултравиолетова радиация (УВР), достигаща до земната повърхност, стимулира изследванията в тази област, особено след установеното в последните десетилетия забележимо намаление на озоновия слой и свързаното с това увеличение на опасната за биосферата УВР. В редица публикации [1, 2, 3] не само качествено се анализира, но и количествено се оценява влиянието на озоновото съдържание върху УВР, която прониква през атмосферата и достига до земната повърхност. Това е от значение, особено за гъсто населените области от Земята, каквито са средните ширини.

От друга страна се разглежда ролята на озона за топлинния баланс и температурната структура на земната атмосфера, значението му като трасираща частица и като важен участник във фотохимичните процеси [4,5]. Затова през последните години активно се следи динамиката на атмосферния озон чрез измерването му както от наземни инструменти, разположени в голям брой станции по цялата Земя, така и от уреди на борда на изкуствени спътници.

Апаратура и методи

За измерване и изследване на времевите вариации на ултравиолетовото излъчване, достигащо до земната повърхност, и общото съдържание на озона (ОСО) в атмосферата се използва сканиращият спектрофотометър "Фотон-2" [6]. Той регистрира спектри от директно Слънце в диапазона 255–400 nm с разрешение 1 nm. Датчикът представлява Seya-Namioka монохроматор с вдлъбната дифракционна решетка, свързана със стъпков двигател, чрез който става сканирането по спектъра. За фотоприемник се използва фотоелектронен умножител, чувствителен в УВ част на спектъра. Датчикът на спектрофотометъра е монтиран на слънчевоследящата система на телескоп. Това осигурява висока точност на насочване на уреда към Слънцето и постоянно осветяване на входния процеп по време на сканиране по спектъра. Полезрението на уреда е (0.1x5)°. Времето за сканиране на посочения диапазон е 140 s. Системата се управлява от микропроцесор и данните се записват в РС. Калибровката е направена с живачна лампа и чрез интеркалибровка с еталонен Brewer спектрофотометър в Гърция и Норвегия.

Методиката за определяне на общото съдържание на озона е подобна на тази, която се използва при класическите Brewer спектрофотометри. ОСО се определя от директни слънчеви спектри чрез използване закона на Bouguer-Lambert за отслабване на радиацията при преминаването и през земната амосфера и различното поглъщане на отделните дължини на вълните от озоновите молекули. Ние, обаче, използваме интензитета на много повече двойки дължини на вълни (около 20). С това се повишава точността на определяне на общото съдържание на озона, която по тази многовълнова методика е 5% [7].

SCIAMACHY (SCanning Imaging Absorption SpectroMeter for Atmospheric ChartographY) на борда на спътника ENVISAT (ESA) е спектрометър, който провежда глобални измервания на различни trace gases в тропосферата и стратосферата. Данните са получени от апаратурата чрез наблюдение на пропуснатата, обратно разсеяната и отразената радиация от атмосферата в интервала дължини на вълните между 240 nm и 2400 nm. В режим "надир" е наблюдавано глобалното разпределение (стойностите на общото съдържание) на атмосферните trace gases, включително озона.

Анализ на данните и резултати

В тази работа е изследвана динамиката на общото съдържание на атмосферния озон над България чрез използване на данни от измерванията на спектрометъра SCIAMACHY на борда на спътника ENVISAT, като и на наземния спектрофотометър "Фотон-2" в Стара Загора в периода 2003–2009 г.



Фиг. 1. Средномесечни стойности на озона в периода 2003-2009 г. по данни от SCIAMACHY

На фиг.1 са представени годишните вариации на ОСО за периода 2003–2009 г. чрез средномесечните стойности на озона по данни от SCIAMACHY. Ясно личи сезонният ход на озоновото съдържание, който се проявява със стръмен максимум през пролетта и полегато намалява до минимум през есента. Този сезонен ход не съответства на разпределението на лъчистата енергия на Слънцето през годината. Той се отличава от хода и на други атмосферни параметри като температура, влажност, налягане на въздуха, които на всички височини следват с малко закъснение хода на слънчевата радиация.

Експерименталните данни показват, че в разглеждания период има тенденция на лек спад в общото съдържание на озона над България. Може да се забележи и една квазидвугодишна периодичност в амплитудите на озоновите максимуми. Например, през 2003, 2005, 2007 и 2009 г. тези амплитуди са по-големи, отколкото през 2004, 2006 и 2008 г.



Фиг. 2. Средномесечни стойности на озона в периода 2003-2009 г. по данни от SCIAMACHY (•) и "Фотон-2" (•)



Фиг. 3. Средномесечни стойности на озона за м. март (♦) и м.септември (▲) в периода 2003-2009 г. по данни от SCIAMACHY

Фиг. 2 показва средномесечните стойности на озона за периода 2003–2009 г. по данни от SCIAMACHY и спектрофотометъра "Фотон-2". Вижда се, че има сравнително добро съвпадение между спътниковите и наземните данни.

Използвайки данните от SCIAMACHY, ние проследяваме вариациите на ОСО през отделните месеци на разглеждания период. Флуктуациите на озона през зимата и пролетта са по-големи, отколкото през лятото и есента. Това би могло да се дължи на по-голямата динамика на земната атмосфера през пролетта, чрез която се осъществява както пренос на озон, така и смесване и промяна в основните компоненти на атмосферата. Последното пък води до промяна във фотохимията на озона и съответно до изменение на общото му съдържание. На фиг. 3 е показан ходът на средномесечните стойности на озона за тези месеци от разглеждания период, когато флуктуациите са най-големи (март), и когато те са най-малки (септември).

Литература:

- E f s t a t h I o u, M., C. V a r o t s o s, K. Ya. K o n d r a t y e v. An estimation of surface ultraviolet radiance during an extreme Total Ozone minimum. Journal of Meteorology and Atmospheric Physics, 68, pp.171-176, 1998.
- 2. M a d r o n l c h, S., R. L. M c K e n z l e , M. M. C a l d w e l l , L. O. B j o rn . Changes in ultraviolet radiation reaching the earth's surface. Ambio, 24, pp.143-152, 1995.
- 3. C h a n d r a, S., C. V a r o t s o s, L. E. Flynn. The mid-latitude total ozone trends I the northern hemisphere. Geophysical Research Letters, 23, pp. 555-558, 1996.
- 4. K o n d r a t y e v, K. Ya., C. A. V a r o t s o s. Atmospheric greenhouse-effect in the context of global climatechange. Nuovo Cimento C, 18, pp. 123-151, 1995.
- 5. St e i n b r e h t, W., H. Claude, U. Kohler , K. P. Hoinka. Correlation between tropopause height and total ozone: Implications for long-term changes. Journal of Geophysical Research, 103, pp. 19183-19192, 1998.
- 6. G o g o s h e v, M., B. P e t k o v, I. N e d k o v, T s.. G o g o s h e v a. A scanning spectrometer for the measurements of the solar UV radiation, the ozone and other small components of the atmosphere. Compt. Rend. Acad. Bul. Sci., 47, pp 39-42, 1994.
- 7. P e t k o v, B., T s. G o g o s h e v a, D. Kr a s t e v. Measurements of the total ozone content over Bulgaria by scanning ultraviolet spectrometer. Compt. Rend. Acad. Bul. Sci., 54, N 7, pp. 35-38, 2001.

SPECTRAL REFLECTANCE TECHNIQUE FOR DETECTION OF VIRAL INFECTIONS IN TOMATO PLANTS (*LYCOPERSICON ESCULENTUM L.*)

Dora Krezhova¹, Dimitrinka Hristova², Tony Yanev¹

¹Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences ²Plant Protection Institute - Ministry of Agriculture and Food e-mail: dkrezhova@stil.bas.bg

Keywords: spectral reflectance, viral infection, Tomato mosaic virus (ToMV), DAS-ELISA

Abstract: Spectral reflectance technique was applied to assess the influence of viral infection and some growth regulators on tomato plants (Lycopersicon esculentum L.) inoculated with Tomato mosaic virus (ToMV). Spectral measurements were provided on young plants, Newton cultivar, resistant to ToMV. The plants were grown in a greenhouse under controlled conditions. Leaf reflectance was collected by a portable USB2000 fibre-optic spectrometer in the visible and near infrared spectral ranges (450-850 nm). The analyses were performed on six groups of plants: healthy (control), inoculated with ToMV, and treated with four growth regulators - Spermine preparation; MEIA (beta-monomethyl ester of itaconic acid); BTH (benzo(1,2,3)thiadiazole-7-carbothioic acid-S-methyl ester) and Phytoxin VS, and then inoculated with ToMV. Comparative analysis of the results from the leaf spectral reflectance and viral concentrations in the leaves determined by the Double antibody sandwich enzyme-linked immunosorbent assay (DAS-ELISA) serological method was carried out. The statistical significance of the changes in the leaf reflectance spectra of treated plants against the control was established using the Student's t-criterion.

ОТРАЗЕНА СПЕКТРАЛНА РАДИАЦИЯ КАТО МЕТОД ЗА ОТКРИВАНЕ НА ВИРУСНИ ИНФЕКЦИИ В ДОМАТЕНИ РАСТЕНИЯ (LYCOPERSICON ESCULENTUM L.)

Дора Крежова¹, Димитринка Христова², Тони Янев¹

¹Институт за космически и слънчево-земни изследвания - Българска академия на науките ²Институт за защита на растенията - Министерство на селското стопанство и храните e-mail: dkrezhova@stil.bas.bg

Резюме: Дистанционният метод на отразена радиация е приложен за оценка на влиянието на вирусни инфекции и на някои растежни регулатори върху доматени растения (Lycopersicon esculentum L.) заразени с вируса на доматената мозайка (ToMV). Спектралните измервания са проведени върху млади растения от сорт Нютон, който е устойчив на ToMV. Растенията са отгледани в оранжерия при контролирани условия. Отразената от листата радиация е получена с преносим спектрометър с влакнеста оптика USB2000 във видимата и близката инфрачервена спектрални области (450-850 nm). Анализите са извършени върху шест групи растения: здрави (контрола), заразени с ToMV, и обработени с четири регулатори на растежа - препаратите Spermine; MEIA (beta-monomethyl ester of itaconic acid); BTH (benzo(1,2,3)thiadiazole-7-carbothioic acid-S-methyl ester) и Phytoxin VS, а след това заразени с ToMV. Проведен е сравнителен анализ на резултатите, получени по метода на спектралното отражение и вирусните концентрации в листата, определени по серологичния метод DAS-ELISA за анализ и доказване на растителни вируси. Статистическата значимост на промените в спектрите на отражение на листа от третираните растения спрямо контролната група е определена чрез използване на критерия на Стюдънт.

Introduction

Great economic losses occur worldwide due to the viral plant diseases. Losses are often more insidious, frequently less conspicuous and therefore go unnoticed and untreated. The tomato *(Lycopersicon esculentum L.)* is one of the most widely grown vegetable food crops in the world [1].

Because of its importance as food, tomato has been bred to improve productivity, fruit quality, and resistance to biotic and abiotic stresses. Tomato has been widely used not only as food, but also as research material. The tomato plant has many interesting features such as fleshy fruit, a sympodial shoot, and compound leaves, which other model plants (e.g., rice and Arabidopsis) do not have [2]. Tomato is considered a heavy feeder of micronutrients and boron in particular is important for its growth, fruit set, and disease resistance [3]. Damage to tomato plants is especially important in case of virus transmission.

Diseases caused by Tomato mosaic virus (ToMV) are among the most important factors limiting not only tomato production but they can cause epidemics in many crops and completely destroy the yield [4]. The virus is seed-borne. Infested tomato seeds can be the source of infection and the means by which the virus can be disseminated over large distances. Only a few seedlings need to be infected for the rapid spreading of the virus. Symptoms can be found during any growth stage and all plant parts are affected. Generally, infected with ToMV plants have a light or dark green mottling or mosaic with distortion of younger leaves, and stunting to varying degrees (Fig. 1). Symptoms are influenced by environmental conditions such as daylength, temperature, and light intensity as well as by variety, plant age at infection, and virulence of ToMV strain. The virus is quite stable under adverse environmental conditions and can persist in plant debris in dry soil for 2 years or in moist soil for 1 month or in root debris in fallow soil for 22 months. It can also persist in greenhouse structures for long periods of time [5]. On susceptible cultivars, symptoms may range from severe to none.

Various synthetic and biological compounds have been described of being capable of controlling a large variety of plant diseases without displaying a direct antibiotic effect themselves. These substances are called inducers, based on their ability to induce resistance in the treated plans. Both biologically as well as chemically induced resistance against pathogen attack have been described for many plant species against a wide variety of pathogens ranging from oomycetes, fungi, bacteria to viruses [6-8]. Both types of induction share similarities at the phenotypic level, such as a hypersensitive response, trailing necroses, wall strengthening in form of papillae and lignification, and at the molecular level, where a similar set of genes has been observed to be induced. These genes are termed SAR (systemic acquired resistance) genes and their expression depends on salicylic acid (SA). Chemical inducers of resistance seem to enter at different points in defence pathways. The most thoroughly investigated chemical inducers are those interfering with the SA pathway, such as growth regulators BTH (benzo(1,2,3)thiadiazole-7-carbothioic acid-S-methyl ester), MEIA (beta-monomethyl ester of itaconic acid), Spermine (derivative of putrescine (1,4-diaminobutane)) and Phytoxin SV. They have been described as having effect on various plant diseases because they can induce SAR without the plant-pathogen interaction [9, 10].

Remote sensing techniques from ground to satellite platform have proven to be very effective to monitor insect infestation and disease epidemic in agricultural crops and other plants within a given growth condition [11]. Many studies have shown that the basis for distinguishing healthy and stressed plants using optical remote sensing technique is their differences in reflectance in different spectral regions [12-14]. Healthy plant often has a high reflectance in the near-infrared (NIR) region determined by cellular and subcellular structures and a low visible (VIS) reflectance due to strong pigment absorption [15]. Changes in pigment concentrations as well as internal leaf structure are strongly related to the physiological status, and consequently, spectral features of plant [12, 16]. Leaf spectral reflectance differences between healthy and diseased plants give a possibility for early, efficient and objective confirmation of health and evaluation of plant responses to different stress factors and diseases. The detection of viruses in plants involves destructive sampling followed by testing by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) and/or reverse transcription-polymerase chain reaction (RT-PCR).

In this study, we have investigated the responses of tomato plants (*Lycopersicon esculentum L.*), cv. Newton, to infection by Tomato mosaic virus and the influence of resistance inducers applied over the infected plants by making use of a non-invasive remote sensing technique, spectral reflectance measurements, in the VIS and NIR spectral ranges. The degree of the infection and its incidence to plants were determined by the serological method *Double antibody sandwich enzymelinked immunosorbent assay* (DAS-ELISA) by which the concentration of the ToMV was assessed. Four resistance inducers (BTH, MEIA, Spermine and Phytoxin VS) were examined for their efficacy in controlling the viral infection in tomato plants.

Plant material

Tomato plants (*Lycopersicon esculentum L.*) were grown in a greenhouse under control conditions (temperature 24-26°C and 16 h light/ 8 h dark photoperiod). The seeds were sowed and after germination were partitioned into six groups. The plants from the first group were not treated

(control plants). The plants from the second group at stage 4-6 expanded leaf were inoculated with ToMV by following the Noordam method [17]. As infection source tomato leaves of cultivar Ideal infected by race 0 of ToMV were used. The third group was treated by preparation Phytoxin VS at concentration 0.25 %. After the tomatoes were pulverized three times every ten days, they were inoculated by ToMV as the plants of the second group. The rest three groups were treated just a single time with resistance inducers: Spermine, MEIA and BTH. On the next day inoculation with ToMV according to Noordam was made. Fig. 2 shows some of the investigated leaves from the first three groups of plants – control, inoculated with ToMV and treated with preparation Spermine.



Fig.1. Tomato mosaic virus on greenhouse plants



Fig. 2. Investigated tomato leaves from healthy (1), ToMV (2) and Spermine (3) groups

Methods

Leaf Spectral Reflectance

Spectral reflectance was collected by using an Ocean Optics USB2000 spectrometer in the VIS and NIR spectral ranges (450-850 nm) at 1170 spectral wavebands [18]. As a source of light a halogen spectral lamp, providing homogeneous illumination of the measured areas 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 the interval. Spectral measurements were performed on 7th and 14th day after the inoculation with ToMV on by twenty detached leaves as from uninfected as well as from infected plants.

Serological method

The viral concentrations in the plants were determined by the serological method Double antibody sandwich enzyme-linked immunosorbent assay (DAS-ELISA). The samples for DAS-ELISA were taken 14 days after the inoculation. The analysis was made using a ELISA kit for ToMV, LOEVE (Biochemica GmbH Sauerlash, Germany). The reaction was recorded by a spectrophotometer ELISA reader type Anthers 2010 at a wavelength of 405 nm. The effect of the used resistance inducers on the infection progress was assessed.

Statistical method

The Student's t-criterion was applied for analysis of the statistically significant differences at p<0.05 between the means of values of the reflectance spectra of uninfected (control) and virus-infected leaves at eight wavelengths: $\lambda_1 = 524.29$ nm, $\lambda_2 = 539.65$ nm, $\lambda_3 = 552.82$ nm, $\lambda_4 = 667.33$ nm, $\lambda_5 = 703.56$ nm, $\lambda_6 = 719.31$ nm, $\lambda_7 = 724.31$ nm, and $\lambda_8 = 758.39$ nm, disposed uniformly over the investigated spectral intervals.

Results and discussion

The average SRC over all measured areas of the six groups of tomato plants on the 7th day after the inoculation with ToMV are shown in Fig. 3. The analysis of reflectance data was performed in four spectral ranges: green (520-580 nm), red (640-680), red edge (690-720 nm) and NIR (720-780 nm) in which the differences between SRC were most significant.



Fig. 3. Averaged SRC of six groups of tomato plants on the 7th day after the inoculation with ToMV

It is observed that the averaged SRC for the six groups of plants differed insignificant. Differences were manifested in the ranges of maximal chlorophyll reflectance to minimal absorbance and NIR. The increase of SRC values with respect to control in the cases of treatment with ToMV and the growth regulators Spermine and MEIA was fined in spectral range 500-650 nm while in the NIR SRC values decreased. These changes were due to the presence of a little quantity of viruses in the leaves what caused the reduction of pigment content, the chlorophyll content decreased. The effect of the other two growth regulators on the spectral properties of the leaves was the opposite. The leaves were more dark green then control and the chlorophyll content increased.

The results of application of the Student's t-criterion for the data collected on the 7th day after the inoculation with ToMV are displayed in Table 1. Statistically significant differences between data pairs of the control and infected plants at p<0.05 were established only in single wavelengths for all cases.

Pairs	Control	То	MV	Spermine		MEIA		BTH	Phytoxin VS		VS
compared	mean	р	mean	р	mean	р	mean	р	mean	р	mean
λ ₁ / λ _{1c}	13.67	0.033	14.60	0.040	14.65	0.236	14.09	0.678	13.53	0.060	13.00
λ_2 / λ_{2c}	18.36	0.079	19.24	0.069	19.32	0.114	19.03	0.485	18.08	0.033	17.48
λ_3 / λ_{3c}	19.29	0.067	20.27	0.089	20.27	0,095	20.04	0.542	19.03	0.025	18.33
λ_4 / λ_{4c}	4.19	0.502	4.29	0.002	4.60	0.644	4.25	0.038	4.45	0.916	4.18
λ_5 / λ_{5c}	23.26	0.033	24.17	0.796	23.23	0.384	23.48	0.082	22.30	0.084	22.29
λ ₆ / λ _{6c}	44.26	0.127	43.33	0.003	42.33	0.919	44.32	0.007	42.83	0.197	43.46
λ ₇ / λ _{7c}	48.96	0.020	47.44	0.001	46.72	0.574	49.26	0.023	47.70	0.297	48.26
λ_8 / λ_{8c}	58.72	0.000	55.64	0.000	55.04	0.749	58.53	0.084	57.74	0.965	58.69

Table 1. p-values of the Student's t-criterion for pairs of the control and infected plants on the 7th day after the inoculation

The averaged SRC of the six groups of tomato plants on the 14th day after the inoculation with ToMV are shown in Fig. 4.



Fig. 4. Averaged SRC of six groups of tomato plants on the 14th day after the inoculation with ToMV

SRC of inoculated only with ToMV leaves shows again slightly higher values than control in the range 500-650 nm. This is because of the reduction of the green colour of the leaves. Visual changes for presence of the viral infection on the plants were not detected. The rest SRC are with reduced values as compared with control because of normalized growth owing to the applied preparations. The results from the Student's t-criterion for pairs of the control and infected plants are presented in Table 2.

Pairs	Control	То	MV	Spermine		MEIA		BTH	Phytoxin VS		VS
compared	mean	р	mean	р	mean	р	mean	р	mean	р	mean
λ_1 / λ_{1c}	13.04	0.060	14.01	0.003	12.32	0.003	12.32	0.000	11.23	0.000	11.42
λ_2 / λ_{2c}	17.96	0.072	18.85	0.003	17.14	0.001	17.19	0.000	15.84	0.000	16.03
λ_3 / λ_{3c}	18.90	0.009	19.7	0.003	18.07	0,013	18.13	0.000	16.73	0.000	16.92
λ_4 / λ_{4c}	3.87	0.399	3.95	0.782	3.84	0.501	3.79	0.007	3.55	0.003	3.52
λ_5 / λ_{5c}	22.50	0.070	23.4	0.000	20.61	0.004	21.48	0.000	19.72	0.000	21.1
λ_6 / λ_{6c}	45.36	0.085	44.5	0.037	44.34	0.45	45.77	0.000	43.73	0.062	44.4
λ ₇ / λ _{7c}	50.72	0.006	49.14	0.564	50.38	0.042	51.96	0.099	50.00	0.355	50.19
λ_0 / λ_0	61 57	0 000	58 24	0.017	63 73	0 000	65 26	0 000	63.88	0 452	62 14

Table 2. p-values of the Student's t-criterion for pairs of the control and infected plants on the 14th day after the inoculation

Statistically significant differences between the mean values of the data of control and plants treated only with ToMV were established at λ_3 and NIR region. Differences for SRC of plants sprayed with preparations Spermine, MEIA, BHT and Phytoxin VS against the control were significant for most wavelengths. The highest differences between SRC were found in the cases of treatment with BTH and MEIA.

The results from DAS-ELISA analysis on the 14th day post inoculation are displayed in Fig. 5. Extinction values do not show presence of viral infection from all six groups of plants which is a proof that the cultivar Newton is resistant to ToMV. They are near to the control (0.150 OD, optical density). Most higher are for the plants treated with growth regulators BTH and MEIA.

In summary it was found that the tomato plants, cv. Newton, were not infected with ToMV. On the 14th day the differences between SRC were statistically significant in more wavelengths than on the 7th day in the cases of treatments with the four resistance inducers owing to the stimulating effect on their growth.



Fig. 5. Influence of growth regulators at ToMV in tomato plants, cv. Nuton: 1 - Spermine, 2 - BTH, 3 - MEIA, 4 - Phytoxin, 5 - ToMV, 6 - control

The correlation between the DAS-ELISA extinction values and changes found by spectral reflectance technique indicate that this remote sensing method is sensitive, reliable and suitable for early diagnostics of virus infection.

References:

- 1. S e i s u k e, K. and N. S i n h a. Tomato (*Solanum lycopersicum*): A Model Fruit-Bearing Crop, Cold Spring Harb. Protoc.; 2008; doi:10.1101/pdb.emo105
- 2. S r i n i v a s a m u r t h y, A. A., S. M r u t h u n i y a, R. S i d d a r a m a p p a. Nutrition for Intensive Vegetable Production, Krishivikas Publications, Bangalore, 310 p., 2003
- 3. G u p t a, U. C. Boron Nutrition in Crops, Adv. in Agronomy, 31, pp. 273- 307, 1979
- 4. C e r k a u s k a s, R. Tomato mosaic virus (ToMV), AVRDC The World Vegetable Center, Publication 04-609, 2004
- 5. S z y n d e I, M. S., K. K o w a I cz y k and A. P a w e ł c z a k. Elimination of Tomato Mosaic Virus (ToMV) from Pepino (*Solanum muricatum*) Plants, Phytopathology, Poland, 49, pp. 57–63, 2008
- 6. G a I a I, M. A. Induction of systemic acquired resistance in cucumber plants against Cucumber Mosaic Virus by lacal Streptomyces strains, Plant Pathology J. 5 (3), pp. 343-349, 2006
- 7. L o o n, L.C. Systemic Induced Resistance: Mechanisms of Resistance to Plant Diseases, Eds Slusarenko A.J., Frazer R.S.S., van Loon L.S. Dordrecht: Kluwer, pp. 521–574, 2000
- 8. B u o n a u r i o, R, L. S c a r p o n i, M. F e r r a r a, P. S i d o t i, A. B e r t o n a. Induction of systemic acquired resistance in pepper plants by acibenzolar-S-methyl against bacterial spot disease, Euro J. Plant Pathology, 108, pp. 41–49, 2002
- A n f o k a, G. H. Benzo-(1,2,3)-thiadiazole-7-carbothioic acid S-methyl ester induces systemic resistance in tomato (*Lycopersicon esculentum. Mill cv. Vollendung*) to Cucumber mosaic virus, Crop Protection, 19, pp. 401-405, 2000
- 10. G e o r g i e v, G. Ts., L. I I i e v, E. K a r a n o v. Antidote effect of MEIA against chlorsulforon, Bulg. J. Plant Physiol., 22(3–4), pp. 66–73, 1996
- 11. M i r i k, M., G. J. Jr. Michels, S. Kassymzhanova-Mirik, N. C. Elliott, V. Catana, D. B. Jones, R. Bowling. Using digital image analysis and spectral reflectance data to quantify damage by greenbug (Hemitera: Aphididae) in winter wheat, Computers and Electronics in Agriculture, 51(1-2), pp. 86-98, 2006
- 12. M i r i k, M., G. J. Jr. M i c h e l s, S. K a s s y m z h a n o v a-M i r i k, N. C. E l l i o t t. Reflectance characteristics of Russian wheataphid (Hemiptera: Aphididae) stress and abundance in winter wheat, Computers and Electronics in Agriculture, 57(2), pp. 123-134, 2007
- 13. K r e z h o v a, D., E. K i r o v a I. I I i e v, T. Y a n e v. Assessment of the effect of salinity on the early growth stage of soybeam plants (Glycine max L.), International conference of Recent Advances in Space Technologies, IEEE Proceedings, pp. 397-402, 2009
- 14. K r e z h o v a, D. D., I. Ts. I I i e v, D. P., T. K. Y a n e v. Spectral remote sensing measurements for detection of viral infections in tobacco plants (Nicotiana tabacum L.), Web Conference "Fundamental Space Research 2009", (ISBN: 987-954-322-409-8), pp. 43-46, 2009
- Q i n, Ż., M. Z h a n g. Detection of rice sheath blight for in-season disease management using multispectral remote sensing. International J. of Applied Earth Observation and Geoinformation, 7(2), pp. 115-128, 2005
- 16. Y a n g , Z., M. N. R a o, N. C. E I I i o t t, S. D, K i n d I e r, T. W. P o p h a m. Differentiating stress induced by greenbugs and Russian wheat aphids in wheat using remote sensing, Computers and Electronics in Agriculture, 67(1-2), pp. 64-70, 2009
- 17. No or d a m, D., *Identification of plant virus methods and experiments*, Center for agriculture publishing and documentation, Wageningen, The Netherlands, 1973
- 18. http://www.OceanOptics.com
ИДЕНТИФИКАЦИЯ И КАРТОГРАФИРАНЕ НА РЕЛИКТНИТЕ КАМЕННИ ЛЕДНИЦИ В РИЛА ПЛАНИНА ЧРЕЗ ИЗПОЛЗВАНЕ НА АЕРОКОСМИЧЕСКИ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Александър Гиков, Петър Димитров

Институт за космически и слънчево-земни изследвания - Българска академия на науките e-mail: gikov@mail.space.bas.bg, petarkirilov@mail.bg,

Ключови думи: Рила планина, периглациален релеф, дистанционни методи

Абстракт: В доклада са представени резултатите от първия опит за картографиране на реликтните каменните ледници за цялата територия на Рила планина. Тези форми са материални свидетели на промените, които са настъпили в нашите високи планини в края на плейстоцена и началото на холоцена и са важен елемент от високопланинския периглациален морфоложки комплекс. Освен за възстановяване на палеоклиматичната обстановка, тяхното изучаване дава полезна информация и при опитите за моделиране на бъдещите изменения в природната среда, свързани с климатичните промени.

За идентификация на реликтните каменни ледници са използвани чернобели аероснимки и цветни изображения от сателитите QuickBird и SPOT. Създаден е ГИС слой, съдържащ 27 дешифрирани обекта. В атрибутивната база данни има морфометрична информация за всеки обект. Резултатите са представени във вид на карта и таблица.

IDENTIFICATION AND MAPPING OF THE RELICT ROCK GLACIERS IN THE RILA MOUNTAIN USING AERIAL AND SATELLITE IMAGES

Alexander Gikov, Petar Dimitrov

Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: gikov@mail.space.bas.bg, petarkirilov@mail.bg,

Keywords: Rila Mountain, Periglacial relief, Remote Sensing

Abstract: The paper presents the results from the first attempt to map the relict rock glaciers on the whole territory of the Rila mountain. These forms of the relief, material witnesses of the changes in our high mountains from the end of Pleistocene and the beginning of Holocene, are an essential element of the mountain periglacial morphological complex. In addition to the paleoclimatic reconstructions, the studies of relict rock glaciers contribute to the attempts for modelling the future environmental changes related with climate changes.

To identify relict rock glaciers, panchromatic aerial photos and colour images from QuickBird and SPOT were used. A GIS layer was created, which comprises 27 interpreted objects. The attributive data base contains morphometric information for each object. The results are presented in the form of a map and a table.

Въведение

Релефът в Рила е извървял дълъг път при своето развитие. Без съмнение най-голяма роля във високопланинския пояс е изиграл периодът, през който планината е била подложена на денудационната дейност на ледниците. След затоплянето в края на вюрма и началото на холоцена, те са се стопили и водеща морфообразуваща роля в този пояс придобиват периглациалните процеси. В резултат е образуван цял комплекс от периглациални форми [1, 2, 3, 4, 5]. Едни от тези форми са каменните (наричани още и скални) ледници.

Каменните ледници са положителни релефни форми, представляващи струпване на груби, неогладени скални блокове във формата на език, запълващ долината или серия от валове в основата на склона. При активните каменни ледници във вътрешността на скалния

блокаж се съдържа лед, който спомага за придвижването на наслагите. Скоростта на придвижване може да е от няколко сантиметра до над един метър годишно [6]. С механизма на това движение е свързана характерната морфология на каменните ледници, изразяваща се най-вече в стръмните им склонове и сложната система от напречни дъгообразни ридове и бразди по повърхността им. Като цяло каменните ледници наподобяват по форма глетчери, от където и идва името им.

Въпреки че през последните години изследванията на каменните ледници се увеличиха значително, образуването им все още може да се счита за дискусионен въпрос. Съществуват мнения, че те могат да се формират, както при периглациални условия, така и при затрупване с каменни късове на истински ледник в условията на неговата регресия. В първия случай това са т.нар. *каменни ледници с ледена циментация*, а при втория са такива с *ядро от лед* [7]. Тези, които са образувани при деградация на ледници обикновено имат по-продълговата форма и заемат дъното на циркус или трогова долина. Каменните ледници, разположени в подножието на скална стена, обикновено са по-широки и имат изпъкнала форма и са с периглациален произход.

При съвременните климатични условия в алпийския пояс на Рила планина активни каменни ледници не могат да се формират. В планината обаче се откриват множество реликтни каменни ледници. Независимо от това, че Рила планина е била обект на редица геоморфоложки проучвания, в които се обръща сериозно внимание на периглациалния релеф [1, 3, 4, 5], досега не е извършено инвентаризиране и картографиране на каменните ледници на територията на цялата планина. От една страна това се дължи на факта, че те са били определяни погрешно като каменни валове, каменни подкови и каменни езици, без да се изясни истинският им произход. От друга страна тези форми са разположени на труднодостъпни места и обхождането и картирането на цялата територия е свързано със значителен разход на време и средства. Каменните ледници могат успешно да се идентифицират и картографират чрез използване на дистанционни методи [8,9]. Целта на доклада е посредством дешифриране на изображения с висока пространствена разделителна способност да се запълни празнината в научното познание относно разпространението на тези форми в Рила планина.

За постигането на тази цел са изпълнени следните три задачи: подбор на подходящи изображения и тяхната предварителна обработка; визуална интерпретация; картографиране и инвентаризиране на идентифицираните обекти.

Подбор на изображения и предварителна обработка

За идентифициране на реликтните каменни ледници в Рила планина са използвани аеро-космически изображения с висока и свръхвисока пространствена разделителна способност, които покриват различна територия от планината (фиг.1). Основната част от тях са придобити и обработени от авторите във връзка с изпълнението на предишни задачи по изучаването на Рила планина чрез дистанционни методи [10, 11, 12].

Използването както на изображения заснети от самолет, така и на сателитни изображенияти има своите предимства и недостатъци. Орторектификацията на сателитните изображения е по-лесна, тъй като една отделна сцена покрива значителна площ. От друга страна, в планинските райони облачността е често явление, така че някаква част от сцената обикновено е покрита с облаци. Цената на сателитните изображения също не е в тяхна полза при сравнение със самолетните. Главното предимство на аероснимките е възможността за стереонаблюдение, което значително подобрява дешифрирането на всякакви релефни обекти. Недостатък е значително по-трудната им обработка при орторектификация.

Сцената от американския комерсиален сателит QuickBird представлява ивица с направление север – юг и ширина 15 km в централната част на планината (фиг.1). Изображението е заснето на 16 август 2007 г. и се отличава с високо дешифровъчно качество. Орторектифицирано е като единичен кадър, след което е извършена операция за сливане на панхроматичния канал със спектралните канали – *pan-sharpening*. Приложен е алгоритъмът Gram-Schmidt Spectral Sharpening в софтуера ENVI 4.6. Пространствената разделителна способност на цветното изображение е 0,6 m.

Аероснимките, използвани за идентификацията на каменните ледници в Рила, са заснети през юли 1988 г. с рамковата камера Wild RC-10. Камерата има фокусно разстояние 152,77 mm и размер на кадъра 23х23 cm. Орторектификацията им е извършена като се използват предимствата при обработката им като фотограметричен блок. Не всички кадри са обработени наведнъж като един блок, тъй като орторектификацията е правена в различни години за изпълнението на различни задачи.



Фиг. 1 Обхват на аероснимките от 1988 г. и сателитното изображение от 2007 г., използвани за идентифициране на реликтните каменни ледници в Рила планина

Използваните изходни материали също не са идентични. По-голямата част от блока е съставена от кадри, които представляват сканирани хартиени копия. Както е известно, при фотограметричната обработка за предпочитане е да се използват негативите, защото при тях параметрите на вътрешното ориентиране са еднакви с параметрите на камерата, докато при хартиените копия те се различават в някаква степен. Хартиените копия обаче са част от архивът, който съществува в секция Дистанционни изследвания и ГИС и бяха сканирани във връзка с изпълнението на задачите от договор с фонд НИ за изграждане на научна инфраструктура [13]. За един малък район в Мальовишкия дял на Рила планина бяха закупени сканирани негативи от ВТС – Троян с цел извършване на прецизна орторектификация и проследяване във времето на промените на земното покритие [11]. Общата площ, която покриват двата блока е над 880 km² (фиг.1). Освен чернобелите снимки от камерата Wild RC-10, за района на Седемте езера са използвани и кадри от многозоналната камера МКФ-6, заснети на 20 октомври 1977. Те не са орторектифицирани, а са ползвани само като източник за дешифриране.

Останалата част от Рила е покрита със сателитни изображения от SPOT с пространствена разделителна способност от 2,5 m. Въпреки значително по-малката резолюция, на тези изображения също е възможно да се идентифицират реликтни каменни ледници. Разбира се в местата, където са налице снимки с по-висока резолюция, те са използвани приоритетно.

Визуална интерпретация

За идентификацията на реликтните каменни ледници в Рила е приложено дешифриране чрез използването на основните преки дешифровъчни признаци, като форма, размер, рисунък и сянка, а също и косвени дешифровъчни признаци, като местоположение.

Формата е основен дешифровъчен признак [14, 15]. Като цяло може да се каже, че каменните ледници по-често се характеризират с издължена форма и неправилни очертания.

Каменните ледници като тримерни форми най-ясно се разпознават при стереонаблюдение. Реликтните каменни ледници запазват характерните морфологични белези на активните форми, но като цяло са с по-меки очертания и не толкова стръмни склонове. Постепенно между скалните блокове се натрупва ситнозем и се появява растителност. Тя до известна степен маскира морфологията на каменния ледник и може да затрудни неговото разпознаване. Стереонаблюдението се извършва чрез стереоскоп на хартиените снимки, където се разпознават реликтните каменни ледници, а оконтуряването им се извършва върху орторектифицираните изображения. Размерите на обектите от местността се използват като дешифровъчен признак в съчетание с тяхната форма. Размерите на реликтните каменни ледници в Рила планина са от порядъка на неколкостотин метра (Табл.1). Дължината им е между 100 и 800 m, а ширината им е от 100 до 575 m.

Сянката като дешифровъчен признак подпомага обемното възприемане на каменните ледници и в този смисъл допълва представата за формата. Чрез различното осветяване на северните и южни страни на каменните валове, които са характерни за морфологията на каменните ледници се улеснява разпознаването на тези форми.

Рисунъкът е сложен дешифровъчен признак, който свързва всички преки признаци. Той се определя от строежа, очертанията и взаимното разположение на обектите. С други думи, рисунъкът е отражение на хоризонталната ландшафтна структура. Реликтните скални ледници притежават специфична топография, която в съчетание с растителната покривка създава характерна мозайка в ландшафта. Тази особеност се наблюдава добре на аероснимки и се използва при картирането на ландшафтната структура [16].

Специфична особеност, по която може да се разпознае реликтния каменен ледник е наличието на лентовиден рисунък на растителността. Често лентите са с характерна извивка във формата на дъга (фиг.2 и фиг.4). Друга особеност, която е присъща за каменните ледници без растителна покривка е грапавата текстура на изображението, която се дължи на безразборно разхвърляните скални блокове. Тя се забелязва при увеличение на аероснимките и на сателитните снимки от QuickBird, но не винаги и затова не може да се използва като самостоятелен дешифровъчен признак, а само в комбинация с другите признаци, защото може да се допусне смесване със сипеите.

Местоположението е важен косвен дешифровъчен признак, по който може да се разпознаят реликтните каменни ледници. Каменните ледници винаги се намират в циркусите или в долините и в съседство със скални стени и сипеи.

Картографиране на реликтните каменни ледници

Тъй като използваните изображения са орторектифицирани, векторизирането на контура на всеки разпознат обект в ГИС среда позволява директно да се създаде слой с идентифицираните върху снимките каменни ледници. Заедно с оконтуряването на полигона в атрибутивната база данни (БД) е попълнена информация за морфометрията и местоположението на всеки обект (табл.1). Карта на високопланинската част на Рила с идентифицираните реликтни каменни ледници е представена на фиг. 3.



Фиг. 2. Снимки на реликтния каменен ледник под връх Харамията в циркуса на Седемте езера. **А** – поглед от югозапад: вижда се северната стена на Харамията, която е източник на колувиален материал; **B** – аероснимка от камерата МКФ-6





Табл.1 Морфометрична характеристика и местоположение на идентифицираните реликтни каменни ледници в Рила планина (номерата на обектите съответстват на картата на фиг.2)

Nº	Дължи- на (m)	Шири- на (m)	Надмор -ска ви- сочина (m)	Изло- жение	Площ (кв. m)	Площ (ha)	Дял на Рила	Местоположение
1	325	220	2200- 2300	NW	55292, 4	5,5	Северозападна Рила	В циркуса на Седемте езера
2	400	360	2340- 2380	N	112369	11,2	Северозападна Рила	В циркуса на Горна Прека река под връх Ловница
3	240	115	2470- 2570	N	30422, 8	3	Северозападна Рила	Между вр. Голям Купен и Страшното езеро
4	250	185	2330- 2380	NW	37146, 1	3,7	Северозападна Рила	В долината на Долна Прека р. под Поповокапския превал
5	200	180	2367- 2400	N	26278	2,6	Северозападна Рила	В Лопушкия циркус, южно от Лопушкото езеро
6	300	120	2320- 2440	NW	40089, 8	4	Северозападна Рила	В Лопушкия циркус по северозападния склон на Лопушки
7	130	180	2350- 2400	NE	23169, 7	2,3	Северозападна Рила	На 500-600 m североизточно от Лопушки връх
8	450	310	2190- 2290	N	97322, 5	9,7	Северозападна Рила	На около 1 km североизточно от Лопушки връх
9	865	300	2140- 2350	NW	206251	20,6	Северозападна Рила	На запад от вр. Мечит
10	440	290	2215- 2340	NE	108301	10,8	Централна Рила	На изток от вр. Малък Скакавец
11	220	130	2450- 2540	NE	27433, 8	2,7	Централна Рила	На около 500 m южно от вр. Голям Скакавец
12	100	210	2414- 2450	N	16364, 3	1,6	Централна Рила	На около 700 m югоизточно от вр. Голям Скакавец
13	350	120	2220- 2330	W	38507, 7	3,9	Централна Рила	По западния склон на Черна поляна
14	180	180	2390- 2490	NW	25665, 9	2,6	Централна Рила	На северозапдния склон на вр. Реджепица
15	170	170	2490- 2550	SE	20536	2,1	Централна Рила	Във Вапския циркус
16	190	210	2420- 2440	S	30318, 9	3	Централна Рила	На югоизток от вр. Реджепица
17	230	500	2280- 2380	NE	85677, 1	8,6	Централна Рила	Във Вапския циркус
18	220	150	2340- 2400	NE	25263, 8	2,5	Източна Рила	Соленото дере
19	150	220	2410- 2440	N	25405, 2	2,5	Източна Рила	До Каракашевото ез. в Мусаленския циркус
20	210	260	2600- 2690	N	34732, 4	3,5	Източна Рила	На второто стъпало в Мусаленския циркус на 500 m северно от вр.
21	410	235	2460- 2560	E	69717, 8	7	Източна Рила	В циркуса на Тъмното езеро под вр. Малка Мусала
22	450	180	2310- 2440	N	86888, 1	8,7	Източна Рила	В Маричиния циркус северно от вр.Манчо
23	125	130	2360- 2370	SE	13976, 4	1,4	Източна Рила	До Синьото Якорудско ез. на 900 m югоизчно от вр. Суха Вапа
24	165	530	2260- 2380	N	56771, 6	5,7	Източна Рила	В подножието на вр. Курджилъка (Стражник), в циркуса на М. Баненска
25	200	575	2186- 2360	NE	77954, 1	7,8	Източна Рила	На изток от Лопатишки вр.
26	525	235	2170- 2290	N	95539, 5	9,6	Източна Рила	На около 1 km североизточно от вр.Белмекен
27	250	410	2150- 2250	NE	69182, 4	6,9	Източна Рила	На североизток от Ортачал II (Средни връх)

Картографирането е извършено върху обработените снимки, но установяването на генезиса на някои форми е извършено при теренна работа. Такъв пример е реликтният каменен ледник в началото на Соленото дере (№18 в табл.1 и Фиг.3). Поради значителната клекова покривка в долната му част неговото еднозначно разпознаване върху изображенията е трудно.



Фиг. 4. Фрагменти от аероснимки (1988 г.) с изображения на реликтни каменни ледници. А – каменният ледник на североизток от Лопушки връх в циркуса на Жълтия гьол (№8 от табл.1); В – каменият ледник северно от вр. Манчо (№22 от табл.1). Забелязва се езиковидната форма и лентовидният рисунък на растителността. На лявата снимка по-ясно се виждат характерните за повърхността бразди и ридове.

Общият брой на идентифицираните реликтни каменни ледници е 27, а общата им планиметрична площ възлиза на 153,5 ha. Ако се направи регионализация по дяловете на Рила планина се вижда, че най-голям брой са открити в Източна Рила – 10. В северозападния дял има 9, а в централния дял – 8. Ако се разгледат в зависимост от заеманата площ на първо място се нарежда Северозападна Рила (62,6 ha), което се дължи на по-големите размери, които имат тези форми в този дял на планината. В източния дял на Рила общата площ на идентифицираните каменни ледници е 55,6 ha, а в централния дял на планината е 35,3 ha. В Югозападна Рила не е открит нито един реликтен каменен ледник, което по-всяка вероятност се дължи на по-малката надморска височина на този дял.

Най-голям, както по площ (20,6 ha), така и на дължина (865 m), е реликтният каменен ледник, намиращ се на запад от връх Мечит (№9 в табл.1). В същия дял на планината, на около 5 km по-на запад под връх Ловница, се намира друг каменен ледник със значителен размер (№2 в табл.1), чиято площ е 11,2 ha. Третият по площ каменен ледник се намира в централния дял на Рила и е разположен в циркуса между върховете Малък и Голям Скакавец (№10 в табл1.). Останалите идентифицирани форми имат площ по-малка от 10 ha.

При анализ на разпределението на откритите каменни ледници, в зависимост от тяхното изложение, се установява, че от общо 27 обекта 22 имат северна компонента на изложението си, което е очаквано. Десет от каменните ледници имат северно изложение, тези със североизточно са 7, а тези със северозападно – 5. Въпреки че не би следвало южното изложение да спомага за формирането на каменен ледник, нашето изследване установи и един такъв – този под връх Реджепица (№16 от табл.1).

Въз основа на пропорцията между дължината и широчината си реликтните каменни ледници в Рила може да се разделят на такива с издължена езиковидна форма и такива, при които ширината е по-голяма от дължината и имат изпъкнала форма. Първите преобладават както като брой (18), така и като големина. При шест от тях дължината е повече от два пъти по-голяма от ширината, а при два (№9 и №13 от табл.1) тя е близо три пъти по-голяма.

Независимо че не е предмет на този доклад, въз основа на морфометрията, местоположението и морфологията на някои от големите и продълговати каменни ледници, като тези под върховете Мечит, Ловница и Манчо, би могло да се направи предположение, че са възникнали при отдръпването на ледниците в края на вюрма и затрупването им със скален материал – т.е. по врема на активната им фаза са били от типа с ледено ядро. Този въпрос обаче изисква специално внимание и предстои да бъде изяснен в бъдеще.

Заключение

Докладът представлява първият опит за картографиране на реликтните каменни ледници на цялата територия на Рила. Въпреки че дистанционните методи са много мощен инструмент за идентифицирането и картографирането на тези геокриогенни форми, по различни причини (неподходящ ъгъл на осветление или плътна растителна покривка) някои от тях може да се убягнали при дешифрирането на снимките. Възможен е и другият вариант – някои обекти при теренна проверка да се окажат с различен произход и да отпаднат от списъка на реликтните каменни ледници в Рила.

В края на вюрма става стопяване на долинните ледници в Рила планина. Някои от тях се трансформират в каменни ледници и продължават своето съществуване под тази форма още известно време. Поради криогенните условия на други места се формират нови каменни ледници, заемащи подножията на стръмни склонове.

Авторите не считат, че с този доклад въпросът за изучаването на реликтните каменните ледници в Рила планина е приключен, по-скоро докладът би трябвало да се разглежда като първа стъпка към тяхното детайлно проучване. В близко бъдеще се предвижда подобно изследване да се проведе и в другата висока българска планина – Пирин.

Благодарности

Осигуряването на използваните изображения е със средства от договор с МОН НИК-03/2007 "Изграждане на научно-информационен комплекс за аерокосмически полигони на територията на Р България"

Литература:

- 1. Гловня, М. 1958. Геоморфоложки проучвания в югозападния дял на Рила. Год на СУ, БГГФ, т. 51. кн. 3. с. 70-173
- 2. Гловня, М. 1959. Относно периглациалния релеф в България. Известия на БГД, кн. II (XII). с. 15-23
- 3. Гловня, М. 1962. Принос към изучаване на периглациалната морфоскулпура в Рила. Известия на БГД, кн. III (XIII). с. 47-55
- 4. Гловня, М. 1968. Глациален и периглациален релеф в южния дял на Средна Рила. Год на СУ, ГГФ, т. 61. кн. 2. с. 37-66
- 5. Велчев, А. 1999. Глациален и криогенен релеф в част от Мусаленския дял на Рила. Год на СУ, ГГФ, кн. 2, т. 89, с. 7-21
- 6. Berger, J., K. Krainer, W. Mostler. 2004. Dynamics of an active rock glacier (O" tztal Alps, Austria). *Quaternary Research* 62: p. 233–242
- 7. Hamilton, S. J., W. B. Whalley. 1995. Rock glacier nomenclature: A re-assessment. *Geomorphology*, 14: 73-80
- 8. Johnson B. G., G. D. Thackray, R. Van Kirk. 2007. The effect of topography, latitude, and lithology on rock glacier distribution in the Lemhi Range, central Idaho, USA. Geomorphology 91: 38–50
- 9. Angillieri, María Yanina Esper. 2009. A preliminary inventory of rock glaciers at 30°S latitude, Cordillera Frontal of San Juan, Argentina. Quaternary International 195: 151–157
- 10. Гиков, А., К. Стефанов. 2006. Използване на аероснимки за картографиране на ландшафтите в планински територии В: Сб. Доклади от втора научна конференция с международно участие "Космос, Екология, Нанотехнологии, Сигурност", ИКИ БАН, Варна,
- 11. 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
- 12. Gikov, A. N. Nikolova. 2009. Application of Remote Sensing Data to Assess the Big Fire in the Rila Mountain of September. В: Сб. Доклади от Международна научна конференция 3-6 юни 2009 г. Благоевград, Математика и природни науки, Югозападен университет "Неофит Рилски". Том 2. с. 287-293
- 13. Roumenina, E., A. Gikov H. Lukarski, V. Naydenova, G. Sotirov, G. Jelev, L. Filchev, L. Kraleva, S Fotev, M. Chervenyashka, P. Dimitrov, V. Kazandzhiev, N. Valkov. 2008. Establishment of a Scientific-Information Complex for Aerospace Test Sites on the Territory of the Republic of Bulgaria. Proceedings of the Fourth Scientific Conference with International Participation "Space, Ecology, Nanotechnology, Safety SENS' 2008", June 2008, Varna, Bulgaria. pp. 106-112
- 14. Желязков, Й., Ю. Тепелиев. 1992. Фотограметрия и дистанционни методи. С. Мартилен, 250 с.
- 15. Смирнов, Л. Е. 2005. Аэрокосмические методы географических исследований. СПб, Изд. С.-Петербургского университета, 348 с.
- 16.Boltižiar, M. 2009. The spatial patterns of the Tatra high-mountain landscape structure. Landform Analysis, Vol. 10, pp.11–17

ИЗПОЛЗВАНЕ НА ДИСТАНЦИОННИ ДАННИ ЗА ИЗУЧАВАНЕ НА СВЛАЧИЩА (НА ПРИМЕРА НА СВЛАЧИЩЕТО ПРИ ГЕНЕРАЛ ГЕШЕВО – ИЗТОЧНИ РОДОПИ)

Александър Гиков

Институт за космически и слънчево-земни изследвания - Българска академия на науките e-mail: gikov@mail.space.bas.bg

Ключови думи:, свлачища, измерване на хоризонталните премествания, дистанционни методи, Източни Родопи

Абстракт: Разгледано е приложението на аеро и сателитни оптични изображения с различна пространствена разделителна способност на примера на голямото свлачище при с. Генерал Гешево. Аероснимки и сателитно изображение от WorldView-1 с резолюция 0,5 m, заснети преди и след свличането, са използвани за да се измерят хоризонталните премествания. За определяне и картографиране на тези параметри са посочени етапите по обработката на изображенията и е предложен алгоритъм от четири стъпки. Изготвена е подробна карта с размера на хоризонталните премествания, на стъпили в периода 1996-2008 г., съставена изцяло чрез дистанционни методи и ГИС. Заедно с изображенията с много висока разделителна способност, за проследяване динамиката на свлачищния процес, са анализирани и изображения със средна разделителна способност, заснети от Landsat-7 ETM+.

STUDYING LANDSLIDES USING REMOTELY SENSED DATA (USING EXAMPLES OF A LANDSLIDE CLOSE TO THE VILLAGE OF GENERAL GESHEVO, EASTERN RHODOPE MOUNTAIN)

Alexander Gikov

Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: gikov@mail.space.bas.bg

Keywords: Landslides, measurement of horizontal displacement, Remote Sensing, Eastern Rhodope mountain

Abstract: The application of aerial and satellite optical images with various spatial resolutions for landslide study is examined. The landslide is located between the Villages of General Geshevo and Zheludovo, Eastern Rhodope Mountain. Both aerial and WorldView-1 images with resolution of 0,5 m acquired before and after the sliding are used for calculation of the horizontal displacement. A four-step algorithm is shown. A map of the horizontal shifting is composed. To determine the landslide's activation, a series of Landsat-7 images are used.

Въведение

Използването на аероснимки при изследването на свлачища е световна практика отдавна [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8]. С появата на сателитни изображения с метрова и под метрова резолюция започнаха да се използват и сателитни изображения за тази цел [9, 10, 11]. У нас за сега няма публикации, посветени на приложението на аероснимки или сателитни снимки за извличане на параметрите на свличане. Напоследък в чужбина приложение намират и радарните снимки. Особена актуалност напоследък имат изследванията на свлачища чрез лидарно заснемане, както от въздуха, така и наземно [11, 12, 13, 14]. Сериозна пречка за широкото приложение на лидарните снимки е сравнително високата им цена.



Фиг. 1. Тримерен модел на района на свлачището с наложена отгоре сателитна снимка – поглед от югоизток. С пунктир приблизително е оконтурена територията, засегната от свлачищния процес. Като тъмни петна се забелязват образуваните езера в долната част на свлачището и особено голямото езеро в Ерекли дере. На заден план вдясно се откроява устренската вулканска структура.

Основната **цел** на доклада е да се демонстрира приложението на сателитни изображения с различна пространствена разделителна способност и самолетни снимки с много висока за изследване на свлачищния процес на примера на обширното свлачище при село Генерал Гешево.

Обща характеристика на района и свлачището

Свлачището е разположено в Жълти дял на Източните Родопи на надморска височина между 550 и 780 m н.в. На изток от него се намира село Желъдово, а на север свлачището достига до къщите на махалата Чакърци (фиг.1). Скалите, изграждащи Устренската вулканска структура, са представени от риолити и риодацити с олигоценска възраст. Територията, засегната от свличането е изградена основно от изпечени туфи със същата възраст. По-малки територии са заети от конгломерати и по-фини седименти от Джебелската свита. Размерите на свлачището са значителни. По-дългата ос е с дължина 1,8 km и с направление СЗ-ЮИ, а по-късата е с направление ЮЗ-СИ и с дължина 1,25 km, а планиметричната площ 1,5 km². Свлачището е много дълбоко. Счита се, че максималната дълбочина достига 94 m [15]. Подробна характеристика на свлачището е представена в доклада "Изследване на свлачищните процеси...", публикуван в същия сборник [16]

Определяне на параметрите на хоризонталните движения чрез изображения с много висока разделителна способност

Наличието на данни за хоризонталните и вертикалните премествания много допринася за осмисляне на механизма на свличане [14]. Когато става въпрос за такова голямо свлачище, като това при с. Генерал Гешево, определянето на тези параметри представлява трудна и дори непосилна задача. Докато величината на пропадане би могла да се измери относително точно директно на главния откос (фиг.2), то за хоризонталните премествания, поради обширната територия, участваща в свличането, този подход на преки измервания е неприложим. В свлачището няма стари геодезични репери, поставени преди свличането, чиито повторни измервания биха показали направлението и големината на преместване. По тази причина параметрите на хоризонталните премествания бяха неизвестни досега.

Най-добри възможности за определяне на тези параметри дава цифрово фотограметричния подход, приложен от Pawers et al. [4] и други автори. Когато започна работата за извличане на тези параметри на свлачището при с. Генерал Гешево, тези разработки бяха все още непознати. Затова се наложи да се разработи оригинална методология, която макар и в основата си да е аналогична на посочените чуждестранни разработки, се отличава в детайлите от тях.



Фиг. 2. Свлачището в близост до махалата Чакърци. Поради пропадането на терена се е образувал свлачищен откос. Чрез измерване на неговата височина в точка **A** се установи, че вертикалните движения в този участък имат амплитуда до 8 m. Снимка – юли 2006 г.

За да се установи фотограметрически свличането естествено трябва да се използват поне две заснемания, заснети преди и след свлачищното събитие. Военно-топографската служба (BTC) разполага с богат архив от аероснимки, който се съхранява в Троян. От неотдавна аероснимките могат да се закупят не само като хартиени контактни копия, но също и като сканирани негативи. Както е известно, при фотограметричната обработка се препоръчва да се ползват негативи [17].

За проучване състоянието на терена назад във времето от ВТС – Троян са закупени аероснимки от три заснемания – 1973, 1987 и 1996 г. Сканирането е извършено с фотограметричен скенер при резолюция 16 микрона (1588 dpi). Скенерът е високоточен със средноквадратична грешка на позицията не повече от 4 микрона. На архивните снимки следи от свлачищна активност не са открити. Затова по-старите аероснимки не са подложени фотограметрична обработка.

За съставяне на аерофотоплан, съответстващ на състоянието на терена преди активизирането на свлачищния процес, са подбрани 7 кадъра от заснемането през 1996 г. Те формират малък фотограметричен блок, състоящ се от две ивици. Аероснимките са заснети с рамковата камера Wild RC-30, която има фокусно разстояние 152,92 mm и размер на кадъра 23 х 23 cm. Заснемането е извършено приблизително от височина 3,8 km. При тази височина на полета кадърът обхваща площ около 20-21 km² (правоъгълник с размер 4,5-4,7 km). Всеки кадър има 8 рамкови марки: 4 в ъглите (с координати +/-106 mm) и 4 на всяка една от рамките (с координати +/-112 mm).

Орторектификация на аероснимките. За да може да се използват като база за сравнение на настъпилите вследствие на свличането промени, аероснимките първо трябва да се подложат на орторектификация. Чрез нея аероснимките се трансформират от централна проекция в ортогонална, а изместванията, дължащите на релефа, се отстраняват. За извършване на тази процедура е използван софтуерът LPS 9.1 и цифров модел на релефа (DEM) с размер на клетката 30 m. Проекцията, зададена на целия блок, е UTM зона 35.

Параметрите на вътрешното ориентиране, благодарение на използването на фотограметричен скенер, са добри – средноквадратичната грешка е между 0,2 и 0,5 пиксела. Външното ориентиране на кадрите е осъществено чрез опорни точки, осигуряващи абсолютното ориентиране и свързващи точки, осигуряващи взаимното ориентиране на кадрите. Измерването на координатите на опорните точки е извършено по време на теренната работа с едночестотен GPS приемник Торсоп (конфигурация от GMS-2, MAP RT и външна антена MG-A5). За постигане на по-голяма точност са ползвани диференциални поправки, приемани в реално време по радиочестота от станцията при с.Стоево край Асеновград. В този случай точността, на която може да се разчита е в рамките на 0,3-05 m. В някои от пунктовете, поради липса на пряка видимост към станцията край Асеновград, е приложена последваща обработка с RINEX данни от станцията в Смолян на фирма Навитек. В този случай точността е значително по-добра.

Обикновено за опорни точки се подбират ъгли на антропогенни обекти с правилни геометрични форми, които ясно се разпознават на снимките. Често се използват

североизточните или северозападните ъгли на ниски сгради, като бунгала, гаражи и бараки. Хвърлената сянка на север позволява лесно да се забележат на снимката.

Шест от десетте GPS точки за аеротриангулацията са използвани за опорни точки (GCPs), а другите четири като точки за проверка на точността (Check points). Броят на свързващите точки (Tie points) е значително по-голям – 718. Повечето са генерирани автоматично. Резултатите от съвместното снопово-блоково изравняване са много добри. Сумарната средноквадратичната грешка е 0,59 m – почти колкото е размера на изходното ортоизображение. Средно-квадратичната грешка на опорните точки по X е 0,2 m, по Y е 0,4 m и по Z е 0,5 m. Средно-квадратичната грешка на точките за проверка на точността по X е 0,1 m, по Y е 1,1 m и по Z е 3,1 m. Постигането на малки стойности на грешката не е самоцел. Високата точност е необходима за да може ако се установят различия в местоположението на определени характерни обекти да е сигурно, че те се дължат на преместванията вследствие на свличането, а не поради неточна орторектификация. В тази връзка е необходимо да се отбележи, че реалната точност е по-лоша от параметрите на аеротриангулацията. Тя може да се установи визуално при налагане на две съседни орторектифицирани аероснимки (застъпването е над 60%). Несъответствията между съседните кадри нарастват от центъра към периферията, където може да достигнат няколко метра.

Този недостатък се редуцира в значителна степен при мозайкирането на кадрите и оформянето на общ ортофотоплан, тъй като за него се използват само централните части на снимките, където грешката е минимална. За прокарването на свързващите шевове между отделните кадри първо е приложена автоматичната функция "Weghted Seamline". След това между някои от кадрите шевът е коригиран допълнително ръчно за да стане по-малко забележим. За тази цел той е прокаран през долове или тревни площи с равномерна текстура и фототон. За да не си личат местата на свързване, са използвани функциите за цветови баланс чрез изравняване по хистограми и постепенно преливане (feathering) в местата на свързване. Полученият ортофотоплан е с размер на пиксела 0,5 m и е в проекция UTM зона 35.

Орторектификация на сателитното изображение. За да се установи актуалното състояние на терена след свличането е необходимо да се използва ново самолетно или сателитно изображение с много висока разделителна способност. За съжаление дълго време нямаше нито архивни сателитни изображения в каталозите на световните комерсиални дистрибутори като Digital Globe Inc., GeoEye Inc., Spot Image, нито имаше нова аерозаснемане на тази територия. Поръчката на ново заснемане е скъпо и не беше във възможностите на бюджета на договор с фонд НИ НЗ-1514, с чието финансиране се осъществи теренната работа. За щастие благодарение на договора по ЕБР между Института по геоекология при РАН и Института за космически изследвания при БАН беше поръчано и доставено безвъзмездно ново сателитно изображение с пространствена резолюция 0,5 m, заснето от американския сателит World View-1.

Този сателит е изведен в орбита на 18 септември 2007 г. от комерсиалната компания DigitalGlobe. Височината на орбитата е 496 km. При заснемане на надирно изображение размерът на пиксела е 50 cm, а при наклон на оста на обектива 25° той е 59 cm. Изображението за свлачищния район е заснето на 20 август 2008 г. и има размери 8 x 7,9 km. То е чернобяло с дълбочина на цвета 11 бита.

За извършване на орторектификация са използвани 10 опорни точки, всичките измерени с GPS апаратура по време на теренната работа и същия цифров модел на терена. В софтуера ERDAS IMAGINE 9.1. сензорът WorldView-1 не е дефиниран, затова е използван моделът за QuickBird, тъй като и двата сензора са на една и съща компания и са сходни. Сумарната средноквадратична грешка е сравнително голяма – 3,5 m (по X е 3,4 m, по Y е под 1 - 0,9 m), но тя е изчислена за територията на цялата снимка (над 60 km²), а в района на свлачището гъстотата на опорните точки е по-голяма от периферията и точността на орторектификацията е по-добра.

вектори от Построяване на хоризонталните ортоизображенията. При последователно визуализиране на двете изображения върху монитора се забелязва как на снимката от 2008 г. една част от терена се е преместила на югоизток спрямо местоположението си на аерофотоплана от 1996 г., докато останалата част запазва положението си на двете снимки. Това подсказа идеята, че ако се намери характерен обект, който може да се открие и върху двете изображения и се измери разликата в неговото положението върху двете изображения, може да се измери неговото хоризонтално преместване през периода 1996 -2008 г. За тази цел се реши да се създаде мрежа от точки, идентифицирани върху двете разновременни изображения и чрез измерване на разстоянията между техните местоположения да се установят параметрите на преместванията в хоризонтално направление. Приложената методика включва следните четири етапа.



Фиг.3. Фрагмент от орторектифицираните изображения с резолюция 0,5 m близо до южния борд на свлачището. Свличането много ясно се идентифицира по разместената западна граница на изкуственото борово насаждение. На лявата снимка тя е почти права, докато на дясната се наблюдава рязка чупка (1), която съвпада с южната граница на свлачището. Разстоянието между точки **1** и **2** е 27 m. В горната дясна част на снимката от 2008 г. се виждат две свлачищни езера. Продълговатото е образувано вследствие преграждането на дерето, а другото поради формирането на обратен на склона наклон.

Първо се разпознават идентични обекти върху двете изображения и се нанасят в точков ГИС слой. Всяка точка се индексира с букви и цифра – 1 за положението на точката 1996 г. и 2 за нейното положение през 2008 г. Например А1 е точката, отнасяща се за местоположението на обекта през 1996 г., а А2 е точката, отнасяща се за положението му през 2008 г. След изчерпване на буквите от латинската азбука в индекса се използват по две букви и цифра (АА1, АА2 и т.н.). За по-голяма точност местата на точките се нанасят при значително увеличение – мащаб на прозореца 1:1500 или дори 1:1000. Разпознати и нанесени са местоположенията на 68 обекта. Дългият период от 12 години затруднява намирането на идентични обекти. След свличането теренът е станал по-трудно достъпен и хората са изоставили повечето от нивите и ливадите в обхвата на свлачището. В резултат е започнал процес на обрастване с бодливи храсти като шипка, а също и самозалесяване на фиданки от бял бор.

При *втория етап* се създава нов линеен ГИС слой, в който с вектор се съединяват двете положения на идентичните точки. Индексът на всеки вектор отговаря на буквената част от съставляващата ги двойка точки. Например от точки А1 и А2 се получава вектор А. В ГИС среда автоматично се изчислява дължината на вектора. Този слой може да се използва за създаване на карта с посоките на движения, в която дължината и посоката на всеки вектор показва извършеното движение.

При *третия етап* автоматично се създава точков слой с центроидите на всеки вектор. В атрибутивната таблица има данни за дължината на векторите, които автоматично се прехвърлят и в точковия слой. Извън площта на свлачището се добавят точки, които нямат премествания през изследвания период и съответно имат стойност нула. Това се прави, за да се подобри резултата при последващата интерполация в периферните части на свлачището.

В четвъртия етап се извършва интерполация за създаване на грид слой, илюстриращ величината на деформация в свлачищния район. Интерполацията е направена в ГИС среда чрез използване на техниката Natural Neighbors. Размерът на клетката в растерния слой е 10 m. Картата с този слой и векторите на придвижване в реалния им размер са представени на фиг.4.

Анализ на резултатите. Поради обширността на свлачището при работа на терен трудно може да се определи вярната посока на придвижване на свлачищните блокове. Досега се считаше, че отделните части на свлачището са се отместили самостоятелно в различни посоки. По-голямата част от свлачището, намираща се на изток от пътя, се е преместила надолу към дерето (на югоизток). А западната по-малка част е с посока на движение на западюгозапад. Подобни схеми с посоките на придвижване са представени както в публикацията на Спиридонов и колектив [18], така и в публикацията на колектив от Геологическия институт на БАН [19]. Анализът на разновременните снимки обаче показа, че почти цялата свлечена територия се е преместила на югоизток. Малко по-различна посока се наблюдава на малък участък на запад от пътя за с. Генерал Гешево, където тя е източна. В най-северните части при Чакърци посоката е от север на юг.



Фиг.4. Карта на хоризонталните премествания (m) в свлачищния район, установени чрез дистанционни изображения от 1996 г. и 2008 г. С черни стрелки са показани векторите на придвижване в реален мащаб

Хоризонталните премествания са големи и на места достигат до 40 m. Най-големите хоризонтални деформации се наблюдават на една значителна площ в южната половина на свлачището. Площта, която се е преместила с повече от 30 m заема 40% от свлачището. Придвижването на целия този блок на югоизток е причинило преграждането на Ерекли дере и образуването на езеро със значителна дълбочина. Още по на юг се намира зона, в която се наблюдава постепенно намаляване на стойностите на преместване. Постепенният преход вероятно се дължи на малкото разпознати обекти в тази част на свличането. Причината е в непостоянния характер на земеползването. Територията представлява мозайка от необработваеми площи и малки градини с ограда от плет, които са непостоянни и няма как да се изобразят и разпознаят на изображения, заснети през 12 години. По всяка вероятност в действителност преходът е по-рязък.

Другото място, където има по-малки премествания и се наблюдава постепенното им увеличение в южна посока е при махалата Чакърци. Там деформациите са по-скоро вертикални, формирайки грабеновидно понижение. Възможно е това да е компенсаторно пропадане, което е станало след отместването на югоизток на блока, разположен по-на юг. Затова и посоката на хоризонталните премествания е север-юг.

Датиране на главното свличане чрез анализ на изображения със средна разделителна способност

Орторектифицираните изображения с висока резолюция от 1996 и 2008 г. позволяват детайлно картографиране на елементите на свлачището, но те отразяват само две крайни състояния, отдалечени във времето близо 12 години. Районът на свличането беше посетен за първи път в началото май 2001 г., когато основното свличане вече беше осъществено. С цел да се определи кога е станало то, се реши да се направи опит за проследяване динамиката на свлачищния процес чрез използване на изображения с по-ниска пространствена резолюция. За

целта е анализирана серия от сателитни изображения със средна разделителна способност от ресурсния спътник Landsat. Известно е, че съществува обратно пропорционална връзка между пространствената и времевата разделителна способност – изображенията с висока пространствена резолюция имат малка времева и обратното.

Главният проблем, който трябва да се реши, е как да се проследи динамиката, щом на изображенията със средна разделителна способност свлачищните елементи като откоси, пукнатини и други не могат ясно да се изобразят. Свлачищните езера, като всички водни тела, имат специфични спектрални отражателни характеристики, което позволява такива обекти да бъдат разпознавани дори на изображения с по-ниска пространствена разделителна способност, стига да обхващат достатъчно широк диапазон на спектъра. Такива качества притежават мултиспектралните изображения от Landsat, които се заснемат редовно (през 16 дни) и вероятността да се намери снимка на изследвания район без облаци е голяма. Тя дори е и поголяма, защото на тази географска ширина има застъпване 35% между две съседни ивици, заснети от Landsat. Затова този дял от Източните Родопи може да се наблюдава на сцените с номенклатура Path/Row 182/31 (в западната част на сцената) и Path/Row 183/31 (в нейната източната част).

Изображенията от американския ресурсен сателит Landsat имат пространствена разделителна способност 30 m на повечето си канали. Понастоящем оперират два спътника – Landsat-5 и Landsat-7. Първият носи сензорът TM, състоящ се от 6 канала с резолюция 30 m и един термичен с размер на пиксела 120 m. Вторият е оборудван с подобрения инструмент ETM+, при който термичният канал е с резолюция 60 m. Освен това има панхроматичен канал с резолюция 15 m. След май 2003 г. поради дефект на коректора на сканираните линии (Scan Line Corrector – SLC) от центъра на заснетата полоса към нейната периферия се получават клиновидни ивици без данни.

От края на 2008 г. наличните в архива на Американската геоложка служба (USGS) сцени от спътниците Landsat могат да се теглят през интернет безплатно. Търсенето става в webбазираните каталози на GLOVIS [20] и Earth Explorer [21]. За да се проучи кога започват да се изобразяват свлачищните езера, са подбрани и изтеглени 8 сцени от Landsat-7, обхващащи периода юли 1999 – юни 2001 г (Табл.1). За щастие, тези сцени са заснети преди дефектирането на сензора ETM+. Наличието на пан-хроматичен канал позволява да се извърши операция за сливане на спектралните канали с панхроматичния канал – рапsharpening. За да се сравни осветяването и засенчването на склона при Ерекли дере при малък ъгъл на слънчевите лъчи, допълнително е изтеглена още една есенна сцена, заснета от Landsat 5 през ноември 1986 г.

Всяка една от изтеглените сцени е подложена на следните операции: изрязване на всички канали във формата на правоъгълник с приблизителни размери 6х7 km за района на свлачището (Subset image), интеграция на спектралните канали в общ мултиспектрален файл (Layer Stacking), сливане на спектралните и панхроматичния канал (Pan-sharpening). Сцените в Earth Explorer са орторектифицирани, така че не е необходима обработка за орторектифициране. За приложение на Pan-sharpening е използван моделът на Gram-Schmidt в софтуерния пакет ENVI 4.6. След извършване на тази операция се получава производно изображение с пространствена резолюция 15 m и диапазон, обхващащ седемте спектрални канала.

Всички природни образувания отразяват по определен начин падналата върху тях слънчева радиация За всеки материал количеството на слънчевата радиация, която се отразява, пропуска или поглъща зависи от нейната дължина на вълната. Това дава възможност да се идентифицират различните класове и да се отделят чрез техните спектрални криви. Водните повърхности се характеризират с много малка отражателна способност, особено в близката инфрачервена (БИЧ) част от спектъра [22]. Поради тази причина водните обекти се изобразяват на снимките в инфрачервената зона като тъмни петна. Контрастът е толкова голям, че дори водният обект да е с размер само няколко пиксела (2 или 3) той може лесно да се разпознае. Затова за дешифриране на свлачищните езера за визуализация е използвана RGB комбинация с два канала в инфрачервената зона и един в червената (R,G,B–4,5,3).

Като база за сравнение е определена сцената, заснета на 14 юли 1999 г. Тя е избрана, защото освен, че няма никакви облаци, височината на Слънцето е голяма (62° по метаданни), което осигурява добро осветяване и на северните стръмни склонове. На нея не се забелязват никакви езера в обхвата на свлачището (фиг.2). На следващата от подбраните сцени – тази от трети ноември 1999 г. на мястото, където Ерекли дере се слива със съседното дере, идващо от север и където после се наблюдава дълбокото езеро, се забелязва малко продълговато тъмно петно. Възможно е тъмното петно да представлява сянка, поради малкия ъгъл (31°) на слънчевите лъчи през есента. За да се прецени вероятността на това място да се образува естествена сянка, е изтеглена снимка с подобно осветяване, заснета от Landsat-5 на 14 ноември 1986 г. (по-ранни есенни изображения от Landsat-7 няма, защото той е пуснат през пролетта на 1999). Сензорът ТМ не разполага с панхроматичен канал, така че максималната резолюция, при която може да се наблюдава е 30 m. На синтезираната снимка, макар и понеясно, се забелязва известно затъмнение, което позволява да се счита, че на 3 ноември 1999 г. там все още не е съществувало езеро.

Дата	Path/Row	Описание
7 юли 1999 г.	182/31	Не се забелязват никакви езера в района на свлачището
3 ноември 1999 г.	182/31	Наблюдава се малко тъмно петно на мястото, където е дълбокото езеро при Ерекли дере, но е възможно това да е сянка
22 януари 2000 г.	182/31	Вижда се същото петно, но височината Слънцето е още по-малка
1 март 2000 г.	183/31	Наблюдава се по-голямо петно при Ерекли дере, което определено е воден обект. Като малка точка се вижда едно от плетките езерца на четвъртата свлачищна тераса
2 април 2000 г.	183/31	Езерото при Ерекли дере е станало по-дълбоко и се вижда по- контрастно. Забелязва се и друго по-светло петно по-на юг към Дюзтарла
4 май 2000 г.	183/31	Забелязва се увеличаване на размера на езерата при Ерекли дере и на четвъртата тераса. Нови водни обекти се забелязват на трета тераса.
14 юни 2000 г.	182/31	Забелязва се ново продълговато езеро в дерето северно от Дюзтарла
1 юни 2001 г.	182/31	Има увеличаване на езерата при Ерекли дере и Дюзтарла

Табл. 1. Изображения от Landsat, използвани за идентифициране на свлачищните езера и кратко описание на динамиката им

Следващата дата, от която има налична безоблачна сцена е от 22 януари 2000 г. Тази сцена е със снежна покривка, което затруднява интерпретацията, освен това тя е заснета при още по-малък ъгъл на слънчевите лъчи (25°). Това дава основание да се предположи, че наблюдаваното на същото място тъмно петно се дължи на засенчване.

Първата сцена, на която със сигурност може да се разпознае езерото (означено с 1 на фиг.5), образувано от преграждането на Ерекли дере е заснета на 1 март 2000 г. На нея също се вижда и една малка тъмна точка, която представлява плитко езерце, намиращо се на четвърта свлачищна тераса (2 на фиг.5). Забелязва се също и леко потъмняване на север от Дюзтарла. По всяка вероятност това се дължи на наличието на по-голямо количество вода там. Свличането е довело до заблатяване, като водното огледало все още е плитко и се изобразява слабо в БИЧ.

Сцената, заснета един месец по-късно (2 април 2000 г.), показва развитие на свлачищния процес и нарастване размера на езерата и техния контраст на изображенията. Езерото при Ерекли дере се вижда ясно като черно петно, поради увеличаване на дълбочината му и промяна на спектралната му характеристика. Същото се отнася и за езерото, северно от Дюзтарла (3 на фиг.5), което се изобразява като значително по-тъмно петно в сравнение със снимката от началото на март. Възможно е малкото езерце на четвърта тераса да е увеличило дълбочината си, но размерът му е едва няколко пиксела и за него не може това да се твърди със сигурност.

На изображението от 4 май 2000 г. се наблюдава увеличаване на размера на езерото при Ерекли дере и на това на четвърта тераса. Заедно с това се забелязва и появата на няколко не толкова тъмни петна на трета тераса, което е свързано с образуваните там обратни наклони и формирането на плитки блата (4 на фиг.5).

На следващата сцена от 14 юни 2000 г. има известно уплътняване на тъмния контур на езерото при Ерекли дере, което вероятно се дължи на увеличаване на неговата дълбочина. Заедно с това се наблюдава и нарастване на площта на езерото северно от Дюзтарла, а в непосредствена близост до него се открива и нов воден обект. Това е продълговатото езеро, формирано поради преграждането на дерето (5 на фиг.5).

През изследвания период юли 1999 – юни 2000 г. се появяват всичките свлачищни езера. Все пак, за да се провери дали има по-нататъшно развитие, от страницата на GLOVIS е изтеглена още една сцена, заснета една година по-късно – на 1 юни 2001 г. На нея ясно се констатира увеличаване на размера на езерото при Ерекли дере и езерото северно от Дюзтарла. Възможно е това да се дължи на продължаващите движения, които макар и с по-малка интензивност са продължили и през 2001 г., но може да е свързано и с по-големия период, през който се е натрупала повече вода в негативните форми. Само чрез сателитни

изображения със средна разделителна способност това не може да се установи. Чрез тях обаче се определи периодът на главната свлачищна активност – това е първата половина на 2000 г. При сравнение на положението на елементите от рисунъка на изображението се установява, че най-голямото придвижване е осъществено в началото на 2000 г.



Фиг.5. Сателитни изображения на изследвания район от сензора ETM+ на сателита Landsat-7 (сцена 182/31). Първата снимка е представителна за състоянието на територията преди свличането. Втората е заснета 11 месеца по-късно, когато вече са образувани всички свлачищни езера. Изображението е от 4-ти канал на сензора (750-900 nm). В тази зона на спектъра водните обекти имат незначително отражение и се изобразяват като тъмни петна. На лявата снимка единственият открояващ се воден обект е микроязовирът северно от с. Генерал Гешево. На дясната снимка, освен него, много ясно се вижда дълбокото езеро при Ерекли дере (1), а също и езерото на юг от него (3). Плитките свлачищни езерца (2 и 4) и продълговатото езеро по съседното дере (5) имат по-малки размери и по-слаб контраст.

Заключение

Благодарение на анализа на серия от Landsat ETM+ изображения се установи периодът, когато са станали най-интензивните движения. Въз основа на анализ на промените в местоположението на елементите от рисунъка на изображението може да се каже, че основното движение е осъществено през първата половина на 2000 г. Това коригира досегашната представа, като премества основното свличане малко по-назад във времето Считаше се, че основната активна фаза на свличане е протекла в края на 2000 г. [23] и дори началото на 2001 г. [15, 19].

Приложената оригинална методика за анализ на разновременни снимки с много висока пространствена резолюция показа, че дистанционните методи може успешно да се използват за количествена оценка на размера на хоризонталните свлачищните движения. Всъщност това е единственият възможен начин да се определят тези параметри, когато трябва да се изследват обширни свлачища в слабо населени местности, където няма подходящи обекти, които да бъдат използвани като репери за повторна триангулация. Остава открит въпросът за площна оценка и картографиране на вертикалните движения. За това е необходимо да се създадат цифрови модели на терена преди и след свличането. Това може да е предмет на бъдеща разработка.

Благодарности

Теренните проучвания и закупуването на архивните аероснимки от ВТС-Троян са финансирани със средства на договор с фонд НИ при МОМН НЗ-1514 "Геоекологично изследване на опасните природни процеси и интегрална оценка на риска за нуждите на регионалното управление".

Сателитното изображение е осигурено от руските партньори по договора за сътрудничеството с РАН "Геоекологични изследвания на опасни природни процеси с използване на геоинформационни технологии".

За определяне на координатите на опорните точки е използван GPS приемник, предоставен безвъзмездно от центъра за приложение на спътникови изображения РЕСАК.

Литература:

- 1. Crandell, D. R., and Varnes, D. J., 1961, Movement of the Slumgullion earthflow near Lake City, Colorado, art. 57 in Short papers in the geologic and hydrologic sciences: U.S. Geological Survey Professional Paper 424-B, p. 136-139
- 2. Chandler, J.H., M.A.R. Cooper. 1989. The extraction of positional data from historical photographs and their application to geomorphology. *Photogrammetric Record, 13(73). 1989. pp. 69-78*
- 3. Smith, W., 1993, Photogrammetric determination of movement on the Slumgullion slide, Hinsdale County, Colorado 1985-1990: U.S. Geol. Survey Open-File Rep. 93-597, 17p.
- 4. Powers, P., M. Chiarle, W. Z. Savage. 1996. A Digital Photogrammetric Method for Measuring Horizontal Surficial Movements on the Slumgullion Earthflow, Hinsdale County, Colorado. *Computers & Geosciences Vol. 22, No. 6, pp.* 651-663,
- 5. Dikau, R., D. Brunsden, L. Schrott, M. Ibsen. 1996. Landslide Recognition. Identification, Movement and Causes. John Wiley & Sons. 251 p.
- 6. Mantovani, F., R. Soeters, C.J. van Westen. 1996. Remote sensing techniques for landslide studies and hazard zonation in Europe. *Geomorphology, v. 15, 1996. 213–225.*
- 7.van Westen, C.J., F.L. Getahun. 2003. Analyzing the evolution of the Tessina landslide using aerial photographs and digital elevation models. *Geomorphology. v. 54. pp.* 77–89
- 8. Walstra, J., J.H. Chandler, N. Dixon, T. Dijkstra. 2007. Aerial photography and digital photogrametry for landslide monitoring. *In Mapping Hazardous Terrain using Remote Sensing - Special Publication.* v.283. Geological Society Publishing House. pp. 53-63
- 9. Delacourt, C., Alleman, P., Casson, B., & Vadon, H. 2004. Velocity field of the 'La Clapiere' landslide measured by the correlation of aerial and QuickBird satellite images. *Geophysical* Research Letters, v. 31(15), 15619
- Chadwick, J., S. Dorsch, N. Glenn, G. Thackray, K. Shilling. 2005. Application of multi-temporal high-resolution imagery and GPS in a study of the motion of a canyon rim landslide. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing. v. 59. 2005 pp. 212–221
- 11. Metternicht, G., L. Hurni, R. Gogu. 2005. Remote sensing of landslides: An analysis of the potential contribution to geo-spatial systems for hazard assessment in mountainous environments. *Remote Sensing of Environment. v.* 98 2005. pp. 284 – 303
- Chen, R.F., K.J. Chang, J. Angelier, Y.C. Chan, B. Deffontaines, C. T. Lee, M. L. Lin. 2006. Topographical changes revealed by high-resolution airborne LiDAR data: The 1999 Tsaoling landslide induced by the Chi-Chi earthquake. *Engineering Geology. v.88. pp. 160-172*
- 13.Van Den Eeckhaut, M. G. Verstraeten, J. Poesen 2007. Morphology and internal structure of a dormant landslide in a hilly area: The Collinabos landslide (Belgium). Geomorphology. v. 89. 2007. pp. 258-273
- 14. Dewitte, O., J.-C. Jasselette, Y. Cornet, M. Van Den Eeckhaut, A. Collignon, J. Poesen, A. Demoulin 2008. Tracking landslide displacements by multitemporal DTMs: A combined aerial stereophotogrammetric and LIDAR approach in western Belgium. Engineering Geology v.99. 2008. pp. 11-22
- 15. Кръстанов, М., Н.Добрев, Р. Върбанов, П. Иванов. 2006. Опасни склонови процеси в Източните Родопи, свързани с разломни структури. – В: Сборник доклади научно-практическа конференция по управление на извънредни ситуации и защита на населението. "10.11.2005 г., София, стр. 315-321
- 16. Гиков, А., Х. Спиридонов, Г. Желев. 2010. Изследване на свлачищните процеси между селата Устрен и Генерал Гешево, Източни Родопи В: Сб. Доклади от шеста научна конференция с международно участие "Space, Ecology, Safety SES 2010" 2-4 ноември 2010 г София
- 17. E R D A S Imagine Tour Guides Leica Geosystems Geospatial Imaging. 2006
- 18. Спиридонов, Х., А. Орев, А. Гиков, Г. Желев, Н. Николова. 2001. Наблюдения върху свлачището при с. Чакърци, Кърджалийско - Източни Родопи. В сб. Доклади от Балканска научно-практическа конференция "Природният потенциал и устойчивото развитие на планинските райони, Враца, 13-15 юли 2001 г. стр. 465-477
- 19. Добрев, Н., М. Кръстанов, Р. Нанкин. 2007. Мониторинг на свлачището при с. Генерал Гешево, Кърджалийска област. *В: списание "Строителство*", 5/2007 г., С. с.6-11
- 20.Web страница: http://glovis.usgs.gov/
- 21. Web страница: http://edcsns17.cr.usgs.gov/EarthExplorer /
- 22. Книжников, Ю. Ф., В.И. Кравцова, О.В. Тутубалина. Аэрокосмические методы географических исследований. М. Академия. 2004.
- 23.Бручев, Ил., Г.Франгов, Й.Янев. 2001. Катастрофални явления в Източните Родопи. Минно дело и геология, кн.6, стр. 33-36.

LAND USE/LAND COVER CLASSIFICATION OF THE TEYNA RIVER BASIN USING AUTOMATED FEATURE EXTRACTION (AFE) ALGORITHMS

Lachezar Filchev

Space and Solar-Terrestrial Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences, e-mail: lachezarhf@gmail.com

Key words: Automated Feature Extraction, remote sensing, GIS, land use classification, accuracy assessment

Abstract: Land use information for regional and local scale studies is indispensible in policy- and decision-making on environment protection. During the recent decades, based on the growing input of remote sensing data, several land-use classification schemes have been created. Concurrently, numerous image classifications for digital imagery have been developed to provide fast and accurate results for land use. The Automated Feature Extraction (AFE) Algorithms are new approaches to image classification taking into account images' texture and other ancillary imagery data. The present study represents an example of AFE application to land-use/land-cover classification of a very high resolution satellite image on the territory of the Teyna river basin. The data used is a QuickBird satellite image, high resolution Digital Elevation Model (DEM), image texture and vector layers, such as hydrological network and the Teyna river basin boundary. The supervised AFE classification of land use/land cover was performed in Feature Analyst 4.2 (shareware license). The resulting 9 land use classes were assessed for accuracy achieving 93.52% overall accuracy. Among the best thematically discriminated classes are those of natural vegetation and infrastructure with almost 100% accuracy, whereas the grasslands, meadows and bare ground tend to be mixed with one another, due to the spectral inseparability and similar texture of the classes.

КЛАСИФИКАЦИЯ НА ЗЕМЕПОЛЗВАНЕТО НА ВОДОСБОРНИЯ БАСЕЙН НА РЕКА ТАЙНА С ИЗПОЛЗВАНЕТО НА АВТОМАТИЗИРАНИ АЛГОРИТМИ ЗА РАЗПОЗНАВАНЕ НА ОБЕКТИ

Лъчезар Филчев

Институт за космически и слънчево-земни изследвания - Българска академия на науките e-mail: lachezarhf@gmail.com

Ключови думи: автоматизирани алгоритми за разпознаване на обекти, дистанционни изследвания, ГИС, класификация на земеползването, оценка на точността

Резюме: Информацията за земеползването и земното покритие на регионално и местно ниво е незаменима при вземането на решения свързани с опазването на околната среда. През последните десетилетия на основата на нарастващият обем от входни данни от дистанционните изследвания бяха създадени няколко класификационни схеми на земеползването и земното покритие. Едновремнно с това са създадени многожество класификации на цифрови изображения, за да бъдат достъпни точни и навременни резултати за земното покритие и земеползванието. Автоматизираните алгоритми за разпознаване на обекти са един нов подход за класификация на изображения използващ текстурата на изображението и допълнителна входна информация. Настоящото изследване представя пример на приложение на тези алгоритми за класификация на земеползването и земното покритие на територията на водосборния басейн на р. Тайна с използване на данни със свръхвисока пространствена разделителна способност. Използваните данни са: сателитно изображение на QuickBird, цифров модел на релефа с висока разделителна способност, текстура на изображението и векторни слоеве - хидроложка мрежа и граница на водосбора на р. Тайна. Контролираната класификация на земеползването и земното покритие е направена във Feature Analyst 4.2. Получените 9 класа за земеползването и земното покритие са оценени на 93.52% обща точност. Между най-добре тематично отделените класове са тези на естествената растителност и инфраструктурата, с около 100% тематична точност, докато класовете на ливадите, пасищата и голата почва се смесват един с друг поради спектралната неразделимост и подобната текстурата на класовете.

Introduction

Land use information for regional and local scale studies is an indispensible for policy and decision making and environmental protection. Several land-use/land-cover (LU/LC) classification schemes based on the growing input of remote sensing data have been created. Concurrently, in order to provide fast and accurate results for land use numerous image classifications for digital imagery have been developed. The Automated Feature Extraction (AFE) Algorithms are new approaches to image classification by segmenting the image to distinct features taking into account images' texture and other ancillary imagery data.

The first attempts to develop routines for image segmentation have already been introduced in the mid 1970's (Neubert & Meinel 2003). It took more than two decades till segmentation algorithms were established as key functional features of contemporary software packages such as eCognition (Baatz & Schäpe 2000). Some of the RS software packages which use the imaging segmentation techniques are: eCognition 2.1 resp. 3.0 (Definiens Imaging GmbH, München, Germany); Data Dissection Tools (INCITE, Stirling University, UK); CAESAR 3.1 (N.A. Software Ltd., Liverpool, UK); InfoPACK 1.0 (InfoSAR Ltd., Liverpool, UK); Image segmentation for ERDAS Imagine (USDA Forest Service, Remote Sensing Applications Center, Salt Lake City, USA); Minimum Entropy Approach to Adaptive Image Polygonization (University of Bonn, Institute of computer science, Bonn, Germany); Feature Analyst 4.2 for ArcGIS 9.x ™ (Overwatch Geospatial LTD. a subsidiary of TEXTRON Systems Inc.), ERDAS IMAGINETM, GeoMediaTM, SOCET SETTM, and RemoteView TM (Visual Learning Systems, Inc.).

Land-use/land-cover classifications are based on established LU/LC classification schemes, which aim at producing comparable results for LU/LC from the classifications on global, regional and local level. Such classification schemes are those of USGS, FAO, CORINE Land Cover, GLOBCOVER, GLC2000 etc. In present study USGS and CORINE classification schemes were adopted and combined into a hybrid one for the purpose of large-scale LU/LC classification. There are numerous applications of object-oriented image classifications of LU/LC and AFE in particular using one of the abovementioned software packages (Weih Jr & Riggan Jr ; Blaschke *et al.* 2000; Burnett & Blaschke 2003; van der Sande *et al.* 2003).

The main objective of present study is to classify the LU/LC of the *Teyna river* basin using novel approaches of the AFE Algorithms. It is achieved through accomplishment of the following steps:

1). To collect, create and manipulate geospatial dataset for the territory of *Teyna river* basin;

2). To classify the LU/LC using very high-resolution (VHR) satellite image from QuickBird by applying the AFE algorithms;

3). To assess the accuracy of the produced LU/LC map of the study area of *Teyna river* basin.

Study area

The catchment of *Teyna river* is located in the north part of Sofia kettle in the footsteps of *Sofijska Mala Planina* Mountain. The river is a small tributary of the *Iskar* River – the longest river in Republic of Bulgaria. The total area of the study area is -4.775 km^2 . The altitude of the catchment ranges from 500 m.a.s.l., at the basin's outlet at *Iskar* River gorge, to 964 m.a.s.l. on the topmost part.

Climatic conditions of the river basin are Temperate to transitional to Semi-Mediterranean and also local mountainous valley winds occur on a daily basis. *Geology* (lithology) – The bedrocks are a diverse mixture of Neogene-Quaternary argillite, Ordovician-Silurian argillite, alevrolite, schist, sandstone, breccias. All these rocks are more or less loose in their structure, so that they facilitate the manifestation of erosion. Their outcrops are observed on the slopes of Iskar River gorge.

The lithology of the rest part of the region is composed mainly of flish: argillite, silicite, sandstone with Palaeozoic and Cainozoic age, where the Palaeozoic rocks prevail. The human impact on geology of the study area is marked by the excavations and embankments of the former decommissioned *Kutina* coal mine and *Brezi Vrah* uranium-ore extraction site.

The vegetation of the river basin is represented mainly of deciduous oaks (*Quercus frainetto* Ten., *Q. cerris* L., and *Q. pubescens* Willd.) which are the primary vegetation of the river basin. European Beech is interspersed with planted conifers to prevent erosion such as Scots Pine, Macedonian Pine, Silver Fir and Norway Spruce mostly on the mountain slopes from 800 to 1200 m.a.s.l. The majority of vegetation is artificially afforested with durable to pollution forest types. Some of these species found on the study area are: Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and European Black Pine (*Pinus nigra* L.). The main *soil types*, which play major role in the LU/LC structure on the territory, are Chromic Luvisols with 45.8 % of the river basin's area. These soils are mainly located on the lower parts of the slopes,

whereas the next prevailing soil type, i.e. Cambisols, with its 36.37 % are located on a higher altitude. The rest 17.4 % are covered with bare soils or Antroposols, which is connected to the human impact on soils in the region (Ninov, 2002; Soil Atlas of Europe, 2005).

Materials and methods

The input data for present study consists of Panchromatic and Multispectral (MS) satellite image from QuickBird satellite acquired in May 2008; Digital Elevation Model (DEM) with 5m accuracy derived from topographic maps with scale 1:5 000 and elevation points, Slope, Aspect and river basin's derivatives from the DEM; vector layers such as hydrological network and water bodies in the river basin, and semi-automatically generated hydrological network from the DEM. The software used is ArcGIS/ArcInfo 9.2 (Academic license), with the Feature Analyst 4.2 extension (shareware license), and ERDAS Imaging 9.1 for accuracy assessment of the results. The main dataset for the study was organized into a geodatabase in ArcInfo 9.2/ArcCatalog 9.2. The feature layers were stored in feature classes and feature datasets in UTM projection, WGS 84 reference ellipsoid, Zone 34 N.

The Automated Feature Extraction (AFE) Algorithms employs for any single image most of the major interpretation keys in remote sensing: Shape, Size, Colour, Texture, Pattern, Shadow, and Association. Each class of the LU/LC is classified by collecting a set of training test sites; whilst as an input for the image classification is used also image texture and DEM.

Results and discussions

Data collection and data manipulation are usually regarded as one of the most important stages in terms of time and resources in each earth-science research. These stages include data preparation, i.e. georeferencing, rectification, digitization, attributive data entry, geodatabase management of data layers. The main layers used as input parameters for the LU/LC classification are: QuickBird Pan and MS channels acquired in May 2008, DEM and relief's main derivatives: slope and aspect, and image texture. All this data was organized, maintained and manipulated in a personal geodatabase. The *Teyna river* basin border area was used to mask out the outer parts of the catchment from the classification in order to speed up the image classification and to enclose the classification within the study area only.

The main set of parameters for initialization of the AFE algorithms are usually chosen in advance, and for the current work the best option, after several trials with different set of parameters was: Multi-Class approach, which uses, two or more grouped training sets into a multi-class learning set using the Prepare Multi-class Input Layer feature function and the Wall-to-wall option being put on (Feature Analyst 4.2 for ArcMap, Reference Manual).

The image resolution and the size and type of the classified object are of crucial importance when setting up the learning parameters. Setting up the initial parameters is also important, because some basic pre-processing steps are taken at that stage, such as histogram stretching and bilinear interpolation and resampling of the input images. The texture pattern or the moving kernel used were generally Manhattan and Bulls-eye textures with ranging neighbours from 3 to 7-8 for better discrimination of the forest border. After running the AFE with this set of parameters, following clean-up of the meandering contours of the LU/LC types was done using the Smooth Features Tool and aggregating the output areas.

Accuracy assessment of the classification results was performed in ERDAS Imaging 9.1 software using stratified random sampling and ground truth collection during the summer of 2010. There are several sampling schemes used to perform accuracy assessment of image classification results, such as: simple random sampling to a scheme called stratified, cluster sampling, systematic and unaligned sampling. Among those the stratified random sampling is considered the most appropriate for accuracy assessment of thematic maps with classification results (Congalton, 2009). In present study the stratified random sampling was used by randomly sowing 108 sampling points proportionally to area percentage of the 9 resulting LU/LC classes. After running the AFE supervised classification the resulting LU/LC classes' percentages are represented on **Figure 1** and **Table 1** and the results from the accuracy assessment are presented on **Table 2** below.

No	Classes	Area (km ²)	Percent
1	Asphalt roads	0.036063	0.00%
2	Bare ground	0.648927	7.00%
3	Coniferous forest	1.906767	21.00%
4	Grasslands	0.198135	2.00%
5	Meadows	0.68886	8.00%
6	Mixed deciduous forest	1.562715	47.00%
7	Quarry	0.049689	1.00%
8	Sparse vegetation	1.221408	14.00%
9	Water bodies	0.051471	1.00%

Table 1. Percentage of LU/LC classes for Teyna river basin

Table 2. Accuracy assessment of Teyna river basin LU/LC classification

Nº	Class name	Asphalt roads	Bare ground	Coniferous forest	Grasslands	Meadows	Mixed deciduous forest	Quarry	Sparse vegetation	Water bodies	Total possible	Omissions	Commissions	Mapping accurac y
1	Asphalt roads	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.00%	0.00%	100.00%
2	Bare ground	0	5	0	0	0	0	2		0	7	28.57%	0.00%	71.43%
3	Coniferous forest	0	0	19	0	0	0	0	2	0	21	9.52%	9.52%	82.61%
4	Grasslands	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	50.00%	50.00%	50.00%
5	Meadows	0	0	0	0	8	0	0	0	0	8	0.00%	12.50%	88.89%
6	Mixed deciduous forest	0	0	0	0	0	47	0	0	0	47	0.00%	0.00%	100.00%
7	Quarry	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	0.00%	66.67%	60.00%
8	Sparse vegetation	0	0	2	0	0	0	0	12	0	14	14.29%	14.29%	75.00%
9	Water bodies	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0.00%	0.00%	100.00%
/		3	5	21	1	9	47	5	14	3	108	Overall a	accuracy	93.52%





Conclusions

From the predefined patterns some of them preset for the specific LU/LC type, used for training over the image set, the Manhattan and Bulls-eye texture types were found to be more suitable for LU/LC classification of the of *Teyna river* basin. That is mainly because of the high resolution of the QuickBird image and the patchy mosaics of the landscape. This conclusion is also applicable for the texture image, because it was derived from the panchromatic channel of QuickBird, which does not differ significantly from the MS texture. Some key assumptions which could be drawn from the accuracy assessment of the LU/LC results are:

- The overall mapping accuracy is above the lower limit for LU/LC classifications 93.52%, which is satisfactory for large scale LU/LC purposes.
- Thematic accuracy of the LU/LC classification of the *Teyna river* basin using the means of AFE algorithms revealed that the lowest accuracy is matched for the classes of Grasslands 50%, Quarries 60% and Bare ground 71.43%. This could be addressed mainly to poor spectral discrimination in the spectral space between classes of QuickBird image, and their similar texture.
- The highest accuracy of about 100% was achieved in the LU/LC classes such as: Asphalt roads, Mixed deciduous forest and Water bodies.

The low thematic accuracy of some LU/LC classes could be due to the omission of the AFE classification algorithm or due to interference of other input layers such as texture and DEM. The highest thematic accuracy for abovementioned classes could be due to better separability in spectral space and clear borderlines of the natural features on the satellite image. Lower accuracy in Coniferous forests, which is typically better discriminated using other hard and soft image classifiers, could be due to mixing of shade, texture and DEM's values with cliffs, and other shadows cast by natural or manmade features.

Acknowledgements

Present study was kindly supported with data and software facilities from Project Nz-No.1507/05 *Development of Methodical Fundamentals of Landscape-Ecological Planning Using Geoinformation Technologies* between SRI-BAS and the Scientific Research Fund at the Ministry of Education and Science of Bulgaria. The work is also supported by the Framework of the Operational Program-Human Resources Development of the Bulgarian Ministry of Education, Youth and Science, Funded by the European Social Fund (ESF), CONTRACT No BG051PO001/07/3.3-02/63/170608. The ArcGIS 9.2 software used for the presented study was granted by ESRI Inc. in 2007 under the ESRI Conservation Program and SCGIS Scholarship Program. Feature Analyst 4.2 extension shareware license for this study ArcGIS 9.x was granted by Overwatch Geospatial LTD., a subsidiary of Textron Systems Inc. Special acknowledgements have to be given to the staff and the head of Department of Remote Sensing and GIS and especially to Assoc. Prof. Dr Eugenia Roumenina, Ph.D.

References:

- 1. B a a t z, M. & A. S c h, (2000) Multiresolution Segmentation: an optimization approach for high quality multiscale image segmentation. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 58(3-4): pp. 12-23.
- B I a s c h k e, T., S. L a n g, E. L o r u p, J. S t r o b I & P. Z e i I, (2000) Object-oriented image processing in an integrated GIS/remote sensing environment and perspectives for environmental applications. *Environmental information for planning, politics and the public 2*: pp. 555–570.
- 3. B u r n e t t, C. & T. B I a s c h k e, (2003) A multi-scale segmentation/object relationship modelling methodology for landscape analysis. Ecological Modelling 168(3): pp. 233-249.
- C o n g a I t o n, R. & K. G r e e n, (2009) Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices. 2nd edition, CRC Press, New York.
- N e u b e r t, M. & G. M e i n e l, (2003) Evaluation of segmentation programs for high resolution remote sensing applications. In: Proceedings of the ISPRS Joint Workshop *High Resolution Mapping from Space*, pp. 6–8.
- N i n o v, N. Taxonomic List of Soils in Bulgaria According the Fao World Soil Classification." Teaching in Geography, No. 5 (2005). URL: http://www.geography.iit.bas.bg/2005/5-05/pp4-20.html [date accessed 10.01.2010].
- 7. V a n d e r S a n d e, C. J., S. M. d e J o n g, & A. P. J. d e R o o, (2003) A segmentation and classification approach of IKONOS-2 imagery for land cover mapping to assist flood risk and flood damage assessment. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 4(3): pp. 217-229.
- 8. Feature Analyst 4.2 for ArcMap Reference Manual, Visual Learning Systems, Inc., 2008.
- 9. European Soil Bureau Network. "Soil Atlas of Europe." 128 European Commission, 2005.

ACCURACY ASSESSMENT COMPARISON OF PER-PIXEL SUPERVISED AND OBJECT-ORIENTED LAND-COVER CLASSIFICATIONS ON A QUICKBIRD IMAGE

Vassil Vassilev, Eugenia Roumenina

Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: vassilev_vas@yahoo.com, eroumenina@gmail.com

Keywords: Land-cover; QuickBird image; Per-pixel supervised classification; Object-oriented classification; Feature Analyst 4.2.

Abstract: Accuracy assessment comparison of 1) per-pixel supervised (in ERDAS Imagine software), and 2) object-oriented (in ArcGIS Feature Analyst 4.2. Extension tool) land-cover image classifications based on extraction of thematic information from very high resolution multi-spectral QuickBird image is presented in the present paper. The accuracy assessment comparison is applied on a highly fragmented urban and agricultural land, Novi Iskur District, Sofia municipality, Bulgaria, and includes several work stages. A land-cover classification scheme for the studied area was created. Large scale land-cover maps for the Novi Iskur District are composed based of the final results and the differences of each land-cover class are assessed using image analysis. The essential part of this study is using a combination of spectral reflectance and texture differences to extract different land-cover classes in the object-oriented classification. Unsupervised classification, fuzzy convolution filter, relief data, and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) were supplemented and used as ancillary data in the classification process. The Area of Interest (AOI) for both classifications is the same; this makes the comparison method possible. The accuracy assessment for both classifications was calculated using accuracy assessment tool in ERDAS Imagine software. It was found that the object-oriented classification has better overall classification accuracy (94.15%) than the per-pixel supervised classification (89.51%) and the overall Kappa statistics are respectively 0.9335 and 0.8776. Using an analysis tool in ArcGIS, the land-cover comparison was composed. Comparison matrix from per-pixel supervised to object-oriented classification is presented in the study. It can be concluded that the highest percentage of conversion has been detected regarding the land-cover class of Agricultural Land from the per-pixel supervised classification, which has been converted to Pastures and Orchards classes as high as 5%, compared to the object-oriented classification. This can be explained by the difficulty in separating Agricultural Land by using per-pixel type of classification, which involves mixed-pixel problem. The Orchards class has experienced about 4.50% of conversion to Forest Canopy and Pastures classes from per-pixel supervised to object-oriented classification. The Orchards class has that problem because it is very difficult to digitize accurate and pure AOI. One of the major problems includes the Transport and Industrial Infrastructure class which is converted to Residential Buildings and Agricultural Land classes in the objectoriented classification. This is a result, on one hand, from the mixed-pixel problem and, on the other hand, from the highly fragmented land which includes agricultural land in close proximity of the residential land which is difficult to assess by the per-pixel algorithm of image classification. Assessing the guality of the two basic image classification algorithms is important to evaluate the accuracy of each land-cover class. The study is useful for providing assessment of land-cover accuracy for both urban and non-urban environment.

СРАВНИТЕЛНА ОЦЕНКА НА ТОЧНОСТТА МЕЖДУ ПИКСЕЛНО-ОРИЕНТИРАНА И ОБЕКТНО-ОРИЕНТИРАНА КЛАСИФИКАЦИЯ НА ЗЕМНОТО ПОКРИТИЕ ВЪРХУ САТЕЛИТНО ИЗОБРАЖЕНИЕ НА QUICKBIRD

Васил Василев, Евгения Руменина

Институт за космически и слънчево-земни изследвания – Българска академия на науките e-mail: vassilev_vas @yahoo.com , eroumenina @gmail.com

Ключови думи: Земно покритие; пикселно-ориентирана класификация; обектно-ориентирана класификация; Feature Analyst 4.2.

Абстракт: В настоящият доклад е представена сравнителна оценка на точността между 1) пикселно-ориентирана (в ERDAS Imagine software) и 2) обектно-ориентирана (в ArcGIS Feature Analyst

4.2. Extension tool), контролирана класификация на земното покритие, основана на извличане на тематична информация от изображение със свръхвисока пространствена разделителна способност от QuickBird. Сравнителната оценка на точността е извършена върху силно фрагментирана урбанизирана и земеделска територия, община Нови Искър, Столична голяма община, България и включва няколко работни етапа. Създадена е класификационна схема на земното покритие за изследваната територия. Съставени са едро-мащабни карти на земното покритие на основата на крайните резултати и разликите на всеки клас земно покритие е оценено използвайки методи за анализ на изображението. Ключово място в това изследване включва използването на спектралното отражение и текстурните различия за извличане на всеки клас земно покритие за обектноориентираната класификация. Като допълнение към класификационния процес са използвани: Неконтролирана класификация, Фъзи филтър, ЦМР (цифров модел на релефа) и Нормирания разликов вегетационен индекс(NDVI). Обучаващите множества за двете класификации са еднакви, поради което може коректно да се сравнят двете класификации. Оценката на точността беше изчислена за двете класификации използвайки инструмента за оценка на точността в ERDAS Imagine software. Беше установено, че обектно-ориентираната класификация има по-добра обща точност (94.15%) в сравнение с пикселно-ориентираната класификация (89.51%) и с Карра статистика 0.9335 и 0.8776, респективно за двете. Използвайки analysis инструмента в ArcGIS сравнението на класовете земнопокритие беше извършено. Сравнителна матрица на изменението от пикселно-ориентираната към обектно-ориентираната класификация е представена в доклада. Може да се направи извода на базата на тази матрица, че най-висок процент на изменение се наблюдава при класа земно покритие Agricultural Land от пикселно-ориентираната класификация, като класа се изменя в класове Pastures и Orchards с около 5% в обектно-ориентираната класификация. Това може да се обясни с трудността при отделянето на класа Agricultural Land чрез използването на пикселно-ориентирана класификация, която е силно засегната от проблема със "смесеният пиксел" и съответно точността на класа земно покритие е по-малка. Класът земно покритие Orchards е подложен на около 4,50% изменение в класовете Forest Canopy и Pastures от пикселно-ориентираната класификация към обектноориентираната. Класа земно покритие Orchards е проблемен, защото е много сложно да се определи точно и чисто обучаващо множество без да има смесен клас в него. Един от основните проблеми при сравнителната оценка на точността включва класа Transport and Industrial Infrastructure, който е изменен в класовете Residential Buildings и Agricultural Land в обектно-ориентираната класификация. Това, от една страна, е резултат от проблема със "смесения пиксел", а от друга - от силно фрагментираната територия, която включва земеделски ниви в близост до населените места, което прави класа труден за извличане чрез пикселно-ориентираната класификация. Сравнителната оценка на два основни алгоритъма за класификация на сателитни изображения е важно с оглед определяне точността на всеки индивидуален клас земно покритие. Докладът е полезен поради факта, че в него се оценява точността на класове земно покритие, както за урбанизираната, така и за неурбанизираната територия.

Introduction

Remote sensing has proved to be a powerful tool for monitoring rapid land-use changes. In the last three decades, the technologies and methods of remote sensing have dramatically progressed to include operating a suite of sensors at a wide range of platforms with potential interests and impacts on land planning and land management compared with the traditional manner [1]. Although the full potential of remote sensing technology for change detection applications has yet to be completely realized, planning agencies at local, regional and international levels now recognize the need for remote sensing information to help formulate policy and provide insight into future change patterns and trends [2]. Numerous researchers have addressed the problem of accurately monitoring landcover and land-use change in a wide variety of environments with a high degree of success [3] [4] [5]. Further, the change-map product of two classifications often exhibits accuracies similar to the product of multiplying the accuracies of each individual classification [6] [7]. The major "mixed pixels" problem for accuracy assessment in the hard classifiers was solved by increasingly used fuzzy (soft) classifications [8]. Various new techniques take into account, besides the spectral data, also the texture features of the image as additional layer in classification process [9]. An improved accuracy, especially for urban land-use/land-cover classifications, has been proposed by the object-oriented [10] and object-based [11] classifications.

The purpose of the present paper is to present accuracy assessment comparison of per-pixel supervised and object-oriented supervised land-cover image classifications using unsupervised classification, fuzzy convolution filter, relief data, texture analysis and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) as an ancillary data in the classification process. One of the major benefits of this study is that it is dealing with different kind of land-cover classes representing the non-urban environment like: Agricultural land, Natural Meadows, Pastures, Orchards, Water Bodies and Forest Canopy, as well as the urban environment: Transport and Industrial Infrastructure and Residential

Buildings, which is not a common practice. In order to achieve that several tasks have to be solved, which are explained below in section Results and Discussions.

1. Results and Discussions

The study has been applied on a highly fragmented urban and agricultural territory, district of Novi Iskur, municipality of Sofia, Bulgaria. The study area is 4.6067 square km. It includes several Work Stages described in details below.

1.1. Designing a geodatabase

A geodatabase was designed to store data from ground surveys, shape files, supervised and unsupervised classifications, photos and the chosen satellite image. A multi-spectral QuickBird image acquired on 31.05.2008 has been chosen. The chosen image is appropriate for image classification comparison because it is acquired when the agricultural land and forests are very well distinguished one from another. Additionally, a panchromatic image was used to increase the visual interpretation with its 0.61 meters spatial resolution compared with the 2.44 meters spatial resolution of the multi-spectral image. Digital Elevation Model (DEM) with 40-meter cell size and Rational Polynomial Coefficients (RPC) geometric correction model in ERDAS IMAGINE were used for orthorectifying the QuickBird image (from Digital Globe). Ground control points selected from orthophoto images with 0.5 meter resolution were used for adjusting the RPC values. The RPC model uses cubic polynomials for transformation from ground surface coordinates to image coordinates [12].

1.2. Creation of Classification Scheme and Assessing the Distribution of the /Land-cover Classes on the Territory Using the Information Gathered in the Geodatabase

A land-cover classification scheme for the studied area was created for both classifications using the information in the geodatabase including shape files, ground data and initial visual interpretation of the image. For that purpose, the first field check was conducted; ground control points (GCP) were taken with GPS receiver for some typical training sets for the studied land-cover classes; and test regions were evaluated for the both classifications from which to assess the accuracy of the classification.

Eight land-cover classes are recognized in the first level to be distributed in the studied area after the first field work: Transport and Industrial Infrastructure (TII), Residential Buildings (RB), Agricultural Lands (AL), Natural Meadows (NM), Orchards (O), Pastures (P), Forest Canopy (FC) and Water Bodies (WB). The second level of the classification scheme details these 8 land-cover classes to 11 land-cover classes as follows: Transport and Industrial Infrastructure, Residential Buildings, Crop 1 (C1), Crop 2 (C2), Crop 3 (C3), Natural Meadows, Orchards, Pastures, Coniferous Forest (CF), Deciduous Forest (DF) and Water Bodies.

1.3. Selection of a Method for Automatic Land-Cover Identification on the QuickBird Multi-Spectral Satellite Image

Automatic identification methods of the land-cover classes on the multi-spectral image were selected using visual interpretation and ground data gathered in previous stages of the work process. Four levels for automatic identification of the land-cover classes on the multi-spectral image were applied for the per-pixel supervised classification and three levels were applied for the object-oriented supervised classification. The training sets were digitalized using a visual interpretation of the image in different band combinations, as well as in-situ information from the ground surveys. Visual interpretation of the image was also used to identify the difference of the land-cover classes in hue, shape, size, structure, texture, shade, associations between them as the most common combinations of bands used were false color composite 4, 3 and 2 and true color 3, 2 and 1 as Red, Green and Blue, respectively.

1.4. Conducting Land-Cover Classifications and Evaluating their Accuracy

Four levels for automatic identification of the land-cover classes on the multi-spectral image were applied in ERDAS Imagine software for the per-pixel supervised classification and the following image processing procedures were used: 1) Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) image and the information gathered in the geodatabase; 2) Unsupervised classification was conducted before the supervised classification of the image using the Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique Algorithm (ISODATA). The unsupervised image was used to assess some differences in the agricultural land and the forest canopy, as additional layer from NDVI; 3) Supervised classification with non-parametric rule of parallelepiped and a parametric rule of maximum likelihood (MLC) was applied, and 4) Fuzzy convolution filter was used in order to reduce the mixed-pixel problem for the classified image.

Three levels for automatic identification of the land-cover classes on the multi-spectral image were applied in ArcGIS FEATURE ANALYST 4.2. tool extension for the object-oriented classification: 1) Normalized Difference Vegetation Index (NDVI); 2) Relief data (digital elevation model) with 10 meters cell size as elevation band data were used as an additional layer in the classification; and 3) Texture analysis. The selected band data were reflectance for the multi-spectral image and texture for the panchromatic image.

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was used to digitalize properly the training sample for the classification process in both per-pixel supervised and object-oriented supervised classifications, especially for the class AL.

The confusion matrix provides the Overall Accuracy (OA) of the classification, which indicates the percentage of correctly classified pixels; the producer's accuracy (PA) and omission error indicate the probability that a classified pixel actually represents that category in reality; and the user's accuracy (UA) and commission error indicate how well training-set pixels were classified [13]. Two hundred (200) randomly distributed points on the image were used for calculating the accuracy assessment of the both resulted image classifications. Some of the points were positioned at the edge of the image, so these points were left out of the actual points from which accuracy was evaluated.

Table 1. E	rror Matrix ⁻	Table for	per-pixel s	supervised	classification
------------	--------------------------	-----------	-------------	------------	----------------

Class Name	C1	C2	C3	0	NM	Ρ	CF	DF	RB	TII	WB	Row Total
C1	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
C2	1	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33
C3	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3
0	0	0	0	26	1	1	3	1	0	0	0	32
NM	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	3
Р	0	0	0	0	1	19	0	0	0	2	0	22
CF	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	12
DF	0	0	0	0	0	0	2	25	0	0	0	27
RB	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	6
TII	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4
WB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Column Total	20	32	2	27	4	20	17	27	3	9	1	162

Table 2. Error Matrix Table for the object-oriented classification

Class Name	C1	C2	C3	0	NM	Ρ	CF	DF	RB	TII	WB	Row Total
C1	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
C2	0	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33
C3	0	0	33	0	0	0	0	0	0	0	0	33
0	0	0	0	20	0	0	1	5	0	0	0	26
NM	0	0	0	1	13	0	0	0	0	0	0	14
Р	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	8
CF	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	8
DF	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0	25
RB	0	0	0	0	0	0	0	0	7	1	0	8
TII	2	0	0	0	0	1	0	0	0	17	0	20
WB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Column Total	14	33	33	21	13	9	9	30	7	18	1	188

• • •	· ·	
	n nel-nivel ann	 maccinicatione
		Ulabolitudululu

	Per-pi cla	xel supervised assification	Object-oriented classification			
Classes /Accuracy (%)	Producers	User's	Producers	User's		
TI Infrastructure	44.44	100.00	83.33	83.33		
Residential Buildings	100.00	50.00	100.00	87.50		
Agricultural Land	98.33	87.88	95.23	100.00		
Natural Meadows	50.00	66.67	100.00	92.86		
Orchards	96.30	81.25	95.24	76.92		
Pastures	95.00	86.36	88.89	100.00		
Forest Canopy	81.59	96.29	86.11	100.00		
Water Bodies	100.00	100.00	100.00	100.00		

Therefore, the actual points used for the per-pixel and object-oriented classifications were 162 and 188, respectively. It was found that the object-oriented classification has better overall classification accuracy (94.15%) than the per-pixel supervised classification (89.51%), and the overall Kappa statistics was 0.9335 and 0.8776, respectively.

Considering the accuracy assessment table it can be concluded that TII, RB and NM classes are experiencing more difficulties in the per-pixel classification (with Producer's and/or User's accuracy below 70%) compared to the object-oriented classification. Good result is presented in the per-pixel classification regarding the class FC as a result from the additional processing applied like Fuzzy convolution and Majority filters and the preliminary experience with the unsupervised classification and NDVI image. For the object-oriented classification the classes P and FC are more difficult to assess, while the classes TII and RB are well presented and are having appropriate accuracy assessment considering the specifics of the territory studied.

1.5. Accomplishment of Visual Computer Aided Interpretation of the Classified Satellite Image A Visual computer aided interpretation was performed for classes that have producers and users accuracy less than 80%. Based upon these conclusions some specific areas in the classified images were appointed for a field check in order to evaluate their difficulty in the classification process.

1.6. Conducting a Field Check of the Results

A field check of the results was conducted in order to compare the accomplished results from the accuracy assessment report with the actual situation on the field. The field work was accomplished throughout several visits to the studied area during 2009 and 2010 with the purpose to assess the agricultural land, forests and the urban environment. It was found that the RB class is more difficult to accurately be separated by spectral and even texture analysis because of the different roof-tops. The TII class, on the other hand, has even more complicated problem, because of the difficulty in recognizing the different ground surfaces or roofs of the industrial buildings as one single class in the classification process. The O class was also appointed for a field check as its accuracy in the object-oriented classification was below 80%. This can be explained with the difficulty in digitizing a good and representative training sample. The NM class showed very low accuracy (below 70%) for the per-pixel classification and the class was subjected of careful observations in the field check stage.

1.7. Composing a Large Scale Land-Cover Maps of the Two Supervised Classifications

A large scale land-cover maps were composed for the per-pixel supervised (Figure 1) and object-oriented supervised (Figure 2) classifications. The statistical method Majority from Focal statistic in ArcGIS 9.3 software was applied with the purpose of additional cleaning of the mixed pixels on the maps.



Fig. 1. Per-Pixel Supervised Classification of the District of Novi Iskur based on a QuickBird Image



Fig. 2. Object-Oriented Supervised classification of the District of Novi Iskur based on a QuickBird Image

2. Accuracy assessment comparison of per-pixel supervised and object-oriented landcover classifications

Using analysis tool in ArcGIS the accuracy assessment comparison of per-pixel supervised and object-oriented land-cover classifications was composed. It represents the land-cover classes' conversion between per-pixel supervised to object-oriented supervised classification. It shows the change in percentage from one to the other land-cover class using different image classification algorithms (Table 4).

The land-cover class Agricultural Land is experiencing conversions to land-cover classes Orchards and Pastures with 4.51% and 5.34% respectively. This is related with the spectral similarities between classes Crop 3 and Orchards which are guite difficult to discriminate using the unsupervised. per-pixel supervised and NDVI classified images. The Forest Canopy class is accurately classified in both classifications. This can be explained with the date of acquisition together with the good recognition between Coniferous forest and Deciduous forest by using false color composite. The Natural Meadows land-cover class is represented by 9.02% of the territory studied. There is an around 2% conversion to classes Orchards and Agricultural Land. This is also result from the spectral similarities of these land-cover classes. But considering the image processing procedures involved in the per-pixel supervised algorithm it is assumed that the Natural Meadows land-cover class has good result, which has reduced the error in a regular per-pixel supervised classification. The class Orchards is changed with around 4.50% to classes Forest Canopy and Pastures, which is a large number considering that the actual class Orchards represents only 6.35% of the studied territory. This is due to the difficulty in selecting appropriate training sample, the limited choice of training sample and the date of acquisition of the image. There were two approaches applied in digitizing this class: first to digitize only the crowns of the trees and the second to select the whole trees along side with inter-thins. The results from both approaches were unsatisfying. The land-cover class Pastures has little change from per-pixel supervised to object-oriented supervised classification. This is evidence for the precisely chosen training sample. The land-cover class Residential Buildings is also well classified which is also due to the carefully selecting training samples and not digitizing mixed classes as a learning algorithm for the classification. The land-cover class Transport and Industrial Infrastructure is class with low accuracy, which was investigated in the field work stage very carefully. After collecting all the evidence it can be concluded that this class is mixed with the land-cover class Agricultural Land. This is because these types of settlements are having gardens in the back yards of each house with different crops for family consummation. This makes them difficult to discriminate and the borders of the landcover classes are experiencing mixed-pixel problems, which with different classification and image filters are difficult to solve. The land-cover class Water Bodies is accurately classified, which is based on the good spectral recognition of water by the two types of image classifications. Figure 3 shows summarized result from both supervised classifications. From that map it is evident that 59% are coinciding land-cover classes from both classifications and 49% are not coinciding. It can be concluded that the not coinciding land-cover classes are the Residential Buildings and Transport and Industrial Infrastructure land-cover classes, which proves the difficulty in discriminating these classes in the per-pixel supervised classification and also the difference in both algorithms despite the same training samples. The authors also recognize the complexity in dealing simultaneously with land-cover classes representing the urban and non-urban classes.

Class Name	Agricultural Land	Forest Canopy	Natural Meadows	Orchards	Pastures	Residential Buildings	Transport and Ind. Infrast.	Water Bodies	Grand Totals
Agricultural Land	20.97	0.01	1.97	0.56	0.99	0.99	3.30	0.00	28.79
Forest Canopy	0.00	14.50	0.00	4.26	0.02	0.01	0.02	0.01	18.82
Natural Meadows	0.23	1.29	9.02	0.39	0.00	0.00	0.03	0.00	10.96
Orchards	4.51	1.10	2.10	6.35	0.87	0.05	1.09	0.01	16.09
Pastures	5.34	1.07	0.50	4.50	4.05	0.31	1.31	0.00	17.08
Residential Buildings	0.42	0.01	0.01	0.02	0.00	1.40	2.61	0.02	4.49
Transport and Ind. Infrast.	0.27	0.00	0,00	0.00	0.00	0.50	2,36	0.00	3.14
Water bodies	0.01	0.03	0.00	0.09	0.00	0.00	0.02	0.48	0.63
Grand Totals	31.75	18.00	13.60	16.18	5.94	3.27	10.74	0.53	100

Table 4. Accuracy Assessment Comparison Table (in percentage %)



Fig. 3. Map of Coinciding and Not Coinciding Land-Cover Classes on Per-pixel Supervised and Object-Oriented Classifications on a QuickBird image

3. Conclusions

Considering the accuracy assessment tables for the both classifications it can be concluded that TII, RB and NM classes are experiencing more difficulties in the per-pixel classification (with Producer's and/or User's accuracy below 70%) compared to the object-oriented classification. Good result is presented in the per-pixel classification regarding the class FC as a result from the additional processing applied like Fuzzy convolution and Majority filters and the preliminary experience with the unsupervised classification and NDVI image. It can be concluded from that confusion matrix of the accuracy assessment comparison that the highest percentage of change has been detected regarding the land-cover class Agricultural Land from the per-pixel supervised classification, which has been changed to classes' Pastures and Orchards as high as 5% to the object-oriented classification. This can be explained with the difficulty in separating the Agricultural class by using per-pixel type of

classification and the mixed-pixel problem. The class Orchards has experienced 4% of change compared to the per-pixel supervised classification and the conversions involve the Pastures and Forest Canopy land-cover classes. The class Orchard has significant problem because it is very difficult to digitize accurate and pure Area of Interest (AOI). Some other problems include the class Transport and Industrial Infrastructure which is changed from the per-pixel supervised classification to Residential Buildings and Agricultural Land classes in the object-oriented classification. As a future work the authors foresee the utilization of satellite images with better spectral resolution with the purpose of more accurate discrimination of land-cover classes with similar spectral properties and as a result giving better overall classification accuracy.

Acknowledgment

The study is implemented within the framework of Scientific-Research Contract NZ-No.1507/05 concluded between the SRI–BAS and the Scientific Research Fund at the Bulgarian Ministry of Education and Science. The PhD student Vassil Vassilev is a participant in Project Contract No. BG051PO001/07/3.3-02/63/170608 funded by the Scientific Research Fund at the Ministry of Education of the Republic of Bulgaria under the Human Resource Development Operational Programme, 2008–2010.



References:

- 1. Rogan, J. and D. Chen. Remote sensing technology for mapping and monitoring land-cover and land-use change. Prog. Plan. 61: 301–325, 2004.
- Jensen, J. and D. Cowen. Remote sensing of urban/suburban infrastructure and socio-economic attributes. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 65, 611–622, 1999.
- 3. Muchoney, D. and B. Haack. Change detection for monitoring forest defoliation. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 60, 1243–1251, 1994.
- 4. Singh, A. Digital change detection techniques using remotely sensed data. International Journal of Remote Sensing 10, 989–1003, 1989.
- Chan, J.C.-W., K.-P. Chan and A.G.-O Yeh. Detecting the nature of change in an urban environment—a comparison of machine learning algorithms. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 67, 213–225, 2001.
- Stow, D.A., L. Tinney and J. Estes, Deriving Land Use/Land Cover Change Statistics from Landsat: a Study of Prime Agricultural Land, Proceedings of the 14th International Symposium on Remote Sensing of the Environment, Ann Arbor Press, Chelsea, MI, pp. 1227–1237, 1980.
- 7. Mas, J.F. Monitoring land-cover changes: a comparison of change detection techniques. International Journal of Remote Sensing 20, 139–152, 1999.
- 8. Townsend, P.A.. A quantitative fuzzy approach to assess mapped vegetation classification for ecological applications. *Remote Sensing of Environment*, **72**, 253–267, 2000.
- 9. Puissant, A., J. Hirsch and C. Weber. The utility of texture analysis to improve per-pixel classification for high to very high spatial resolution imagery. *International Journal of Remote Sensing*, **26**, 733-745, 2005.
- 10. Thomas, N., C. Hendrix, and R. Congalton, A comparison of urban mapping methods using highresolution digital imagery. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, **69**, 963-972, 2003.
- 11. Definiens Imaging. eCognition version 3 object oriented image analysis. Definiens Imaging GmbH, Munich, Germany, 2002.
- Roumenina, E., V. Vassilev and K. Ruskov, Large scale cartography and analyses of man-induced transformation in an urban area using satellite imagery with very high resolution. In: Proceedings RAST2009: 4th International Conference on Recent Advances in Space Technologies, 11-13 June 2009, Istanbul, TURKEY, 313-316, 2009.
- 13. Rogan, J., J. Franklin and D. Roberts. A comparison of methods for monitoring multitemporal vegetation change using Thematic Mapper Imagery. Remote Sens. Environ. 80, 143-156, 2002.

Sixth Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, SAFETY 2–4 November 2010, Sofia, Bulgaria

ВИЗУАЛНО ДЕШИФРИРАНЕ НА САТЕЛИТНО ИЗОБРАЖЕНИЕ ОТ СПЪТНИКА WORLD-VIEW 1 НА СРЕДНОВЕКОВНИЯ ГРАД ПЛИСКА

Стефан Стаменов

Институт за космически и слънчево-земни изследвания – Българска академия на науките e-mail: stamenovstefan@gmail.com

Ключови думи: Визуално дешифриране, археология, Плиска, сателитно изображение, преки признаци

Резюме: Средновековният град Плиска е първата българска столица. Градът съществува от края на 7 в. до средата на 11 в. Днес той е един от най-значимите археологически обекти в България. Настоящото изследване е резултат от работа по научноизследователски проект за разработване на първична геобаза данни за Външния град на Плиска с използване на сателитни и наземни данни, съгласно сключен договор между Институт за космически и слънчево-земни изследвания – БАН и Национален археологически институт с музей – БАН. Целта на настоящият доклад е да се покажат резултатите от компютърно-подпомогнато визулно дешифриране на обекта, корелирани с данни за археологически обекти картирани регистрирани и картирани при археологически проучвания. По този начин може да се верифицира кои от регистрираните върху сателитното изображение петна са предтавени на терена и да се сравни как изглеждат.

VISUAL INTERPRETATION OF A SATELLITE IMAGE FROM THE WORLD-VIEW 1 SATELLITE OF THE MEDIEVAL TOWN OF PLISKA

Stefan Stamenov

Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: stamenovstefan@gmail.com

Key words: Visual interpretation, archaeology, Pliska, satellite image, elements of visual interpretation

Abstract: The medieval Town of Pliska is the first capital of Bulgaria. The town existed between the end of the 7th and the mid of the 11th century. It is one of the most significant archaeological sites in Bulgaria. This paper is a result of a scientific research project for development of a primary geodatabase for the Outer Town of Pliska using satellite and ground-based data under a contract between the National Archaeological Institute with Museum – BAS and the Space and Solar-Terrestrial Institute – BAS. The obhective of the paper is to show the results of computer aided visual interpretation of a satellite image of the site and correlate the detected signs with mapped structures from archaeological researches. Thus, one can verify which of the detected spots on the image are presented on the terrain and compare their look.

Въведение

Останките от средновековния град и първа българска столица Плиска се намират в Североизточна България на 28 км североизточно от град Шумен.

Според съвременните археологически проучвания Плиска е основана в края на 7 в. сл.н.е. и продължава своето съществуване до средата на 11 в. Столичният период на града започва от неговото създаване и продължава до 893 г., когато столица на България става град Преслав. По време на своето основаване и столичен период Плиска е един от най-големите градове в Европа.

Територията на средновековна Плиска днес условно е разделена на две части, Вътрешен град и Външен град. Външният град обхваща площ от 23 кв.км и е заобиколен от землено укрепление, изградено от ров и вал. Поради голямата си площ, той и до днес е слабо проучен. Вътрешния град има площ от 483 дка и е добре проучен, като част от постройките и укрепленията са реставрирани /Аладжов А. 2010/. С оглед опазването на българското културноисторически наследство, територията на средновековния град Плиска през 1970 г. е обявена за археологически резерват /http://museum-shumen.com/k5.html/. През XVII в. в района на Външния град на Плиска се създава малко турско-татарско селце на име Абоба /Рашев, Димитров, 1999/. Днес, това селище е град и носи името Плиска. /http://bg.guide-bulgaria.com/NE/Shoumen/Kaspichan/Pliska/. Той е разположен в южната част на Външния град. Днес, също така територията на Външния град се използва за земеделие. Тя е разделена на различни по площ ниви от около 100 дка до 1000 дка. Трайни насаждения са забранени с оглед опазването на археологическите останки от кореновата система на дърветата.



Фиг. 3. Източната порта на Външния град /възстановка/

През последните години проучването на Външния град на Плиска се активизира, като се набляга върху детайлното обхождане на района и старателното картиране на откритите обекти. Настоящото изследване е част от проект за изграждане на първична геобаза данни, чрез използване на дистанциони и наземни данни за територията на Външния град на Плиска. Целта изследването посредством компютърно е подпомогнато визуално дешифриране да се открият укрепителни следи ОТ сгради, съоръжения и друг вид изградени структури от средновековна Плиска на територията на Външния град.

Използван метод

Използван е методът на компютърноподпомогнато визуално дешифриране /Aronoff S. 2005/. Дешифрирано панхроматично е изображение от спътника Worldview-1. Дешифрирани са теренни участъци въз основа на техните преки признаци – форма, размер и тон. Информативните признаци са правилната геометрична форма, адекватен размер и светъл тон на участъка отличаващ го от тона на останалия терен. Тези преки признаци дават основание участъците да се интерпретират като останки от изкуствени структури, разпръснати от редовната машинна обработка на земята в района на Външния град на Плиска.



Фиг. 4. Външен град. Общ изглед.



Фиг. 5. Сателитно изображение от спътника WorldView – 1 на територията на първата българска столица

Полигоните, очертани върху сателитното изображение единствено с помощта на компютърно подпомогнатото визуално дешифриранед не могат се приемат като достатъчно доказателство за наличие в този район на останки от археологически структури. Наличието на петна с правилни геометрични форми върху изображението е само индикатор за структура с възможен изкуствен произход. Доказване на изкуствения произход на дешифрираните петна може да се установи само с помощта на теренни данни. Но дори теренното проучване да докаже по безспорен начин, че дешифрираните петна са с изкуствен произход, тоест създадени от хора структури или останки от структури, това все още не ги прави археологически обекти. Напълно възможно е, те да са съвременни или създадени в близкото минало, което не е обект на проучване на науката археология. Определянето на съответните изкуствени структури, като археологически обекти може да стане само след проучване с конвенционални археологически методи – теренни обходи или разкопки и датиране на откритите находки.



Фиг. 7. Карта с археологическите обекти във Външния град на Плиска. /по Рашев, Димитров 1999/

корелирането на получените чрез метода да компютърно подпомогнато визуално дешифриране резултати С теренни данни за археологическите обекти. Приложената на фиг. 7 карта Плиска, представя на археологическите обекти регистрирани посредством теренни обхождания И археологически разкопки. В настоящият доклад са представени три района от Външния град на Плиска. Районите са подбрани заради тяхното специфично разположение и концентрацията на археологически обекти в тях. Първият район е разположен северната стена до на Вътрешния град. Той представлява пространство, което е било оградено от каменен зид с площ от около 240 дка. /Рашев, Димитров 1999/. Вторият район ce намира западно от водослива на р. Асар дере. В него са регистрирани няколко археологически обекта. Третия район е разположен в югозападната част на Външния град и също обхваща няколко регистрирани археологически

Това

налага

обекта. Ще разгледаме трите района последователно, като първо ще бъдат представени резултатите от компютърно-подпомогнатото визуално дешифриране, а след това ще бъде направена корелация с археологическата карта.



Фиг. 9. Полигони очертани по сателитното изображение



Фиг. 10. Обекти от археологическата карта

При компютърно подпомогнатото визуално дешифриране на първи район са очертани няколко полигона на различими върху изображението петна с различен тон от околната повърхност. Корелацията с археологическата карта показва, че върху изображението са дешифрирани следите от каменната стена, могила 33 (кръгчето в лявата част) и сграда 69, а също и продълговата структура отбелязана на археологическата карта останки от улица. Останалите обекти, като църква 26, сграда 73 и могила 32, а също и сграда 94, намираща се извън ограденото пространство не са дешифрирани. Причината могила 32 и сграда 94 да не са дешифрирани е, че са разположени в нива с израснал посев, който ги прави неразличими.



Фиг. 11. Район II – водослив на Асардере



Фиг. 12. Полигони очертани по сателитното изображение



археологическата карта

В Район II на сателитното изображение са дешифрирани няколко полигона на близко разстояние един от друг. Единият от полигоните е очертан около място в нивата, което не се обработва, заради наличие на археологически обект там (фиг. 11, 12). Археологическата карта показва също няколко регистрирани обекта в района, които обаче са отбелязани с условни знаци и поради това не може да се определи формата на обектите.



Фиг. 14. Район III – югозападна част на Външния град



Фиг. 15. Полигони очертани по сателитното изображение



Фиг. 16. Обекти на археологическата карта

В Район III на изображението са дешифрирани три участъка с правилна геометрична форма, които могат да се интерпретират като останки от изкуствени структури. Корелирането с археологическа карта показва, че на сателитното изображение са разпознати обекти 42 и 49. Обекти 43 и 48 не са разпознати, а П-образният обект дешифриран на изображението на археологическата карта липсва.

Заключение

Компютърно подпомогнатото визуално дешифриране на сателитното изображение на средновековния град Плиска показа, че чрез него могат да се постигнат задоволителни резултати по отношение разпознаването на археологически обекти на терена. Използването му без корелативни данни, събрани с археологически методи на проучване и наземна информация
получени с други методи крие сериозен риск от грешки. Информацията получена само от дешифриране на сателитното изображение не доказва наличие на археологически обект върху проучвания терен.

Литература:

- 1. А л а д ж о в, А. 2009. Византийският град и българите VII-IX век. НАИМ-БАН, Дисертации т. 4 София 2009, 211 стр.
- 2. Рашев, Р., Я. Димитров. 1999. Плиска 100 години археологически разкопки. Шумен, 1999, 104 стр.
- 3. A r o n o f f, S. 2005. Remote Sensing for GIS Managers. Redlands, California, 2005. 487 p.
- 4. http://bg.guide-bulgaria.com/NE/Shoumen/Kaspichan/Pliska
- 5. http://museum-shumen.com/k5.html

MAJOR REMOTE SENSING DEVELOPMENT TENDENCIES IN THE COMING DECADE

Valentin Atanassov, Georgi Jelev, Lubomira Kraleva

Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: vatanassov@space.bas.bg

Keywords: remote sensing (RS), sensors, platforms, preliminary processing, next decade.

Abstract: Remote sensing of the Earth and space occupies a very important place in the development of modern science and technology and contributes greatly to the expansion and improvement of human knowledge about the Earth planet. Irrespective of its quite juvenile age, remote sensing of the Earth is expected to proceed at vigorous pace during the next decade.

The paper presents the major remote sensing development tendencies, analyzing the state-of-the-art of all its components, including sensors, platforms and software, classified based on their location – spaceborne, airborne or terrestrial. Some of the most important tasks are identified, which should be solved to accomplish the made forecasts. Based on the performed analysis, the expected development of remote sensing during the next decade has been extrapolated.

ОСНОВНИ ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИЕ НА ДИСТАНЦИОННИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ ПРЕЗ СЛЕДВАЩОТО ДЕСЕТИЛЕТИЕ

Валентин Атанасов, Георги Желев, Любомира Кралева

Институт за космически и слънчево-земни изследвания - Българска академия на науките e-mail: vatanassov@space.bas.bg

Ключови думи: дистанционни изследвания, сензори, платформи, предварителна обработка, следващо десетилетие.

Резюме: Дистанционните изследвания на Земята и космоса заемат изключително важно място в развитието на съвременната наука и технологии и стремително допринасят за разширяването и подобряването на човешките знания за планетата Земя. Независимо от съвсем младата възраст на дистанционните изследвания на Земята се прогнозират високи темпове на нарастване през следващото десетилетие.

В работата са представени основните тенденции на развитие на Дистанционните изследвания, като се анализира състоянието на всичките им компоненти, включващи сензори, платформи и софтуер, класифицирани в зависимост от вида.на базиране - космическо, въздушно и наземно. Посочени са някои от най-важните задачи, които следва да бъдат решени, за да придобият тези прогнози реални измерения. На базата на извършения анализ е направена екстраполация на очакваното развитие на дистанционните изследвания през следващото десетилетие.

Introduction

Remote sensing of the Earth and planets marked vigorous development during the recent decades. The applications of remotely sensed data and images cover important areas, such as weather forecasting, climate changes, planet biological, mineral, and water resources, agricultural yield forecasting. This coverage area is expanding continuously to include new fields, such as ecological monitoring of endangered areas, monitoring of global natural resource and environment changes, climate changes, public health care, security and more. Therefore, the conclusion can be made that the further development of remote sensing will take place in the conditions of increasing demands. The other two factors to affect the development of remote sensing in the next decade are technology progress and restricted resources [1-8].

1. Remote sensing development

Irrespective of the quite juvenile age and vigorous development of RS during the last some fifty years, and of spectrometric measurements during the last some thirty years, RS of the Earth using spaceborne, airborne or terrestrial instruments is expected to develop at a vigorous pace during the next decade. The CAGR (compound annual growth rate) of RS products is expected to increase by 6% on an annual base by 2014. A study of BCC Research considers instrumentation increase from the view point of the development prospects of the four available types of platforms: spaceborne, airborne, terrestrial and aquatic. The CAGR of the greatest segment – spaceborne platforms, is expected to increase by 5.7% on an annual basis, of the second-ranking segment, airborne platforms – by 6.4% on an annual basis, and of terrestrial and aquatic platforms – by 5% and 8.7%, accordingly.



Fig. 1 Increase of the funds allocated for the major RS application lines (Report Code: IAS022A, Published: February 2007, Analyst)

The expected CAGR for the most widely used instruments in RS – the spectrometric ones, as seen from the marketing experts' analysis points to an expected increase of 8.5% on an annual basis by 2013 [9,10].



The growth of the process spectroscopy market in USD millions is shown from 2004 and projected to 2013. The purple bar represents the equipment segment and the pink bar, the applications segment. Courtesy of BCC Research.

Fig. 2. Increase of the finds allocated for spectrometric devices and applications [10].

RS development will make RS data and information from various platforms, together with GIS coordinates of any location on the planet, accessible to common citizens. It is expected that in future, intelligent houses will obtain environment satellite data on a regular basis.

To turn these forecasts into reality, the following tasks should be resolved:

- improvement of the accuracy and resolution of RS data;
- improvement of the performance and access to RS data, which will improve the conditions for quick response;
- improvement of the preprocessing methods and techniques, which will relieve data processing and analysis;
- development of algorithms for joint use of RS data from various sensors to improve the quantity and quality of the information obtained by the users.

Actually, reaching these parameters necessitates development and improvement of RS methods and technologies, including sensors, platforms, and software.

The future development of RS on a national scale will depend on the adequate involvement in the process of three main sectors: academic community, government, and private sector (Fig. 3). Each of these sectors plays a specific role in supporting RS progress [3]. Their adequate future representation in the joint activity in the field may provide for a next, higher development level.

Remote Sensing				
Government	Academy	Private Sector		
Public interests Long-term planning Public infrastructure	Fundamental studies Innovations Independent views	User orientation Risk assessment – target groups Product efficiency		

Fig. 3. The mutually supplementing role of the governmental, academic and private sector

On a global scale, RS development will depend on the adequate participation of State coalitions in the process, such as the GEOSS (Global Earth Observation System of Systems) initiative – (NOAA) in which 66 states are participating.

2. Sensor development

During the recent decades, observation of the Earth's surface using instruments in the visible range developed greatly. Nowadays, the global network provides access to satellite images and data to a wide user circle. Moreover, the quality of these images has improved greatly - for instance, the images obtained from Ikonos feature 1m resolution for the panchromatic and 4m resolution for the multispectral devices. Data may be combined in a coloured image featuring 1m resolution. Currently, images featuring 0.1m resolution may be obtained, which creates difficulties for data receiving, storage, and processing. The development of a 14-bit CCD with 14000x9000 pixels for panchromatic image is planned. Since the development of such a matrix at nowadays technology level would not be efficient from the economical point of view, some companies, such as Vexcel, plan to develop a camera with 13 CCD - 9 for panchromatic images and 4 for spectral images [11]. Apart from the increased sensor size, such developments involve improvement of the devices' technical parameters, such as increase of the devices' quantum efficiency, increase of reading speed, increase of the signalto-noise ratio and more [1,2,12,13]. Achievement of high spectral and spatial homogeneity and high measurement accuracy requires modern optical design using high-efficiency optic components. Optomechanical design will be improved to provide for achievement of spectral and radiometric stability, which in its turn will facilitate the devices' spectral, spatial, and radiometric calibration.

The use of the invisible spectrum range is expected to expand, especially the use of the infrared and microwave part of it, and the number of active sensors is expected to increase to provide for improvement of spectral and spatial resolution.

The development of micro- and nano-technologies will provide to create small, inexpensive, autonomous sensors of the MEMS (microelectromechanical systems) type, but sized less than a blood cell. Millions of these devices are expected to form in future an expanding network related with digital data transfer networks which will provide to retrieve as much "information from unit volume", as possible.

Development of intelligent sensor networks. These networks will be proactive and will be able to meet and reflect the changes in the physical, chemical, and biophysical parameters of the environment.

Development of a global intelligent sensor network.

3. Platform development

3.1. Spaceborne RS systems (satellite systems).

They established themselves as a major Earth study source. They are financed mainly by the governmental space agencies. Their main advantage is provision of high-quality global coverage, quick response and frequent revisiting periods. Table 1 contains an excerpt for the existing RS satellite systems [3].

TYPE	NATION	SATELLITE OR PROGRAM	DESCRIPTION/PURPOSE
Geostationary Meteorology	USA ESA Japan	GOES METEOSAT MTSAT INSAT Feng Yun	2 active SC with imager and sounder 3 active spacecraft with imager 1 active spacecraft with imager
	India China		1 active spacecraft with imager 1 active spacecraft with imager
Polar Meteorology	USA Europe Russia China	POES/DMSP METOP Meteor Feng Yun	 3 active spacecraft, mult instruments 1 active spacecraft, mult instruments 1 active spacecraft, mult instruments 1 active spacecraft, mult instruments
Earth System Science	USA Europe	EOS ERS/Envisat	20+ satellites, variety of science Multi-instrument sats, variety of science
Earth Surface Resources, Oceans, Ice, and Disaster Monitoring	USA Japan India Italy Korea Taiwan China /Brazil USA/Fr	Landsat ALOS IRS/ResourceSat COSMO- Skymed KOMPSAT FormoSat CBERS Jason	Med-res multi-spectral, global coverage Multi-instr sat, land/disaster monitoring Mod-high res multi-spectral imager 4 spacecraft, imagers for mil/civ use Mod-high res multi-spectral imager Mod-high res multi-spectral imager Mod-high res multi-spectral imager Radar altimeter for ocean topography

Table 1. An excerpt for the existing RS satellite systems

One of the comprehensive satellite programmes is the NASA Earth Observing System (EOS) developed during the 80-ies of the last century. Currently, a series of satellites are operating within the EOS (Figure 5) [3] whose main objective is study of the Earth system in a number of important fields, such as climate change, geology, oceanography. This system comprises satellites intended for long-term monitoring, such as Landsat, providing medium-resolution images of the Earth's surface, as well as satellites intended to study the physics of Earth processes, such as the Terra satellites which provide 16 out of 24 climate-determining parameters, such as aerosols, clouds, temperature, vegetation and radiation.



Fig. 5. The NASA Earth Observing System (EOS) as of 2006, consisting of a number of satellites performing a diverse range of Earth science (courtesy NASA) [3].

The USA National Research Council has scheduled 17 new Earth observation space missions during the next decade [14].

Table 2. Launch, orbit, and instrument specifications for missions recommended to NASA 2010–2013

Decadal Survey Mission	Mission Description	Orbit ^ª	Instruments	Rough Cost Estimate (FY 06 \$million)
CLARRE O (NASA	Solar and Earth radiation; spectrally resolved forcing and response of the	LEO, Processing	Absolute, spectrally resolved	200
portion)	climate system		interferometer	
SMAP	Soil moisture and freeze-thaw for weather and water cycle processes	LEO, SSO	L-band radar L- band radiometer	300
ICESat-II	Ice sheet height changes for climate change diagnosis	LEO, Non- SSO	Laser altimeter	300

During the recent years, **small satellites** (weight under 500kg) feature particularly intensive development. Their philosophy which is characterized by the words "quicker, better, lesser, cheaper" presents their greatest advantages. The development of these platforms shows that RS within the optical range will be performed mostly on board small satellites.

The use of small and very small satellites will provide testing innovative research and engineering space application technologies in extreme radiation, temperature, vacuum and other conditions. NASA nano-satellites are designed for a wide spectrum of space missions including biology experiments, testing advanced propulsion and communications technologies.

In Bulgaria, development of the BalkanSat Programme is underway for the launching of a small regional scale RS satellite [16-18].

annath /

Satellite	Launch	Orbit	Sensor	GSD	pixels	Spectral bands
OSCAR-18	1990	800km	Array CCD			Mechanical shutter
UoSAT-5	1991	800km	Array CCD	2km	592x592	
KitSat-1	1992	1300km	Array CCD	4km 400m	592x592	Pan
KitSat-2	1993	800km	Array CCD	2km 200m	592x592	RGB
PoSAT-1	1993	800km	Array CCD	2km 200m	592x592	Pan
FASAT-Alfa	1995		Array CCD		592x592	
Inspector	1997					
Techsat-1b	1998	821km SSO, 21:37h	Linear CCD	12m		multispectral
FASAT- Bravo	1998	821km SSO, 21:37h	Array CCD	100m	592x592	
Thai-Phutt	1998	821km SSO, 21:37h	Array CCD	80m	1024x1024	3-band Multispectral
Sedsat-1	1998	547x1079km, 31.4 deg				
SAC-A	1998	400km, 51.6deg	CCD			
Sunsat	1999		Linear CCD			live video
UoSAT-12	1999	650km, 65deg	Array CCD	32.5m 8m	1024x2048 1024x1024	6-band Multispectral Pan
TUBSAT- DLR	1999	727km, SSO, 12am-12pm		370m 120m 6m		Pan/Multispectra I/live video
KITSAT-3	1999	727km, SSO, 12am-12pm	Linear CCD	15m		
Tsinghua-1	2000		Array CCD	39m	1024x1024	3-band multispectral
SimpleSAT	2001					
PROBA	2001	CHRIS HRC WAC		18/36m 8m	768x768	19/62 bands panchromatic panchromatic

Table 3. An excerpt for the existing small satellites

GSD = Ground Sampling Distance



An example illustrating the effect of small satellite development is shown in Fig. 6 [3].

Fig. 6. The progression in prediction skill for weather, showing percent accuracy of 3, 5, and 7 day forecasts over time for Northern and Southern hemispheres (adapted from A.J. Simmons and A. Hollingsworth, 2002, "Some Aspects of the Improvement in Skill of Numerical Weather Prediction," *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 128: 647-678).

Satellites will help us change our attitude towards the world we are living in and small satellites are the flagships of this revolution covering various fields, such as remote sensing, communications, navigation and high-technology scientific research.

3.2. Airborne systems

In contrast to satellite systems, these systems are more commercially oriented. They are intended to provide high- and superhigh-resolution data on a local and regional scale. Another essential advantage of these systems is that they may provide nearly on-line data. These advantages presume joint development, operation and use of satellite and airplane systems and establishment of the so-called integrated RS systems.

Airborne systems are also used as a rule to calibrate replicas of satellite instruments or validate satellite RS methodology.

The next step for airborne sensors is the use of unmanned aircraft carriers. So far, these carriers have been widely used for military purposes, but their use in RS for scientific and commercial purposes will extend further [19-21]. Currently, great emphasis is placed on the use of unmanned aircraft to study and monitor endangered areas, fires, volcanic activities and the like. There is such a program operating in the country [22-24].

3.3. Ground-based (terrestrial) systems

Ground-based RS systems, notwithstanding of not being the largest or most expensive ones, play essential role in Earth observation. In many cases, the detailed information from these sensors cannot be provided by the other systems. In other cases, remotely sensed data cannot be validated without using additionally acquired data by ground-based systems. The data from these systems have an increasing impact on general databases and are processed for various applications with other remotely sensed data. In future, they are going to have an increasing impact on the global database system.

For instance, the use of common, inexpensive cameras allows in many cases to portray the overall picture of the observed scenes. In the same way, data from a number of sensors for observation of physical and chemical parameters, such as temperature, humidity, pressure, atmosphere, soil and water composition [25,26] are used.

The next step in the development of ground-based systems is to construct networks of intelligent sensors using the new technologies – wireless communications and available ones. These networks will be self-regulating, proactive, and capable to meet and reflect the changes in the physical, chemical, and biophysical parameters of the environment. In the near future these networks will be united in a global network of intelligent sensors, whereas the information will be presented in a

form appropriate for taking quick decisions in complex situations. For instance, one of these options is providing farmers with information about crop status, diseases, soil status, humidity and more [27-30].

RS development will make remotely sensed data and information from various platforms, together with the GIS coordinates of each location on the planet, accessible to common citizens. It is expected that in future, the so-called "smart homes" will receive satellite data about the environment on a regular basis, thus providing not only an image of this environment, but showing its physical status as well.

3. Development of methods and instrumentation for preprocessing, processing of remotely sensed data, storage and dissemination of information

In parallel with instrumentation development and improvement, data preprocessing methods and techniques are going to develop and improve as well, whereas part of the processing will be made on-board, thus providing to reduce the amount of transferred data and the size of data storage devices and facilitate further data processing and data use procedures [31-32].

Improvement of preprocessing of RS data will render these data relatively independent on acquisition conditions. This will allow performing measurements of the same object in various times and places using various instruments, and still obtain comparable results [15]. It will allow obtaining results of entirely new quality, i.e. to create and use multisensory images in RS.

- apart from development of data acquisition and preprocessing techniques, development of information retrieval algorithms.

Conclusions

Expansion of the used spectral range coverage and improvement of RS instrumentation resolution, implementation of interactive sensors.

Establishment of network of intelligent sensors, which will be proactive and respond adequately to the changes of the observed parameters, establishment of global network.

Providing data with "information from unit volume", increasing the operability and facilitating the receiving of RS information by end users in nearly on-line regime and in custom-tailored form.

Transition from delivery of multispectral to multisensor images.

Significant intensification of the effect of RS information on the observation and monitoring, planning and forecasting stages, and as a result, supporting managerial decision taking in complex situations.

References:

- S t a e n z, K. Terrestrial imaging spectroscopy some future perspectives. Alberta Terrestrial Imaging Centre/Department of Geography, University of Lethbridge, 400, 817 – 4th Avenue South, Lethbridge, Alberta, Canada T1J 0P3.
- 2. S c h a e p m a n, M. E. Earth System Science Related Imaging Spectroscopy. Remote Sensing of the Environment. Jan. 15, 2009.
- 3. G a i I, W i I I i a m B. Remote sensing in the coming decade: the vision and the reality. Microsoft Corporation, 1690 38th St., Boulder, CO, 80301 USA.
- 4. A t a n a s s o v, V. I., B. B. P e e v , N. N. V a s si 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.
- 5. R o u m e n i n a, E., V. D i m i t r o v, E. I v a n o v. 2003. Spatial Model of Ecosystem Changes in Chouprene Region, West Balkan Mountains. Bulgaria. Journal of Balkan Ecology. Volume 6. № 1. Publ. By PublishScieSet-Eko. pp. 64–76.
- 6. R o u m e n i n a, E., G. J e I e v, R. N e d k o v, V. N a y d e n o v a. 2007. Mapping Green Urban Space Using High Spatial Resolution Images. 4th International Conference *Recent Problems in Geodesy and Related Fields with International Importance*. Inter Expo Centre, Sofia, Bulgaria. pp. 222–228.
- 7. N e d k o v, R., E. R o u m e n i n a, G. J e l e v. 2005. Integrated GIS for Monitoring of the Green Areas of the Town of Plovdiv Using High-Resolution Aerospace Data. Proceedings of International Conference Space Ecology Safety. Book I. Varna. Bulgaria. pp. 155–160.
- 8. Getsov, P., D. Teodosiev, E. Roumenina, G. Mardirossian, G. Sotirov, B. Srebrov, M. Israel, S. Velkoski, P. Gajshek, D. Siminic, *Methods for Monitoring Electromagnetic Pollution in the Western Balkan Environment* – II International conference, Scopje 13–15 December 2007, FYR Macedonia
- 9. C. G. L e s. Outlook Positive for Remote Sensing. Photonics Spectra.Vol.44, Jan. 2010.
- 10. C. G. L e s. Growth Predicted for Process Spectroscopy Market. Photonics Spectra.Vol.42, august 2008.
- 11. H o g a n, H. Satellite Imagery. Photonics Spectra.Vol.40, Aug. 2006.

- S c h a e p m a n, M. E. et al. The Future of Imaging Spectroscopy Prospective Technologies and Applications. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Vols 1-8. 2006. pp.2005-2009.
- 13. A t a n a s s o v, V., G. J e I e v. Algorithm for Dark Current Characterization of Imaging Spectrometer. Aerospace Research in Bulgaria, vol. 19, 2006. pp. 77–83.
- 14. National Research Council, Earth Science and Applications from Space: Urgent Needs and Opportunities to Serve the Nation, p. 1, The National Academies Press, Washington, DC, (2005).
- 15. A t a n a s s o v, V., G. J e I e v, L. K r a I e v a. Requirements for the Parameters of Imaging Spectrometers Arising from the Used Preprocessing Methods. Fifth Scientific Conference SENS'2009 with International Participation, 2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria. Conference Proceedings 2010. pp. 125–129.
- 16. Getsov, P., L. Filipov, E. Roumenina, A. Pavlova, I. Nikolova, D. Andreeva, D. Gotchev, N. Tomov, O. Petrov, M. Dimitrova, M. Zaharinova. 2005. Microsatellite platform BALKANSAT and the challenges in Earth Observation. Proceedings of International Conference on Recent Advances in Space Technologies (RAST 2005). Istanbul, Turkey. pp. 159–161.
- 17. G e t s o v, P., SINCE BULGARIA-1300 ТО BALKANSAT, Конференция на Атлантическия клуб "Шератон". 13.12.2008 г. София
- 18. Гецов, П., К. Методиев. Определяне на териториалното покритие на изкуствен спътник на Земята, движещ се по кръгова орбита, Second Scientific Conference with International Participation Space, Ecology, Nanotechnology, Safety – SENS'2006, Varna, Bulgaria=
- 19. MacKenzie, Rob. Environmental and Earth Science Using Next Generation Aerial Platforms. NERC scoping studies R8-H10-71. July 2009.
- 20. С о т и р о в, Г. С. Анализ на шумоустойчивостта на системите за управление, наблюдение и предаване на данни от безпилотни летателни апарати. Юбилейна научна сесия "90 години Авиационно образование в България" на Ф "Авиационен" на НВУ "В. Левски" – Д. Митрополия, 22– 23 април 2004 г.
- 21. С о т и р о в, Г. С., В. Ц е к о в а. Бордова радиолокационна станция със страничен обзор за наземно наблюдение от безпилотен летателен апарат. Научно приложна конференция с международно участие на Тракийския университет, Технически колеж - Ямбол, 30 септември – 2 октомври 2004 г.
- 22. С о т и р о в, Г., П. Г е ц о в. Система за екологичен мониторинг на базата на въздушно базиран измервателен комплекс. Втора научно-приложна конференция с международно участие "Аерокосмически и наземни методи за оценка и въздействие на нарушени от промишлеността терени. 15–17 октомври 2008 г. Старозагорски минерални бани.База "Мини Марица изток".
- 23. S o t i r o v, G. Observation and collection data for EMF radiation by use an aerial based measurement complex. International conference, Ohrid 27–29 June 2008 FYR Macedonia.
- 24. С о т и р о в, Г., В. Ц е к о в а, Ф. Ф и л и п о в, Комплекс за екологичен мониторинг с мини безпилотни летателни апарати, Сборник доклади от Юбилейна Научна Конференция, "10-години Тракийски Университет", Стара Загора, 29.09.2005 г. стр.127–131.
- 25. P e t k o v, D. Distributed Measurement System in Space Applications. *Aerospace Research in Bulgaria* No 10, 1991, pp. 37-40.
- 26. Петков Д. Методи и средства за събиране на полеви данни и приложението им в дистанционните изследвания. Юбилейна научна сесия с международно участие: "30 години организирани космически изследвания в България". – София 2000, стр. 114-117.
- 27. П е т к о в Д. Самоорганизиращи се системи за дистанционни изследвания. Научно-техническа конференция с международно участие КОСМОС`90. Варна, 1990, стр. 18.
- 28. G e o r g i e v, G., D. P e t k o v, Hr. N i k o l o v. A network for data acquisition and synchronous experiments control in remote sensing. 4th Workshop on Imaging Spectroscopy *Imaging Spectroscopy*. *New Quality in Environmental Studies.* Warsaw, 2005, p. 123.
- 29. G e o r g i e v, G., D. P e t k o v, Hr. N i k o l o v. Data acquisition field network for land state monitoring. 25th EARSeL Symposium on Global Developments in Environmental Earth Observation from Space. – Porto, 2005, p. 94.
- 30. G e o r g i e v, G., D. P e t k o v, Hr. N i k o l o v. A wireless local aria network for land state monitoring. Proceedings of 2nd International Conference on Recent Advances in Space Technologies (RAST 2005). – Istanbul, 2005, vol. 2, pp. 83–84.
- 31. A t a n a s s o v, V, G. J e I e v, L. K r a I e v a. Imaging Spectrometer Data Correction. First Scientific Conference Space, Ecology, Safety – SES'2005 with International Participation, 10–13 June 2005, Varna, Bulgaria. Conference Proceedings, book 1, pp. 221–226.
- 32. A t a n a s s o v, V., L. K r a l e v a, G. J e l e v. Preprocessing of Spectrometric Data. Fourth Scientific Conference with International Participation Space, Ecology, Nanotechnology, Safety – SENS'2008, 27– 29 June 2008, Varna, Bulgaria. Conference Proceedings, pp. 132–135.

ФУНДАМЕНТАЛНО ОТКРИТИЕ – ТРАНСФЕРЕНЦИЯ НА СВЕТЛИНАТА & ЕЛЕКТРОМАГНИТНИТЕ ВЪЛНИ И МИКРОВЪЛНОВА RS СТРАТЕГИЯ – КОСМОС – ЗЕМЯ – ЧОВЕК

Здравко Андонов

Институт за космически и слънчево-земни изследвания – Българска академия на науките e-mails: zda@abv.bg; zda1952@bas.bg; zda.cosmos@gmail.com

Ключови думи: Фундаментално откритие; Трансференция на светлината & електромагнитните вълни (TCEB); Риман-Максуел системно интегрирани теории на ЕМВ & Светлината; ЕТП (UFT) – Единна Теория на Полетата; УВ & ИЧ Солитони; Микровълнова стратегия – Космос-Земя-Човек.

Абстракт: Генерално резюме: Генерален обект на това R&D е представянето на абсолютно иновативно фундаментално откритие – Трансференция на Светлината и на Електро-Магнитните Вълни (ЕМВ) & съответната иновативна Микровълнова стратегия – Космос-Земя-Човек, включително интелектуалното предизвикателство за нова научна хипотеза относно IR (инфрачервени) солитони и UV (ултравиолетови) солитони! Отбелязана е тяхната стратегическа роля в човешкия живот и генерално – Животът във Вселената. Стратегическата идея за откритието на ТСЕВ е изследване & развитие от: 1. Парадигмата на А. Поанкаре, че "Универсалният Свят е изоморфен на 6-мерната група от трансференции"; 2. Скандално цензурираният научен труд на Бернхард Риман, относно Римановата Системно Интегрираща Теория (РСИТ) - 1-та ЕТП на Е-М вълни, Светлината и Термодинамиката. З. Абсурдното игнориране в Е-М Теория и уравнения на Максуел на ъгловия потенциал [или релативно скоростния потенциал (или дивергентния в т.ч. надлъжния), открит от Ампер и изследван от Гаус-Вебер-Цьолнер) на Е-М сили, за сметка на напречния (ротационен) потенциал; 4. "Теорията на относителността" на Айнщайн. 5. Изследванията и развитията от Ал. М. Ляпунов върху "Тяло с максимален потенциал". 6. "Странната Теория за Светлината и Материята" на Ричард П. Файнман; 7. 6D Турбулентна теория на Колмогоров; 8. Изследвания & Развитие на Е-М потенциал от Михаил С. Жданов; 9. Обединителна Теория на полетата от Никола ст. Калицин в nD Риманови пространства; 10. ТТТ-Ефекти на Трифон Цанов Трифонов от 1980г. като позитивно доказателство за принципно нов феномен – Нов закон за светлината и Е-М вълни!... Изводите и препоръките по нова Микровълнова (RS) стратегия за ТСЕВ и за авангардно бъдещо развитие на Науките&Технологиите са представени като достижения на новия интердисциплинарен проект "МУЛТИКОСМОС" - "Космически стратегически идеи за решаване на интердисциплинарни проблеми за устойчиво развитие на науките&изследванията за Земята и Космоса (http://multi-cosmos.blogspot.com/).

Иновативен мотив и цел: Генералният иновационен мотив е научната констатация, че "Светлината е "черна дупка" в Световната Наука"! Конкретният иновационен мотив е 30 годишната война на уникалният български иноватор, откривател и изобретател Трифон Цанов Трифонов (http://cosmosdiscoverer.blogspot.com/) с неговите 6 хипотетични открития TTT-Ефекти ИНРА №№ 47350, 47352, 47354, 47356, 47358, 4760 — 14.IV.1980г.!... Групата от TTT-Ефектите е едно позитивно доказателство, че действително след Уилям Роуън Хамилтън [4], Светът на Науката върви по погрешен път от погрешна интерпретация на авангардните Хамилтонови идеи и парадигми.... Генералната цел е теоретично и практическо доказателство за принципно ново фундаментално откритие – Трансференция на Светлината и на Е-М вълни (TCEB)!...

Авангардна научна методология: Комплексна авангардна научна методология включваща: 1. Авангардната научна парадигвма на Поанкаре, че "Универсалният Свят е изоморфен на 6D групата от трансференции", специално, че "Универсалният спектър на групата от вълнови източници при TTT-Ефектите" е изоморфен на подгрупа от "Групата на 6D-трансференции на Поанкаре"; 2. Непротиворечивост на "Групата от 6D-трансференции на Поанкаре" с Римановата интегрална система от вълнови полета на Светлината, Е-М вълни и Термодинамиката 3. Многомерната природа на Времето – Многомерни градиенти, дивергенции, ротации, релативни скоростни и времеви потенциали на светлината, Е-М вълни и др.

Иновативни резултати: 1. Фундаментално Стратегическо Откритие – Трансференция на Светлината & Е-М вълни... 2. Принципно Нова Стратегия RS Космос-Земя-Човек, включваща **1mm RS** разделителна способност, Квантови суперкомпютри и Космическа Холографска TV & трансгалактични комуникации по **150-300 GHz** вълни. 3. UV & IR Солитони – Ключ за стратегия "Космос-Земя-Човек" & експериментите на Р. Шелдрейк. **ПРОЛОГ:** Това This R&D е посветено на иноватора-откривател Трифон Цанов Трифонов (Роден на 14.II.1937) и на неговата 30 годишна война с всички научни, неправителствени и правителствени институции в България!... – Автор на 6 "ТТТ-Ефекта" (конфликтни открития с ИНРА (ПВРБ)) – Иноватор с научни достижения в "теорията и парадигмите за Светлината".

Авторът – 02.XI.2010 – ИКСИ - БАН

FUNDAMENTAL DISCOVERY - TRANSFERENCE OF LIGHT & ELECTROMAGNETIC WAVES AND RS COSMOS-EARTH-HUMAN STRATEGY

Zdravko Andonov

Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mails: ; zda@abv.bg, zda1952@bas.bg; zda.cosmos@gmail.com

Keywords: Fundamental Discovery; Transference of Light & Electromagnetic Waves (TLEW); Riemann & Maxwell System Integration Theories of EMW & Light; UFT, UV & IR Solitons; RS Cosmos-Earth-Human Strategy.

Abstract: General Resume: The general subject of this R&D is representation of absolutely innovative Fundamental Discovery - Transference of Light & Electromagnetic Waves & Correspondent innovative RS Cosmos-Earth-Human Strategy, including brain new Scientific Hypoteses about IR & UV Solitons and its strategic role in Human Life and generally - Life in the Universe. Strategical Idea for Discovery of TLEW is R&D of: 1. Henri Poincare's Paradigm that "The Universal World is isomorphic to 6D Group of Transferences"; 2. Scandalously censured scientific work of Bernhard Riemann about "Riemann System Intergation Theory (RSIT) - 1-st UFT of E-M Waves, Light and Termodynamics"; 3. Absurd ignoring in the E-M Theory & Equations of J. C. Maxwell - the angular potential of E-M forces {or relative velocities potential, (or divergent potential including longitudinal potential), discovered of A-M Ampere Ампер and R&D of Gauss-Weber-Zollner}, at the expense of Shear (Rotational) Potential; 4. Einstein's Theory of Relativity; 5. Aleksandr M. Lyapunov R&D on "Body with Maximum Potential"; 6. "The Strange Theory of Light and Matter" by Richard P. Feynman; 7. 6D Turbulence Kolmogorov' Theory; 8. Michael S. Zhdanov's E-M Potencial R&D; 9. Kalitzin' Unified Fields Theory (UFT) in nD-Riemannian' Spaces: 10. Trifon Tsanov Trifonov's – Discoveries of TTT Efects since 1980 as a positive proof of Brain New Phenomena – New Law of Light and Electro-Magnetic Waves!... Conclusions and RS Cosmos-Earth-Human Strategy Recommendations for TLEW and for advance future S&T development are represented as achievements of brain new Project "Multicosmos": - "Cosmical Strategical Ideas for Decision of Interdisciplinary Problems and Sustainable Development of Earth & Cosmos Space Sciences & Research" (http://multicosmos.blogspot.com/).

Innovative Motivation and Purpose: The general innovative motivation is the scientific conclusion that "LIGHT is a "black hole" of the World Science"! The concrete innovative motivation is the 30-year war of the unique BG Inventor and Discoverer Trifon Tsanov Trifonov (http://cosmos-discoverer.blogspot.com/) with his 6 hypotetic discoveries INRA №№ 47350, 47352, 47354, 47356, 47358, 4760 — 14.IV.1980z. – TTT-Effects!... The group of TT-Effects is one positive proof that really after W. R. Hamilton [4] all World Science going the wrong way on the wrong interpretation of advanced Hamilton's ideas and paradigms... The General Purpose is the theoretical and practical proving of the principally new Fundamental Discovery - Transference of Light & Electromagnetic Waves (TLEW)!

Advanced Scientific Methodology: Complex Advanced Scientific Methodology, including: 1. Poincare' Advanced Scietific Paradigm that "The Universal World is isomorphic to 6D Group of Transferences"; especially that "The Universal Spectrum of Light Source Group Images by TTT Effects" is isomorphic to "Poincare's 6D Sub-Group of Transferences"; 2. Non-Contradictory of 6D Group of Transferences to Riemann System Integration of Light, E-M Waves and Space Thermodynamics; 3. Multi-Dimensional Nature of the Universal Time – Multidimensional Gradients, Divergenties, Rotations, Relative Velocities' and Times' Potentials of Lights'& E-M Waves...

Innovative Results: 1. Fundamental Strategical Discovery - Transference of Light & Electromagnetic Waves. 2. Absolutely Brain New RS Cosmos-Earth-Human Strategy and Complex of Strategic Innovations, including **1mm RS** resolution, Quantum Supercomputers and Space Holographic TV&TransGalactic Comunications by **150-300 GHz** Waves. 3. UV&IR Solitons – The Key to Cosmos-Earth-Man Strategy & R. Sheldrake experiments.

PROLOGUE: This R&D is dedicated to the Inventor & Discoverer Trifon Tsanov Trifonov (Born - Feb. 14, 1937) and his 30 years war with all Scientific, NGO and Government Bulgarian Institutions!... - Author of 6 TTT-Effects (Conflicting Discoveries with INRA) - Scientific achievements' Inventor of Light Theory and Paradigms. The Author – November 02, 2010, SSTRI - BAS

Въведение към фундаменталното откритие и състояние на проблема

Главните научни парадигми в Световната Наука [1-43] са неизбежно свързани с теориите и практиките за многомерното Пространство-Време (Space-Time (S-T)) [2-7, 9, 21] и със Светлината, влязла в космическо единство с елекромагнитните вълни [1,7-22-43] и

основния закон за енергията, масата и скоростта на светлината [16]. И все пак основните научни дилеми остават нерешени: - Наистина ли живеем в 4-мерния Свят на Минковски, както твърди Айнщайн [16] или живеем в Свят със 6 (6D S-T) и повече измерения, като например 11D S-T на Стивън Хокинг [2-7,19]... Логично е да си зададем въпроса: - В цялата световна история на науката има ли гениален учен, категорично наречен Иноватор-Предвестник на фундаменталното откритие – трансференция на светлината и електромагнитните вълни и на микровълновата стратегия – "Космос–Земя–Човек"[2-7,43]?! – Да! Парадоксално, но факт!... Такъв Учен от класата на великия Гаус (1777-1855) и тандема Гаус-Вебер (W. Weber, 1804-1891) [23,43] има! Ученият е Цьолнер (J. C. F. Zöllner - 1834–1882) и първите му 3 имена напълно съвпадат с тези на Гаус - известен с 4-те си имена: Johann Carl Friedrich Gauss [7,23,43]... Тук ще отбележа само, че огромните приноси на Гаус [3,7,10,32,43] в теорията на потенциала (вкл. електромагнетизма) и на Ляпунов [27] са добре известни, особено за тялото с максимален потенциал [7,27], както и "Принципът на Ферма за екстремалното време" и "Принципът на Хюйгенс за разпространението на вълните" [4]!... Докато Риман е първият Учен, създал обединителна теория на физичните полета (светлина, Е-М вълни, гравитация, термодинамика) [34], Цьолнер вероятно е първият учен [23,43]., осъзнаващ "Холографската Вселена"[37], методологията RS и имплицитно топологично и холографски свързаните космически полета и Човека, както и интуитивно – връзката на квантовата физика и холографските принципи с трансференцията!... Геният на академичните Гении - Анри Поанкаре [32] дефинира кратко и безапелационно, че «Нашият Свят е Свят на 6-мерните трансференции... Откъде знам това?! – От опита». Точка и край – без никакви пояснения!... И западните школи [1,8-20,26,31-32,34,38,42-43], вкл. Хокинг, Пенроус, Бери, ; така и източните [21,22,25,33] – вкл. Понтрягин, Боголюбов и т.н., са се разминали със самата дума «трансференция» и естествено и с целия свят на «6-мерните трансференции на Поанкаре»... В западната научна литература трансференцията е заглъхнала и като дума, а в източната (разбирай и руската) - положението е още по-лошо - заменена е с «преместване» в трудовете [32] на Поанкаре!... Както Поанкаре, Геният от Народа ТЦТ има огромен опит и интуитивно, и практически непрекъснато се сблъсква с «6D трансференцията на светлината», и закономерно стига до 6-те ТТТ-Ефекта [7,29,39-41]... Той има уникален опит [7,29,39-41] и като Фарадей не работи с тензорно, диференциално & интегрално смятане и уравнения, а с картини и рисунки, стигащи до рисунък на дактилоскопични отпечатъци!... На езика на Поанкаре [32] – «Важни са не толкова диференциалните и интегрални уравнения, колкото динамиката на фазовите пространства», а на езика на Хамилтън-Гаус-Риман-Цьолнер, Клайн, Грасман, Кейли и Хилберт [2-6,21-23] – фазовото състояние на микрокосмоса подлежи само на 6п-мерно описание!... Тук и сега акцентът е поставен на неизвестни, но фундаментално важни предвестници от антропогенезиса на фундаменталното откритие трансференция, от други гении -Римановата, скандално цензурирана, но първа в света обединителна теория на физичните полета (светлинно-електрическо-магнитно-гравитационно-топлинно) [34]: Цьолнер-ефектите и пионерните му в Света изобретения [7,23,43] – първият фотометър, първият спектрометър, първият радиометър и първите в света езотерични експерименти върху физични и биологични електромагнитни полета; предвестници, посрещани "на нож", като предизвикателства срещу каноните на Науката и Религията!... На съвременен език: Цьолнер е Баща на стратегическото направление в Световната Наука, изследвания и технологии "RS (Remote Sensing)"!!!... Факт [23] – предизвестено пропускан в съвременната "История на Науката"!... Световната Наука в най-стратегическото направление за многомерните релативни скорости, времена и енергии - по веригата Ампер-Гаус-Вебер-Цьолнер-Поанкаре е спряна с повече от столетие [2-28]... ТТТ-Ефектите [7,29,39-41] са първите, насочващи Световната наука [1-43] отново в правилния мегатренд и мегаградиент - [2-7,29,43] - Фиг.1 !...

Иновативни мотиви и цел на фундаменталното откритие

Иновативни мотиви и цел на авангардното откритие (към дата 12.Х.2009г. – 140 годишнината на БАН) са дадени (по искане на П-ля на БАН акад. Н. Съботинов) в лично СТАНОВИЩЕ [7,29] по едни от най-заплетените научни, административни и юридически ПАРАДИГМИ И КАЗУСИ в България и в Света с генезис – 14 април 1980 г. и над 30-годишна историческа война в търсене на истината!... Подчертавам: - парадигмите и казусите [7,29,39-41] са феноменални - достойни за всеки учебник по физика, по патентно и авторско право в Света!... Убеден съм категорично с документи, аргументи, факти и независима аd-hoc експертиза, че неформалната истина (наличие на оригинални "TTT-Ефекти на Трифонов") е категорично на страната на 73 годишния г-н Трифон Ц. Трифонов (ТЦТ – TTT)!... Доказвам нищожността на минимум 11 бр. рецензии, експертизи, становища, мнения и др., свързани с ИНРА-ПВРБ, ДКНТП-МОМН-МС, БАН - Зап. №196-02.Х.1980г. на Дир. на ЕЦФ-БАН акад. М.

Борисов и др. С това изпълнявам своя научен и морален дълг на учен от БАН и на ветеран от демократичния процес в България... Научните, административните и юридическите разминавания между откривателя, рецензентите и институциите са нищожни от гледна точка на същността и важността на откритието като катализатор на оптиката, физиката и Науката като цяло, независимо от огромната цена, която е платил и продължава да плаща Откривателят!.... Той заслужава законно признание за значими 30 годишни усилия и резултати [7,29,39-41] в полза на Науката!...

Вярно е, че както откривателят, така и рецензентите са дали в известна степен неправилна трактовка на откритията от гледна точка на "геометричната (лъчевата) оптика & вълновата оптика", [7,29], вместо от гледна точка на нелинейната квантова оптика [1,7-20,28,42]... Но по моя иновационна научна хипотеза [7], откритията на ТЦТ се отнасят и към космическата синергетика на Д. Бом, Е. Янч и И. Пригожин - и специално към неизвестно за световната наука явление на светлината (трансференция на светлината), и на електромагнитните вълни (Е-М трансференция на Поанкаре-Ампер-Гаус-Вебер-Цьолнер) – с оптичен трансференционен закон за запазване на образите и тяхното енергийноинформационно поле!... – Истинският Авангард на Науката е по веригата Ампер-Гаус-Вебер-Цьолнер и след това инверсно по веригата Цьолнер-Клайн-Поанкаре... Максуел получава авангардни изследвания наготово (от Фр. академия [23,32]; от Т. Юнг - RGB цветовите комбинации [7] и т.н. ...) и ги минимизира до "ротационният потенциал на Е-М вълни и светлината", корелиращ с откритието на Фарадей за Е-М индукция [10,15,25,33]... Айнщайн знае, че теорията на Максуел не предава енергетичните с-ва на ЕМW [16]...

Методология, критика, анализ, модели и парадигми на откритието

Теоретичните и екпериментални постановки на всички ТТТ-Ефекти и особено на важният "Двоен ТТТ-Ефект": - ТТТ-Ефект на малки огледални повърхнини & ТТТ-Ефект на малки анти-огледални (лъченепропускащи) повърхнини са разглеждани от ТЦТ предимно в рамките на геометричната оптика [10,15,25], което само на пръв поглед го прави уязвим за рецензентите, които перманентно влизат в каноничен интелектуален колапс, обяснявайки ТТТ-Ефектите с дифракционни явления и "камера обскура", без изобщо да разбират сложния и многозначен дифракционен фундамент на Зомерфелд и този в библиите, монографиите и иновациите по вълнова и нелинейна квантова оптика [1,11-13,42], където само от И-та по оптика в Рочестър има над 20 нобелисти!... Крайната фаза на каноничния интелектуален колапс на рецензензиите и експертните становища се постулира перманентно в "камера обскура", която ТЦТ уж преоткривал и в 6-те си експеримента. Това генерално "умозаключение" на опонентите на откривателя няма нищо общо с действителността и същността на експериментите, както и с претенциите на автора за наличие на непознато за науката фундаментално качество на светлината!... Естествено, че това е пълна ерест и пълна лудост за "Науката и Научната общност" в област с над 30 нобелисти, между които и Айнщайн!... Да не говорим, че Айнщайн е ръководил и И-та "Вилхелм Кайзер", (с наследник – българският гений Иван Странски) и че цялото това авангардно научно наследство е съсредоточено в днешния флагман на европейската и световната наука (с множество нобелисти) - Max Planck Institute for the Science of Light, 2010: http://mpl.mpg.de/mpf/php/.

Независимо, че "теоретичните постановки" на ТЦТ са свързани основно с геометричната оптика, в "практическите постановки" на ТТТ-Ефектите ТЦТ под лъчи разбира изключително тънки квантови (фотонни) цилиндрични вълнови фронтове, както и един от найзначимите теоретици-нобелисти [13]... Нещо повече и като научен, и като човешки феномен, достоен за трансценденталната феноменология на Науката [2,20,43], ТЦТ с елементарни и общодостъпни средства, с привидна простота и лекота намира и ключ за квантовата физика и за фотонното излъчване на материята [17-20], както и за широкоспектърна нелинейна вълнова и квантова деконволюция, решаваща за първи път в Света отделянето на цяла комплексна матрица от комплексни образи, непознати за световната наука като практически експерименти и научни парадигми [7,10,12,15,17,28,29,42] – Фиг. 1.

Последните публикувани изследвания http://en.wikipedia.org/wiki/bidirectional_reflectance, близки до RS-AVHRR, TTT- Ефектите и 6D S -T трансференциите, обясними с тях, третират подобни ефекти на сляпо: - Spatially-varying Bidirectional Reflectance Distribution Function (SVBRDF) като 6D функция; - Bidirectional Texture Function (BTF) - 7D функция за моделиране на неплоски повърхнини... Това е търсене на фотореалистично (photorealistic) графично компютърно моделиране на обекти в системи на виртуална реалност (virtual reality; -Bidirectional Surface Scattering Reflectance Distribution Function (BSSRDF) - по-нататъшно генерализиране с 8D функции, при което светлината (E-M вълна), проникваща през една локална повърхност, може да се разсейва вътрешно и да излиза през друга локална област на повърхността... Но това по същество е 6D-трансференция!...

Във всички тези случаи, зависимостта по дължината на вълната е игнорирана и е съхранена в RGB каналите (респективно в релативни скоростни и времеви потенциали). В действителност, BRDF е зависима от дължината на вълната, и за отчитане на ефекти като иридесценция (iridescence) или луминесценция (luminescence), зависимостта върху дължината на вълната трябва да бъде направена експлицитно. Ясно е обаче, че в многомерните S-T от 4D до 20D [26] само размерността 6D дава възможност за релативна и квантова постановка S-T и решаване на основния проблем на физиката и природните феномени [3,14,20,36], което съвпада с научната хипотеза за фундаментално откритие на 6-мерната трансференция [2-7,32,] на светлината и Е-М вълни!...

Възможен е и специален вариант на допускане на противното, че "TTT Ефектите" не противоречат абсолютно на всички закони на физиката (и/или на законите на оптиката в частност) и съществува поне един закон или физично явление, с което да бъдат обяснени. Но по същество "TTT Ефектите" не са известни като физичен и/или оптичен закон, феномен, процес, явление и т.н. в Науката [1-43]!... Ще посоча все пак едно такова изключение – "тангенциалната бифуркация" в теория на хаоса... Там обаче [7,8,12,28,29] пример на съхраняване на образите преди и след процеса на бифуркацията и последващо екранно изобразяване не е констатиран. Не е известно бифуркационно еднозначно получаване на сложни нелинейни образи, а още по-малко ефекти за получаване на комплексни групи от образи, респективно - иновационно бифуркационно откритие с нелинейна квантова вълнова деконволюция до екраниране на образи. Накратко, "TTT Ефектите" са важни иновации!...

Особено интересен и оригинален е фактът, (извън световните теории и експерименти), че при изследване на "Системата от ТТТ-Ефектите" се установява, че тя е комплексна физическа и логистична система от експерименти, ефекти и образи, корелираща се с "Група от 6-мерни трансференции на Поанкаре", класифицирана качествено в 24-елементна (лингвистична и/или цифрова) матрица, както следва: 1. Действителни Прави Позитивни Образи (ДППО) – [+1+2+3]; 2. Нействителни Прави Позитивни Образи (НППО) – [-1+2+3]; 3. Действителни Обърнати Позитивни Образи (ДОПО) – [+1 -2+3]; 4. Недействителни Обърнати Позитивни Образи (НОПО) – [-1 -2+3]; 5. Действителни Прави Негативни Образи (ДПНО) – [+1+2 -3]; 6. Недействителни Прави Негативни Образи (НПНО) - [-1+2 -3]; 7. Действителни Обърнати Позитивни Образи (ДОНО) – [+1 -2 -3]; 8. Недействителни Обърнати Позитивни Образи (ДОНО) – [-1 -2 -3]. Тази матрица изглежда само привидно много проста!... Всъщност, тя е от системна гледна точка "пълен комплекс от всички видове образи" и може да бъде използвана (Фиг.1), както за илюстриране на "Мултитемпоралната Теория на Относителността" [21], така и за разбирането че ние не живеем в "Пространството-Време" на Минковски (независимо от историческото твърдение на Айнщайн [16]), а в 6D S-T на Поанкаре [2-7,32]!...

Иновативни резултати, изводи и препоръки от фундаменталното откритие

1. Ефектите на трансференция на светлината (TTT-Ефекти на Т. Трифонов), съпътствани от запазващи трансферентно и топологично пространствено-времевия континиум на образа на генериращия широкоспектърен източник на светлина при взаимодействие на светлината с частици с характеристични дължини 1–2 мм, корелативни (~резонансни) на дължините на вълните от Big Bang - реликтовата радиация (150GHz) и радиацията на квазарите (300GHz)) и при светлочувствителни параметри на частиците в границите от максимално поглъщане до максимално отразяване на светлината (Фиг.1), доказват Закон за трансферентно топологично запазване образа на източника на светлина (енергийно-информационното поле на източника на светлина) в групата на 6-мерните трансференции на Поанкаре – основа за нова космическа холографска 6D TV и трансгалактични комуникации [2-7].

2. "TTT-Ефектите" са първите в Света комплексна система от ефекти, доказващи "синергетиката" на светлината и нейното енергийно-информационно поле, т.е. способността й на синергия: - да преминава от едно базисно състояние на ентропия през повишена ентропия и отново да изгражда дисипативни структури с понижена ентропия на енергийноинформационното поле, запазващи трансферентно и топологично пространствено-времевия и енергиен континиум на фотонното поле и на образите в него в границите на 6-мерните трансференции на Поанкаре ...

3. "TTT-Ефектите" обясняват най-широк кръг от феномени и необясними с всички теории, физични закони и ефекти на цялата ни холографска Вселена [37]. Те провокират хипотезата за UV&IR солитони – фундамент за стратегия "Космос-Земя-Човек" & експериментите на Р. Шелдрейк [36]- ключ за научна революция в Света...



Fig. 1. Cosmic Logistic Scheme for TTT–Effects by 6D Space-Time Interpretation and Resonance Synchronization of 300GHz Quasar Waves with 1 mm basic size of experimental particles: - Universe 6D-Space-Time evolution & 3D Time of Milky Way Galaxy & Dust in the 300 GHz Quasar Wind - NASA's Spitzer Space Telescope - Quasar PG2112+059 – NASA-JPL – 10.IX-2007.

Fig. 1. Космическа логическа схема за TTT-Ефектите при 6D Пространствено-Времево интерпретиране и резонансно синхронизиране на 300ГХц квазарни вълни с 1 мм базов размер на експерименталните частици: - 6D пространствено-времева еволюция на Вселената & 3D Време на галактиката "Млечен път" & Космичен прах в 300ГХц квазарен вятър – НАСА – Космически телескоп "Спитцер" – Квазар - РG2112+059 – НАСА-ЛРД – 10.IX-2007.

Литература:

- 1. A g r a w a l, G. P., 1989-2001: Nonlinear Fiber Optics The Institue of Optics University of Rochester Published by arrangement with AT&T Rochester, N.Y., London, Academic Press, Inc., 467 p.
- 2. A n d o n o v, Z. D., 1999: The Paradigm of Stephen Hawking and the Challenges of Civilizations and Cosmos to the IIIth -Millenium. Proc., International Conf. "30-Years Space Research in BG", Sofia, p.117-120.
- 3. A n d o n o v, Z. D., 2003: The Decision of the World Physical Problem and the Paradigms of Einstein, Heisenberg, Schrodinger, Dirac & Hawking. Proc. Int. Conf. "100 Years-J. Atanasov"–Shumen, p. 35-42.
- A n d o n o v, Z. D., 2005: Multidimentional Time The Problem of Problems in the Sciences for the Earth, Cosmos and Civilizations. – "SES'2005", Session I: - Space Physics & Astronomy, 2005, p. 97-102.
- 5. A n d o n o v, Z. D., 2006: Thinking Experiments in Remote Sensing of Earth and Cosmos. Proceedings SENS-Varna, BG, http://www.space.bas.bg/astro/ sens2006/Cd/ R6.pdf, Session 3, Paper No. R6, p. 1-7.
- A n d o n o v, Z. D., 2009: Scientific Cosmos Strategies & East-West Cosmos Strategy Evolution Since IAF, IAA, COSPAR, NASA, ESA&NATO generation up to SDI – ISSN 1995-6258, Proc. IAF-IAC'60, Daejeon 12-16.X.2009, "Manuscripts&Presentations", E4.2.Scientific&Technical History,IAC-09-E4.2.9, p.1-11.
- 7. A n d o n o v, Z. D., 2009: http://cosmos-discoverer.blogspot.com/; http://multi-cosmos.blogspot.com/.
- 8. B e r r y, M. V., 2002: Exploring the Colours of Dark Light. New Journal of Physics, p. 1–74.
- 9. B u r k e, W. L., 1988: Space-Time, Geometry, Cosmology. U-ty of California, Santa Cruz California, 416 p.
- 10. B o r n, M a x, E m i I W o I f, 1999: Principles of Optics. ISBN 0-521-64222-1, Cambridge U-ty, UK, 985 pp.
- 11. B o y d, R. W., 2008: History of Research in Nonlinear Optics at the Institute of Optics. http://www.optics. rochester. edu/~stroud/Book HTML/ ChapVII_pdf/VII_56.pdf, Including 53 References, 8 p.
- 12. B o y d, R. W., 2008: Nonlinear Optics. ELSEVIER, Third Edition, Amsterdam, NY, London, 605 p.
- 13. Chandrasekhar, S., 1950: Radiative Transfer. Oxford; RU Москва, 1953, 432 с.
- 14. Coles, P., 2005: The state of the Universe. NATURE, Vol. 433/Issue No. 7023, p. 248-256.
- 15. G o o d m a n, D. S., 1993: Bibliography of Classical Optics. Polaroid Corporation, Boston MA, 39 p.
- 16. E i n s t e i n, A., 1949: RELATIVITY The Special & The General Theory. Methuen & Co., London, 150 p.
- 17. F e y n m a n, R. P., 1988: QED The Strange Theory of Light and Matter. ISBN-10: 0691024170, ISBN-13: 978-0691024172 Princeton, New Jersey, Princeton University Press, (October 1, 1988), 176 p.
- G r o s s, D. J., 1993: Some New/Old Approaches to QCD. In "Integrable Quantum Field Theories". NATO ASI Series B., Physics Vol. 310, Publishing "Plenum Press, NW-London, ISBN 0306445344, p. 317-329.
- 19. H a w k i n g, S. W., 1999: Quantum Cosmology, M-theory & the anthropic principle. Cambridge U-ty.
- 20. K a k u, M., 2009: Physics of the Impossible. ISBN 9780141030906, London: Penguin. 216 p.
- 21. K a l i t z i n, N. S., 1975: Multitemporal theory of relativity. Publishing House Bulgarian Academy of Sciences, 123 p., & http://www.collections/canada/wbin/resanet/resultsm/Relativity+Physics.
- 22. К и с л о в, В. В., 1986: Многомерное объединение модели эл. магн. и слабых взаимодействий W-S с гравитацией: Бозонный сектор (6D Г-матриц). В-к М. у-та, С-я "Физ. Астр.",1986,т. 27, №6, с. 29-33.
- 23. K I e i n, F., 1926 & 1927: Vorlesungen über die Entwicklung der Mathematik im 19. Jahrhundert" (2 Bände), Julius Springer Verlag, Berlin; BG Развитие на математиката през XIX век. С. "H & И", 1973, 478 с.
- 24. L a c h i e z e R e y, M., et al., 1999: Theoretical & Observatory Cosmology: Proceedings NATO Science Series– C: Mathematical & Physical Sciences– Vol. 541, Kluwer Acad. Pub., 396 p.
- 25. Ландсберг, Г. С., 1976, 2003: Оптика. М., Наука, 1976, 928 с., ISBN 5-9221-0314-8, 848 с.
- L o M. W.-Y., 2010: DARK. MATTER/ENERGY. SMOOTH. Cosmology of Genetology\CG\1. Published by CBK Rotterdam, http://www.genetologisch-onderzoek.nl/index.php/publications/cosmology/
- 27. Ly a p u n o v, A. M., 1954: The complete works Volume I, Academic Press, Moskow, IAN USSR, 448 p.
- 28. P a I, B. at all, 2010: Frontiers in Guided Wave Optics and Optoelectronics, Edited by Bishnu Pal, Intech, publication@sciyo.com, First published February 2010, Printed in India, ISBN 978-953-7619-82-4, 674 p.
- 29. Патентно Ведомство на Република България, 2009: АРХИВ -14.IV.1980г.: № 47350, 47352, 47354, 47356, 47358, 4760 З-ки за Открития; Т. Ц. Трифонов" по Справка №94-00-1742 / 07.10.2009г.-"База данни-ПВ"&Становище–Вх.№94-00-1357 23.VII.2010, 31с., 201 Библ. източника.
- 30. P a t e n t V e s t R e p o r t s, 1995: Electrostatic stereoscopic image recording method and apparatus Appl. No.: 49/729,37; U.S. Class: 358/300; 358/296; 347/112; 355/ 22; http://www.patentvest.com/index.php, 2010.
- 31. P o h I, R. W., 1963: Optik und Atomphysik Springer, Berlin Gottingen Heidelberg, 1963, RU -1966.
- 32. P o i n c a r e, H., 1892: Les Methodes Nouvelles de la Mecanique Celeste: Vol. I-III Paris, Vol.-p.: I 771 p.; II 999 p.; III 771 p.
- 33. Потапов, О.А.: Оптическая обработка геолого-геофизической информации, М., "Недра", 1984, 304 с.
- 34. R i e m a n n, B., 1876: Bernhard Riemann's gesainmelte mathematische Werke & Nachlass», Leipzig Teubner; ГИТТЛ, 1948, 543 с.
- 35. S h a p i r o, M. M., T. S t a n e v, J. R. W e f e I, 2001: Astrophysical Sources of High Energy Particles and Radiation. Kluwer Academic Publishers NATO Advanced Study Institute, 379 p.
- 36. Sheldrake, R., 1995: Seven Experiments that could change the World. Riverhead, N.Y., 1995, 269 p.
- 37. T a I b o t M i c h a e I, 1991: The Holographic Universe-HarperPerennial, 338 pp.; B G 2003, "I 3", 508 c.
- 38. T h o m a s, M. E., 1998-2004: Next Generation World's First Entangled Atomic Particle Communication and Holographic Quantum Memory. - http://www.colossalstorage.net/colossal.htm.
- 39. T r i f o n o v, T. T., 2002: The Effect of the Small Mirror Surfaces. UNITECH'2002 Proc., p. 671-674.
- 40. T r i f o n o v, T. T., 2002: The Effect of the Small Opaque Body UNITECH'2002 Proc., p. 675-677.
- 41. T r i f o n o v, T. T., 2003: Double Effect of Small Mirror Surfaces and Small Opaque Body, UNITECH'2003, Proc., Vol. II, p. 353-356.
- 42. W o I f, E., (+Editor, et al.), 2001-2010: Progress in Optics, Vol. 42, Date: 16 March 2010, Publisher: Elsevier Science & Technology; 1 edition (November 1, 2001), ISBN-10: 0444509089, 436 p.
- 43. Z ö I I n e r, J o h a n n K a r I F r i e d r i c h, 1881: Transcendental Physics. An Account of Experimental Investigations From the Scientific Treatises of Johann Carl Zöllner Harvard Digit Library, 2011, 486 p.

Session 4

Ecology and Risk Management

Chairman: Prof. Garo Mardirossian Secretary: Res. Fell. Lubomira Kraleva

ECOLOGY-RELATED SPECTROMETRIC STUDIES OF AGRICULTURAL CROPS

Rumiana Kancheva, Denitsa Borisova, Georgi Georgiev

Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: rumik@abv.bg

ЕКОЛОГИЧНО НАСОЧЕНИ СПЕКТРОМЕТРИЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА ЗЕМЕДЕЛСКИ ПОСЕВИ

Румяна Кънчева, Деница Борисова, Георги Георгиев

Институт за космически и слънчево-земни изследвания – Българска академия на науките e-mail: rumik@abv.bg

Ключови думи: спектрални отражателни характеристики, земеделски посеви, вегетационни индекси, стресови фактори, тежки метали, изкуствено наторяване, хранителен дефицит

Резюме: Екологичните рискове и деструктивните процеси, причинявани от човешката активност, са във фокуса на научните изследвания, които имат отношение към общосветовни екологични проблеми, свързани с антропогенното влияние върху околната среда и преди всичко върху биосферата. Съвременните технологии за мониторинг, получаване на навременна информация, моделиране и прогнозиране са предпоставка за успешно приложение на данните от наблюденията за целите на опазване на природната среда. Взаимосвързаният характер на повечето екологични проблеми налага осъществяването на многоцелеви програми и съвместното използване на информация от различни източници. Дистанционните изследвания широко се използват за управление на природните ресурси, за следене на изменения в екосистемите и не на последно чясто за оценка на състоянието на земеделски посеви, Настоящата работа се фокусира върху обработката на данни от многоспектрални измервания, анализирайки спектралните характеристики на земеделски култури като отговор на стресови фактори. Такива фактори в нашето изследване са хранителния дефицит, замърсяването на почвата с тежки метали, както и почвените свойства. Представени са резултати от емпирично регресионно моделиране, свързващи характеристики на спектралното отражение на растенията с биопоказатели за тяхното състояние и със стресовите фактори.

Introduction

The spreading acceptance of the concept of precision agriculture running [1,5] generates much interest in the early detection of plant growth stress. The implementation of modern remote sensing technologies is one of the basic assumptions of this concept. Remote sensing has been recognized as a powerful tool in vegetation studies for natural resources management, land cover monitoring, ecosystem preservation and other significant problems. Special attention is being paid to vegetation monitoring in relation to change detection [6]. Agricultural observations supply information on crop growth processes and stress situations [2-4,7,8]. The assessment of crop growth conditions from spectral data has been and still is the focus of numerous investigations and experimental studies [2-4,6]. Their goal is to further develop and precise the up-to-now investigation results and bring them to an operational use. This requires advanced data processing technologies, development of models for assessment of impacts on agriculture and implementation of monitoring systems that consider variousl factors influencing crop growth. Efficientl methodologies to monitor crop vigor, diseases, and stresses are needed as well as improved analytical techniques to evaluate biological and physical processes.

Interest is rapidly spreading over the past years in the application of hyperspectral data for retrieving plant agronomic variables and yield predicting. Two issues are of essential importance for the application of airborne and satellite data: development of efficient algorithms for data analysis and explicit information about land covers spectral behavior under different conditions, both associated with a higher reliability of the derived information. In this context detailed ground-based spectrometric

studies [3,7] complement the array of geo-spatial data products providing information on crop spectral behaviour under different environmental conditions and considering regional and local peculiarities. Being the most vital and anthropogenic-affected component of the biosphere, the vegetation has a leading position among the priorities of remote sensing observations applied for assessment of plant development and stress detection.

The goal of the paper is to examine the impact of soil properties and anthropogenic factors on crop development and spectral behaviour and to quantitatively describe the relationships between growing conditions, crop spectral reflectance and plant variables. Such relationships serve for crop state evaluation and stress assessment. Crops have been characterized by key bioparameters such as biomass, leaf area index, vegetation cover fraction and yield. Results are presented from the analysis of experimental data gathered over spring barley grown under different conditions, namely soil type, nutrient supply (fertilization type and amount), heavy metal pollution. The impact of these conditions on crop growth and productivity has been studied and related to plant spectral features in a statistical manner. The stress effects have been examined and quantified by empirical relationships with crop growth variables thus relating physiological and spectral response to the stress factors.

Materials and Methods

Reflectance, biometrical and phenological data were gathered from spring barley treatments throughout the entire growing season. The treatments comprised neutral (pH=7.0-7.5) chernozem soil and acid (pH=5.0-5.5) grey forest soil, Ni pollution of the soils in different concentrations and various fertilization conditions. The soils were chosen for their different reflectance spectra and response to heavy metal pollution. Four Ni concentrations 100, 200, 300 and 400 mg/kg were applied as well as NH₄NO₃, (NH₄)₂SO₄, Ca(NO₃)₂ and KNO₃ fertilization in different amounts. Ground-based VIS and NIR multispectral measurements were performed in the wavelength range (0.4-0.8) μ m. Reflectance data were acquired at weekly intervals during plant development from emergence till full maturity. Biometrical sampling included fresh and dry above-ground phytomass, LAI, leaf biomass, plant cover fraction, stem number and height, and grain yield.

The data sets were statistically analysed to determine the significance of the variations, the presence and strength of correlation, and to examine and quantitatively describe plant physiological and spectral response to stress factors by deriving empirical relationships. In respect to stress detection from multispectral and multitemporal data the regression analysis was run on vegetation indices using spectral band ratios, contrasts and normalized differences as routinely implemented data transformations [7-9]. Special attention was paid to plant temporal response to the applied factors.

Results and Discussion

Because of the large amount of the study outputs only some main results of the data analysis are presented here. They concern plant spectral and growth response to stress factors. Growing conditions cause significant variations of plant spectral properties. This can be seen in Fig.1a where the spectral reflectance characteristics of Ni-treated spring barley on grey forest soil at stem elongation stage are shown. The contamination impact is observed through the entire growing season as seen in Fig. 1b which presents the spectral reflectance characteristics of non-polluted plants (1) and treatments with 400 mg/kg Ni concentration (3).



Fig. 1 Spectral reflectance characteristics of spring barley on grey forest soil at stem elongation stage (a) and throughout the growing season (b): non-polluted (1), Ni=200 mg/kg (2), Ni=400 mg/kg (3)

The contamination affect on crop growth and reflectance features has been quantitatively examined by regression analysis. Various combinations of spectral ratios (vegetation indices) have

been tested for their correlation with plant bioparameters and the stress factor. Many of them demonstrated high R^2 values from 0.86 to 0.95 being dependent also on the soil type and plant phenology. Meaningful statistical relationships between plant reflectance, growth variables and the stress factor have been established.

Variations in vegetation reflectance are attributed mostly to green canopy fraction. Besides, this variable is closely related to other plant bioparameters (biomass, LAI, etc.) and is a main indicator of crop growing conditions. The impact of the Ni pollution on the vegetation cover and, as a consequence, on plant reflectance is illustrated by Fig. 2. Crop depression due to the heavy metal contamination can be seen in Fig. 2a where the derived dependence of spring barley cover on Ni concentration in the grey forest soil is presented. The impact of the stress factor manifests itself in significant plant cover decresement. Dependences with high correlation were established between the stress factor and various crop vegetation indices. One is shown in Fig.3c. It is worth mentioning that the plots with 300 mg/kg Ni concentration were first excluded from the regressions and used later as a model validation data set. Good prediction accuracy was found and besides, the re-fit of the model after including the validation data proved its consistency. Fig.3b illustrates the stress-induced values of the crop canopy cover and the spectral index R/(G+R+NIR changing as functions of the Ni contamination.



Fig. 2 Dependences of spring barley cover at ear-forming stage (a) and R/(G+R+NIR) vegetation index (b) on the Ni concentration in the grey forest soil; the impact of the heavy metal contamination on both spectral and growth variables

Special attention has been paid in the paper to data temporal aspects. The study of spectral features temporal behaviour during plant development is a precondition for crop growth monitoring and early stress detection. The spectral-temporal profiles of vegetation indices carry information about plant previous state and give a notation of development trends. Fig. 3b (up) shows spring barley (Ni-treatments on grey forest soil) NDVI - (NIR-R)/(NIR+R) vegetation index measured throughout the growing season from emergence till harvest. As seen, temporal spectral data is very indicative of differences in plant state caused by the heavy metal pollution. The dependence of NDVI as well of other indices - Fig. 3b (down) is clearly observed during the whole period of plant development. This fact permits crop stress detection at initial stages of plant development and early diagnostics.



Fig. 3 Fitted models of spring barley yield on Ni concentration in the grey forest soil (a, c); temporal behavior of vegetation indices throughout the growing season (b) of non-polluted plants (1) and plants with Ni concentration in the soil 200 mg/kg (2) and 400 mg/kg (3)

Another advantage of temporal data is the close relationship with crop yield. Accounting for the entire growth process, the temporal sum of various spectral indices appeared to be highly correlated to

crop yield. The derived empirical relationship between spring barley yield and temporal sum of NDVI values is shown in Fig. 3a (up). The dependence of this sum on the Ni concentration in the soil is given in Fig. 3a (down). Crop yield prediction is of primary interest and a subject of many works dealing with remote sensing investigations. Since growing conditions predetermine yield, it is important to study their impact and the ability of spectral data to serve as an yield predictor. Fig. 3c shows the fitted linear model of barley grain yield as depending on the Ni contamination of the grey forest soil.

As crop production is a question of primary interest, barley grain yield was examined to its relationship with plant bioparameters, soil properties and the applied anthropogenic factors. There were not big yield differences between the non-polluted treatments over the two soil types, the grain yield of the chernozem plots being about 8-10% higher. However, the Ni-polluted treatments grown on this soil were much less affected by the heavy metal than those on the grey forest soil. Various soil properties impact plant development especially when acting in combination with other growing conditions. The acidity of the grey soil in our case appears to increase the accessibility of the heavy metal to plants thus inhibiting their growth in a greater degree than the neutral czernozem soil. This is clearly tracked by the NDVI temporal response shown in Fig. 4a for spring barley treatments on chernozem (1) and grey forest soil (2) both polluted with Ni concentration of 400 mg/kg.



Fig 4: (a) - NDVI seasonal profile of equally Ni-polluted (400 mg/kg) spring barley treatments grown on czernozem (1) and grey forest soil (2); (b) - NIR/R temporal behaviour as effected by the fertilization amount (NH_4NO_3) and (c) – by the fertilizer type: 1 - KNO₃, 2 - Ca(NO₃)₂

Nutrient supply is another factor detected from plant reflectance features and their temporal behaviour. Fig. 4b illustrates crop spectral response (NIR/R temporal profile) to fertilization amount, and Fig. 4c – to the fertilizer type (equal nitrogen concentration of 800 mg/kg being applied). As seen, already at layering and shooting stages crops manifest the nitrogen deficiency which leads to pronounced differences in reflectance compared to nutrient non-suffering vegetation.

References:

- 1. R a s h e r, M. The use of GPS and mobile mapping for decision based precision agriculture. GIS development, Application, Agriculture, 2000.
- K a n c h e v a, R., I. I I i e v, D. B o r i s o v a, S. C h a n k o v a and V. K a p c h i n a. Detection of plant physiological stress using spectral data. Ecological Engineering and Environment Protection, 1, pp.4-9, 2005.
- 3. K a n c h e v a, R. Soil-vegetation assessment using spectrometric data. Ph.d. thesis, Sofia, pp.142, 1999.
- 4. Mehandjiev, A., S. Chankova, Y. Todorova, S. Noveva, D. Mishev, R. Kancheva, D. Borisova, R. Hristova and V. Kapchina-Toteva. Cytogenetic and spectrometric study on cadmium pollution in peas. Compt. Rend. Acad. bulg. Sci., 53 (4), pp. 39-42, 2000.
- 5. L i a g h a t, S. and S. B a I a s u n d r a m. A review: The role of remote sensing in precision agriculture. American Journal of Agricultural and Biological Sciences, 5 (1), pp.50-55, 2010, ISSN 1557-4989.
- 6. K o k a I y, R., D. D e s p a i n, R. C I a r k, and K. L i v o. Spectral analysis of absorption features for mapping vegetation cover and microbial communities in Yellowstone National Park using AVIRIS data, Chapter O in: Integrated Geoscience Studies in the Greater Yellowstone Area—Volcanic, Tectonic, and Hydrothermal Processes in the Yellowstone Geoecosystem, USGS Professional Paper 1717, 2007.
- 7. G I e n n, E., A. H u e t e, P. N a g I e r and S. N e I s o n. Relationship between remotely-sensed vegetation indices, canopy attributes and plant physiological processes: What vegetation indices can and cannot tell us about the landscape. Sensors, 8, pp.2136-2160, 2008, ISSN 1424-8220.
- 8. P e n u e I a s, J., J. G a m o n, A. F r e d e e n, J. M e r i n o and C. F i e I d. Reflectance indices associated with physiological changes in nitrogen- and water-limited sunflower leaves. RSE, vol.48, pp.135-146, 1994.
- 9. B a n n a r i, A., D. M o r i n, A. H u e t t e and F. B o n n. A review of vegetation indices. Remote Sensing Reviews, 13, pp.95-120, 1995.

Sixth Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, SAFETY 2–4 November 2010, Sofia, Bulgaria

ЕСТЕСТВЕНИ И АНТРОПОГЕННИ ВЛИЯНИЯ ВЪРХУ МАЛКИТЕ ГАЗОВИ СЪСТАВКИ В АТМОСФЕРАТА

Йордан Тасев¹, Димитринка Томова²

¹ Институт за космически и слънчево-земни изследвания – Българска академия на науките ² Софийски Университет "Св. Кл. Охридски", ДЕО-ИЧС e-mail: ytassev@stil.bas.bg, dytomova@abv.bg

Ключови думи: озон, малки газови съставки, геомагнитно поле, космически лъчи.

Резюме: В доклада се анализира промяната в концентрацията на различни малки газови съставки в средата атмосфера 12-40 км, които участват в различни фотохимични модели. Ние разглеждаме озон (O3), азотни окиси (NOx), съединения на хлора (CI), флуор (F), бром (Br), сяра (S), водород (H), и хлорофлуорвъглеводороди. В края на миналия век по-голямо внимание започна да се обръща към тези малки газови компоненти. Различни фотохимични модели са създадени за тях. Но основният акцент е върху влиянието на антропогенните фактори върху тяхното изменение. Това е доста едностранчиво и е опасен подход, който не взема под внимание и други важни фактори. Етто защо ние ще направи преглед на уравнения и цикли, които са били използвани в различни модели до сега. Ние ще Ви предложим и друго обяснение за промяна концентрация на озон.

NATURAL AND ANTHROPOGENIC INFLUENCES ON MINOR GAS COMPONENTS IN THE ATMOSPHERE

Yordan Tassev¹, Dimitrinka Tomova²

¹ Space And Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences ² St. Kl. Ohridski University of Sofia, DLTIS e-mail: ytassev@stil.bas.bg, dytomova@abv.bg

Keywords: ozone, minor gas components geomagnetic field, cosmic rays.

Abstract: This report analyses the change in concentration of various minor gaseous constituents in the middle atmosphere from 12 to 40 km, which participate in various photochemical models. We examine ozone (O3), nitrogen oxides (NOx), compounds of chlorine (Cl), fluorine (F), bromine (Br), sulphur (S), hydrogen (H), and CFCs. In the end of the last century, greater attention began to be paid to these minor gas components. Different photochemical models were created for them. But the main focus was on the impact of anthropogenic factors on their change. This is a rather one-sided and dangerous approach, which doesn't take into consideration other important factors. Therefore, we will review the equations and the cycles that have been used in various models until now. We will offer another explanation for the changing ozone concentration.

Въведение

Земната атмосфера е с относително постоянен механически събран състав от газове. Тя се състои от: азот ~78%, кислород ~21%, аргон ~0.93%, въглероден двуокис ~0.038%, водна пара ~1% и други съставки ~0.002%, които се наричат малки газови съставки. Въпреки малкият си процентен принос в състава на атмосферата, те се оказват решаващ фактор, участващ в поглъщането, трансформирането и разпределението на енергията в нея.

Това предимно се отнася за триатомната молекула на озона, но е от зачение и за другите съединения, които участват в реакции с него. Тази значимост се определя от факта, че озонът спрямо определени дължини на вълните за ултра- виолетовия спектър се оказва почни непрозрачен.

Ще разгледаме двете основни положения, на процеси и реакции, в които има:

Първо образуване на озон, Второто на такива, при които той се разгражда. И естествено, кои са факторите, указващи влияние върху тези процеси.

I. Процеси и реакции, при които има разрушаване на озона

1. Наличният в атмосферата озон лесно може да бъде подложен на фотолиза от UV с дължина на вълната 240 до 310 nm [1]:

$$O_3 + h\nu(240 - 300nm) \rightarrow O_2(^{1}\Delta_a) + O(^{1}D)$$

В този случай се образуват кислородни атоми в първо възбудено състояние. Това е част от известния цикъл на Чепмен.

$$O_3 + h\nu(\lambda = 310nm) \rightarrow O_2(^3\Sigma_a) + O(^3P)$$

В този случай се образуват кислородни атоми в основно състояние.

2. Озонът може да се разрушава и при взаимодействие с атомарен кислород [1]:

 $O_3 + O \rightarrow 2O_2$

При тази реакция се разрушава около 20% от образувания озон.

Друг, съществен по своето значение механизъм за разрушаване на озона са каталитичните реакции, в които участват газове в цикличните реакции с озона, при които те отново се възстановяват след химическите превръщания. Такива са: Водородният цикъл, Азотният цикъл, Хлорният цикъл, Флуорният цикъл, Бромният цикъл и Сярният цикъл.

3. Водороден цикъл. [1]

Той е отговорен за около 10% от прякото разрушение на озона в стратосферата и е преобладаващ за мезосферата и ниската термосфера. За стратосферата водородът, който участва в каталитичните реакции, се получава при фотолиза на водата.

$$\begin{aligned} H_2O + hv \rightarrow H + OH & (\lambda < 242 \ nm) \\ OH + O_3 \rightarrow HO_2 + O_2 \\ HO_2 + O_3 \rightarrow OH + 2O_2 \\ 2O_3 \rightarrow 3O_2 \end{aligned}$$

Над 40 км е необходимо да се отчитат следващите верижни реакции:

 $\begin{array}{l} OH + O_3 \rightarrow HO_2 + O_2 \\ HO_2 + O_3 \rightarrow OH + O_2 \\ OH + O \rightarrow H + O_2 \\ H + O_3 \rightarrow OH + O_2 \end{array}$

Характерно за водородния цикъл е функционирането му и в нощни условия.

4. Азотен цикъл.

Азотните окиси имат важна роля в разрушаването на озона в средната стратосфера. Независимо от това, че азотът в атмосферата е значителен, образуването на окиси непосредствено от молекулярния азот не е голямо, тъй като молекулярният азот е стабилен, фактически инертен. За неговото разпадане е нужна много енергия. Например, разряд на мълния или твърдо излъчване, слънчеви протони или галактически космически лъчи. При липсата на горните източници, в участие влизат двуазотните окиси N_2O , които се образуват от бактерии в почвата и океана. Основната реакция, при която N_2O се превръща в NO_x е:

 $N_2O + O(^1D) \rightarrow 2NO$

Това е реакция, протичаща само през деня от възбудени кислородни атоми.

$$NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$$

Тази реакция може да протича и нощем, като концентрацията на азотния двуокис расте в тъмната част от денонощието, тъй като денем тя се превръща обратно в *NO* с реакциите:

$$NO_2 + O \rightarrow NO + O_2$$

 $NO_2 + hv \rightarrow NO + O$

Съществува и азотен триокис, който също реагира с озона.

 $NO_2 + O_3 \rightarrow NO_3 + O_2$

Чрез фотолиза има обратно превръщане в NO и NO₂ :

 $NO_3 + h\nu \rightarrow NO_2 + O$

$$NO_3 + h\nu \rightarrow NO + O_2$$

Затова азотните триокиси са повече през нощта, отколкото през деня.

Тук трябва да отбележим, че под въздействие на ГКЛ и СКЛ има йонизация по посочената подолу схема на азотните молекули [3]:

$$\alpha, p \Rightarrow N_{2} \rightarrow N_{2}^{+} + e$$

$$N_{2} + e \rightarrow N^{+} + N + 2e$$

$$N^{+} + O_{2} \rightarrow N + O_{2}^{+}$$

$$N^{+} + O_{2} \rightarrow NO^{+} + O$$

Получените азотни окиси участват в посочената по- горе схема на азотния цикъл.

5. Хлорен цикъл

Атомарният хлор, който е изключително активен реагент в стратосферата, се образува от естествен земен произход при фотолиза на метиловия хлорид:

$$CH_{3}Cl + h\nu \rightarrow CH_{3} + Cl \ [4]$$

$$Cl + O_{3} \rightarrow ClO + O_{2}$$

$$ClO + O \rightarrow Cl + O_{2} \qquad [1]$$

$$O + O_{3} \rightarrow 2O_{2}$$

Естественият хлор дава незначителен принос в разрушаването на стратосферния озон. Допълнително към този цикъл трябва да се добави фотодисоциацията на хлорофлорометаните (фреони).

$$CFCl_3 + h\nu(\lambda < 226nm) \rightarrow CFCl_2 + Cl$$
[4]

 $CF_2Cl_2 + hv(\lambda < 215nm) \rightarrow CF_2Cl + Cl$

Полученият хлор се включва в основния хлорен цикъл на разрушаване на озона.

6. Флуорен цикъл.

Обикновено източниците на флуор *F* в стратосферата са двата основни видове фреони *CFCI*₃ и *CF*₂*CI*₂, участващи във фотодисоциативни реакции от вида:

$$CFCl_3 + hv(\lambda < 226nm) \rightarrow CCl_3 + F$$

$$CF_2Cl_2 + h\nu(\lambda < 215nm) \rightarrow CCl_2 + F_2$$

След това атомът на флуора бързо реагира с озона, образувайки окиси на флуора:

 $F + O_3 \rightarrow FO + O_2$ [4]

Тези окиси на флуора, подобно окисите на хлора реагират или с атомарния кислород:

 $FO+O \rightarrow F+O_2$,

или с окисите на азота:

 $FO+NO \rightarrow F+NO_2$

Както атомите на хлора, и атомите на флуора могат да образуват киселини на флуора *HF*, в резултат на реакции с метана CH_4 , водорода H_2 и водата H_2O [4]:

$$\begin{split} F + CH_4 &\rightarrow HF + CH_3 \\ F + H_2 &\rightarrow HF + H \\ F + H_2O &\rightarrow HF + OH \end{split}$$

Но за разлика от солната киселина *HCI*, флуорната киселина *HF* не реагира ефективно с *OH*, така че атомите на флуора, които реагират с метана, водорода и водата се стабилизират като флуорна киселина. Поради тази причина концентрацията на флуора *F* и флуорните окиси *FO* в атмосферата е доста малка и влиянието на флуора върху озона е несъществено.

7. Бромен цикъл.

Химията на брома е сходна с тази на хлора. Под действие на слънчевата UV радиация от диапазона λ = 320 до 400 *nm* халогенни от вида *CF*₃*Br* и *CF*₂*ClBr* се разлагат и отделят атомарен бром.

$$CF_{3}Br + hv \rightarrow CF_{3} + Br$$
$$CF_{2}ClBr + hv \rightarrow CF_{2}Cl + Br$$

Съединенията на брома, особено органичните, са относително дълго съществуващи и от тропосферата проникват в ниската стратосфера. Там те се разлагат и взимат активно участие в разграждането на нечетния кислород на 12 – 15 км. Той влиза в реакции от вида:

$$Br + O_3 \rightarrow BrO + O_2 \quad [4]$$
$$BrO + O \rightarrow Br + O_2$$

Счита се, че бромният цикъл е най- ефективен по отношение на озона. Един атом бром може да разруши до 100000 молекули озон, преди да бъде отделен от стратосферата [5].

Важна особенност на бромния цикъл е участието на бромните окиси в реакции с елементи от други цикли, като азотния, водородния и хлорния.

 $\begin{array}{l} Br + NO \rightarrow Br + NO_2 \\ BrO + HO \rightarrow Br + HO_2 \\ BrO + ClO \rightarrow Cl + Br + O_2 \\ BrO + O_3 \rightarrow Br + 2O_2 \end{array}$

По такъв начин бромът не просто участва в каталитичните разграждания на озона, но може да влияе на хлорния и другите цикли [6].

8. И последното реагиращо с озона вещество е сярата [4].

Тя основно има естествен произход и е свързана с вулканичната дейност. Но освен това се образува и при изгаряне на въглища и други органични горива. Сярата основно се съдържа в атмосферата под формата на карбонов сулфид *COS*. Когато достига стратосферата от тропосферата, карбоновият сулфид *COS* изпитва фотолиза, в резултат на което се образува въглероден окис и атомарна сяра. При тази реакция сярата мигновенно се свързва с молекулярния кислород.

$$COS + hv \rightarrow CO + S$$

$$S + O_{2} \rightarrow SO + O$$

$$SO + O_{2} \rightarrow SO_{2} + O$$

$$SO + O_{3} \rightarrow SO_{2} + O_{2}$$

$$SO + NO_{2} \rightarrow SO_{2} + NO$$

Серният двуокис е относително стабилно съединение и в този смисъл присъства в стратосферата в относително голямо количество. Той може да бъде фотодисоцииран от UV (200-230 nm) и отново да се стигне до серен окис.

$$SO_2 + hv(200 - 300nm) \rightarrow SO + O$$

Така на практика процесът става каталитичен спрямо серния окис и озона.

II. Процеси на образуване на озон

1. Ще разгледаме първо цикъла на Чепмен, отнасящ се за цялата озоносфера и долната термосфера [1]. На височина над 30 км има поглъщане на UV (λ<242*nm*, <175*nm*) от молекулярния кислород, който се дисоциира.

$$\begin{split} O_2 + h\nu(\lambda < 242nm) &\rightarrow O({}^3P) + O({}^3P) \\ O_2 + h\nu(\lambda < 175nm) &\rightarrow O({}^1D) + O({}^3P) \\ O + O_2 + M &\rightarrow O_3 + M \end{split}$$

Първите две реакции са относително бавни. Третата реакция е бърза.

2. Образуване на озон като страничен продукт при водородния и азотен цикъл [4]. Трябва да се отбележи, че при някои от каталитичните цикли може да има и производство на озон. Това явление може да се наблюдава в тропосферата на градовете, където има насищане на въглеводороди и азотни окиси. В ниската стратосфера аналогични реакции и цикли могат да бъдат констатирани. Така например известна е схемата на участие на метана с хидроксилна молекула и с окиси на въглерода.

$$\begin{split} CH_4 + OH &\rightarrow CH_3 + H_2O \\ CH_3 + O_2 + M &\rightarrow CH_3O_2 + M \\ CH_3O_2 + NO &\rightarrow CH_3O + NO_2 \\ NO_2 + hv &\rightarrow NO + O \\ O + O_2 + M &\rightarrow O_3 + M \end{split}$$

Това е първата верига от реакции чиито междинен продукт е озон. От горната поредица от реакции, третата също създава разклонение от *CH*₃O като взаимодейства с молекула кислород.

$$CH_{3}O + O_{2} \rightarrow CH_{2}O + H_{2}O$$
$$HO_{2} + NO \rightarrow NO_{2} + OH$$
$$NO_{2} + hv \rightarrow NO + O$$
$$O + O_{2} + M \rightarrow O_{3} + M$$

Като крайният резултат на тези реакции са две молекули озон и вода.

3. Интересно е да се отбележи, че йоните могат не само да разрушават, но и да създават озон в резултат на верижни процеси, протичащи в стратосферата. Пример за такъв механизъм е следния:

Естествено, скоростта на подобни реакции има граница, равна на скоростта на фотодисоциация на кислорода [7].

III. Обобщение

Този преглед на известните до момента процеси на унищожаване и на образуване на малки съставки, участващи в досега използваните фотохимични модели, показва до къде са стигнали познанията по този въпрос. Въпреки този богат списък, поведението на концентрацията на малката съставяща озон все още не може да бъде прогнозирано. Нещо повече, проблемът с изтъняването на озона над Антарктика не само се задълбочи, но и постави нови въпроси. Появиха се намаления на концентрациите на озона и в Арктика и дори в северните райони на Европа и Северна Америка. Въпреки създадените множество фотохимични модели, с тях не успяха да прогнозират появата на намаленията на озона и в северното полукълбо. В момента усилено се търсят други механизми и процеси, с които проблемът да бъде разрешен. Фактически досега съществуващите и приети референтни модели не успяха да обяснят феномена на изменението концентрацията на озона.

IV. Дискусия

Още през 1997 год. [8] ние издигнахме хипотеза, базирана на наши изследвания и на изследвания на други автори. В основата си тя се основава на космологични фактори като ГКЛ и СКЛ и образуването и разрушаването на озона от тях. В тази хипотеза се третира въпросът не само за проблема с Антарктическия озон, но и въобще механизмът за неговото образуване.

Ще припомним тази хипотеза, като ще доразвием интерпретацията й. Озонът се отнася към неутралните съставки на атмосферата, което дава основание да се пренебрегне влиянието на геомагнитното поле върху него. Но както показват изследвания на Crutzen P.Y. [9], а покъсно и наши изследвания [10, 11], стратосферният озон се разрушава или образува под въздействие на потока от ГКЛ и СКЛ. От своя страна, както е известно, ГКЛ се влияят от геомагнитното поле.

По твърдения на автори като Р.С. Стеблова [12], а и според наши изследвания, геомагнитното поле играе модулираща роля в изсипването на ГКЛ. Геомагнитният праг на отрязване по енергия на космическите лъчи води до това, че по- високо енергетичните частици ще попадат на по- ниски ширини, а по- ниско енергетичните - на по- високи ширини. С този факт се обяснява ниското съдържание на озон в екваториалната зона и слабата му зависимост от слънчевата активност. С приближаването към полюсите намалява геомагнитния праг и нараства интензитета на Космическите лъчи, а оттам и количеството на озона.

Този подход не намери отзвук и към него се гледаше с определен скептицизъм.

През последните години обаче, отношението се промени. Много други автори също обърнаха поглед към този подход, въпреки съмненията и неодобренията.

През 2007 [13] на 30-th International Cosmic Ray Conference в Мерида, Мексико се докладва работа от Alvarez-Madrigal M. и др. Авторите твърдят, че са установили наличието на връзка между потока ГКЛ и Размера на озоновата дупка. Връзката е най- забележима през септември 1986г. През периода 1986 -1995 години връзката е отслабена. След 1995 връзката може ясно да бъде установена. Изводът като цяло е, че размера на намалението на озона е свързан с потока от ГКЛ и тази връзка е нелинейна.

Другата работа третира съвсем същия проблем и е от Q.-В. Lu. [14]. Тази статия докладва за обработката на репрезентативни сателитни данни в периода 1980-2007, обхващащи два 11-годишни цикъла на слънчева активност и на космически лъчи (КЛ). И според авторите ясно показващи връзката между КЛ и разрушаването на озона, особено над Антарктида. Резултатите са силно доказателство за физическия механизъм, който е задвижван от КЛ и създава електронно-индуцирани реакции на халогенните молекули като играе доминираща роля в създаването на озоновата дупка. Освен това, този механизъм предсказва една от най-тежките загуби на озон през 2008-2009 г. и вероятност за друга голяма дупка около 2019-2020, в съответствие с 11-год CR цикъл.

V. Хипотеза

Тези последни две работи илюстрират убедително, че проблемът с изтъняването на озоновия слой не е решен и се търсят истинските причини. Без да влизаме в подробности, поне на този етап, ние само ще споменем, че тези факти започват да подкрепят поне отчасти изказаната от нас хипотеза. Ясно трябва да се каже обаче, че дори тези резултати да подкрепят хипотезата ни, те не дават удовлетворителни резултати за обяснение на появилите се изтънявания на озона и над европейската част от северното полукълбо. Тук ние ще си позволим да допълним нашата хипотеза, ползвайки последните резултати на горните автори.

Ясно се очертава приемането, че космическите лъчи играят роля върху стратосферния озон. Но, както е известно, геомагнитното поле е модулиращ фактор върху разпределението на изсипването на ГКЛ. Известен е и обаче фактът, че геомагнитното поле през последните 100 години постепенно намалява своята интензивност. Нещо повече, специалистите в тази област твърдят, че през последните 800 000 години не се е извършвало смяна полярността на геомагнитния дипол. А такава смяна назад във времето е открита отдавна. Още се твърди, че ние навлизаме в период на подготовка на геомагнитното поле за разместване на полюсите. Модели на геомагнитния дипол [15] показват постепенно намаляване на интензитета на геомагнитното поле. След това създаване на множество полюси и след това чак "превъртане" на северния полюс на мястото на южния и обратно.

Сами разбирате, че вече ясно се очертава вторият елемент. Модулираният поради горните причини поток от ГКЛ ще създава петнист характер на изсипванията си и съответно въздействия върху озона. На практика, появата на геомагнитни аномалии, поради преструктурирането на гомагнитното поле, ще доведе до появата на области с намален интензитет на полето. Тези области се явяват своеобразни геомагнитни полюси. Така изспващите се ГКЛ ще проникват в тези "нови" полюси и ще въздействат и върху озона. Така намаленията на озона няма да са само резултат на динамични, но и на ядрено химични процеси. Процеси на въздействие ще има не само върху озона, но и върху другите малки съставки, участници във всичките по- горе изброени реакции.

Литература:

- 1. П е р о в, С. П., А. Х. Х р г и а н. Современные проблемы атмосферного озона, Л. Гидрометеоиздат, 1980.
- 2. http://redandr.blogspot.com/2007/12/4.html
- 3. N I c o I e t, M. On the production of nitric oxide by cosmic rays in the mesosphere and stratosphere. Planet and space Sci., v.23, No 4,p.637–649, 1975.
- 4. B r a s s e u r, G., S. S o I o m o n. Aeronomy of the Middle Atmosphere, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland, 1984.
- 5. Ларин, И.К. Автореф. Диссертация. докт. ф.-мат. наук. Москва, ИОНХ, 1991.
- 6. И с и д о р о в, В. А. «Озоновый кризис» и возможные экологические последствия его разрешения, УДК 574, www.chem.msu.su/rus/jvho/2001-1/43.pdf
- 7. WIIIIs, C., A. W. B o y d, M.J. Y o u n g, D. A. A r m s t r o n d, Radiation chemistry of gaseous oxygen: experimental and calculated yields. Canad. J. Chem., v.48, No10, 1505, 1970.
- 8. Тасев, Й. К. Анализ на профилите на атмосферния озон при различни състояния на слънчевоземните връзки, IV-та Национална конференция по "Слънчево- земни въздействия", София 30–31 октомври 1997г.
- 9. C r u t z e n, P. J., I. S. A. I s a k s e n, G. C. R e I d. Solar proton events: Stratospheric sources of nitric oxide. Science, v.189, No 4201, p.457-459, 1975.
- 10. T a s s e v, Y., P. I. Y. V e I i n o v, D. T o m o v a. Effect Of Geomagnetic Activity On The Ozone Profiles During Solar Minimum And Maximum. Compt. Rend. Acad. Bulg. Sci., 2005, 58, 5, 507.
- 11. T a s s e v, Y., P. I. Y. V e I i n o v, D. T o m o v a. Increase of Stratospheric Ozone in Pfotzer Maximum due to Solar Energetic Particles During Ground Level Enhancement of Cosmic Rays on 20 January 2005. Compt. Rend. Acad. Bulg. Sci., 2006, 59, 11, 1153.
- 12. С т е б л о в а, Р.С. Озонные дыры результат взаимодействия Солнца и космоса с геомагнитным полем в земной атмосфере. Доклады АН СССР, 1990, том 315, №5, с. 1097.
- 13. A I v a r e z M a d r i g a I, M., J. P é r e z P e r a z a, V. V e I a s c o. On a Plausible Relation Between Cosmic Rays and the Antarctic Ozone Hole Size. 30th International Cosmic Ray Conference, Merida, Mexico, 2007.
- 14. Q. B. L u. Correlation between Cosmic Rays and Ozone Depletion, Physical Review Letters, PRL 102, 118501 (2009). DOI: 10.1103/PhysRevLett.102.118501.
- 15. G I a t z m a i e r, G. A., D. E. O g d e n, & T. L. C I u n e. Modeling the Earth's Dynamo (2004) in State of the Planet: Frontiers and Challenges in Geophysics.

Sixth Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, SAFETY 2-4 November 2010, Sofia, Bulgaria

INFLUENCE OF THE RADIATIONS ON THE INCREASE OF THE HUMAN SKIN ELECTRIC COMPONENT RESISTANCE AND PROTECTION BY BIO-SPH NEUTRALIZERS-TRANSFORMERS

Stojan Velkoski

GAPE Institute – Skopie, R. Macedonia e-mail: contact@igape.edu.mk; www.igape.edu.mk

Abstract: It is a well-known fact that the cell membrane hosts the whole process of transformation of the chemical component into electrical component, with a value of less than 100 mV to +135 mV, (Boskovic1989). This indicates that any external influence from another electric component can have an impact on the transformation of the chemical component into electrical component, thereby influencing the very function of the cell. The knowledge acquired so far which is based on the results of numerous studies indicates that the exposure to electro-magnetic fields, especially to those until 300 MHz, leave serious consequences on human health after certain time. In this process, it is expected that the resistance of the electric component of the organism, and thereby, of the skin of the human body, increase as well. In this case, the organism suffers a load expressed in $k\Omega$, leaving obvious changes in the cells' structure and function. The protection by means of the BIO-SPH neutralizers–transformers led to transformation of the present electro-magnetic radiations in space by interference of waves and by reducing the lower electric components of electro-magnetic waves.

Introduction

The need for this research is a result of the ever more frequent hard diseases including the malignant, cardio-vascular, immunological, nervous depressive and others.

The analyses demonstrated that the age limit of the occurrence of more frequent with serious diagnoses is lowering to the younger generations which incited the elaboration of this project.

The previous scientific and research projects regarding the dangerous effect of the electro-magnetic radiations on the living beings and the protection against them yielded an array of positive results which have been elaborated in the scientific and research projects realized so far.

One of the first in-depth analyses of the dangerous effect of the electro-magnetic radiations and the protection against them especially regarding the knots of the three cosmic nets: Curry's, Hartmann's and Stojan's net, as well as of geo-pathogenic influences, have been carried out at the Sunray Institute in Skopje, Macedonia, as early as in the year of 1988.

Considering those results, yielded by Sunray Institute in Skopje, the Institute of Geo-Biology, Archaeology, Underground Waters and Ecology, IGAPE from Skopje, continued the research and scientific studies exactly in the field of the dangerous influence of the anthropogenous and natural electro-magnetic radiations.

Eight thousand heads of cattle and 20,000 people were included in this process. The people were of different ages and sex, and their analysis included both their residential and working premises.

One of the most recent methods of research of the harmful effect of the electro-magnetic radiations of anthropogenous and of natural origin on people, carried out by the IGAPE Institute from Skopje is INFLUENCE OF THE RADIATIONS ON THE RESISTANCE OF THE ELECTRO-MAGNETIC BIO-FIELDS IN PEOPLE WITH AND WITHOUT PROTECTION BY BIO-SPH, EXPRESSED IN Kω.

A series of new insights resulted from this study, regarding the harmful effect of the electro-magnetic radiations and the protection against them.

The source of radiation chosen for this study is the third cosmic knot which has been patented, and named after its discoverer, Mr. Stojan Velkoski – Stojan's Cosmic Net which includes the Stojan's Cosmic Knot as well.

Materials and methods

The human organism is a combination of particles of matter and non-matter without which an individual can not survive. Any disbalance can result in many serious diseases. Starting from this aspect the status and the functioning of the electric resistance created by the cell function and which is subject of this study, is of crucial importance.

The research so far has demonstrated that the electro-magnetic natural and anthropogenous radiations very seriously influence the human electric resistance which appears on the skin as well.

This serious problem is of vital importance for human health and survival and a serious menace for the present and the future generations.

Official medicine sees this problem only from its curative, but not from the preventive aspect as well. Therefore it sees its greatest achievement in the correct diagnostic of the disease, to prescribe the correct therapy doses and so on.

Exactly this shortcoming is being studied, analyzed and practically applied at the IGAPE Institute in Skopje.

The rapid positive results obtained by an arm test on one same person comparatively in presence of radiations and with protection by BIO-SPH neutralizers did not represent a sufficient scientific and technological proof.

The results of the research, besides all doubts regarding the influence of the electro-magnetic radiations, especially those from natural sources, were positive. It was inevitable to elaborate a study on the change of the resistance of the electric component of the skin of the person exposed to a Stojan's active cosmic knot with and without the protection by BIO-SPH neutralizers-transformers.

By the research carried out on the location where 426 deceased people had been sleeping, it was discovered that they had been exposed to a Stojan's cosmic knot and/or to the geo-pathogenic Curry's or Hartmann's knot for a period longer than five years. (Graph 1).







The measurements were carried out by radiesthetic instruments supported by detectors measuring the presence of natural and anthropogenous electro-magnetic radiations.

Experiment

These researches included 115 people, on which the changeability of the resistance of the skin was measured and expressed in $k\Omega$ of radiation, comparatively with and without the BIO-SPH neutralizers-transformers. (Figure 1 and 2).





Figure 1. Measuring of the resistance on the skin of a person exposed to a Stojan's cosmic knot without protection

Figure 2. Measuring of the resistance on the skin of a person exposed to a Stojan's cosmic knot with protection by a BIO-SPH neutralizer-transformer.

The comparative measurements were carried out by means of the Skin-Talk technology, and the period between two measurements was not longer than ten minutes.

Results

The results of the study on the change of the electricity resistance in people exposed to radiations and protected by BIO-SPH are demonstrated on the Graph 2 and Graph 3.

The difference in people exposed to electro magnetic radiations, natural or anthropogenic, and those protected by BIO-SPH, is manifested on two bases, as follows:

- a subjective feeling, for example, spasms in the plexus solaris, in the head or other, and relief from these feelings when people are protected by a BIO-SPH device;
- change of the amount of electricity resistance of the skin expressed in $k\Omega$ displayed in the Graph 2 and Graph 3.



Graph 2. Measuring of the strain of the human field through the skin expressed in kΩ, exposed to a Stojan's cosmic knot



Graph 3. Control measuring of the strain of the huma field, 15 minutes after the previous measuring, this time with protection by a BIO-SPH neutralizer-transformer

Conclusion

The study leads to the conclusion that if the values of the resistance, expressed in $k\Omega$, are analyzed, the resistance being the result of exposure to radiations with and without protection, with an initial and an final value, the role and the inevitability of use of the BIO-SPH becomes obvious. It can therefore be noted that under the exposure of radiations the human body suffers a great deal of load expressed through strain. A proof of this is the difference of the control measuring under same conditions, but with and without protection. We know that each load of any kind leads to early amortization. On the basis of the loading on cellular level, expressed in $k\Omega$, diverse symptoms and diagnoses can occur in individuals exposed to radiations.

The protection by BIO-SPH contributes to considerable relief from electric strain, and thereby - normal function on cellular level.

References:

- 1. Remote Sensing. The Quantitative Approach. Mc. GROW-Hill IBC, 1978.
- 2. Млакар, Ф.: Општи електрични мерења за електро-машинските училишта, Просветно дело, Скопје, 1979.
- 3. Etjen, G., Ardi K.: Alhemija zivota, NOLIT, Beograd, 1983.
- 4. Фаркаш, Б.: Радиесезија нова, РО Градина, Загреб, 1988, 206; 15-174 стр.
- 5. Gayton, А.: Медицинска Физиологија, Бакар-Бор, Београд, 1988, 1390; 52-163 стр.
- 6. La Maja Z.: Медицина становања, Нова Југославија, Врање, 1989, 370; 67-228 стр.
- 7. Марјан С. Бошковиќ: Анатомија човека, Медицинска књига, Београд-Загреб, 1989, 428, 62-64 стр.
- 8. Stefanov, B. Radiovolni i magnetni poleta. Medicina i fiskultura Sofia, 1990, 144;11-14 crp.
- 9. Петровски, Љ., Темелковски Д.: Физика. Просветно дело. Скопіе. 1991.
- 10. Мардиросян, Г.: От Космоса срешцу екологичните катастрофи, БАН, София, 1993, 210; 206 стр.
- 11. Каличанин, П., Лечиќ-Тошевски Д., Петковиќ И.: Традиционална научна медицина, Институт за ментално здравље, Београд, 1993, 222; 70-79 стр.
- 12. Мардиросјан, Г.: Екокатастрофи, ИК Ванеса, София, 1995, 236; 32-40; 40-56 стр.
- 13. Muller, C. F.,: Elektrosmog: Gesundheitsrisiken, Grenzwerte, Verbraucherschutz Katalyse, Heidelberg, Hamburg, 1997.
- 14. Бојков, Б.: Екологија I час, НБУ-ЦДО, Софија, 1998, 337; 33-127; 200-213 стр.
- 15. Ivan Engler: Wasser-und Sauerstoff-Energetisierung, Dt. Spurbuchverl., 1999, 400;33-37str.
- 16. Drunvalo Melchizedek: Die Blume des Lebens, Band 1, Sedona, USA, 1999,228;115-135 str.
- 17. Wolfgang Maes u.a: Elektrosmog-Wohngifte-Pilze (Baubiologie-praktsche Hilfe für jedermann), Heidelberg: haung, 1999,289;172-177 str.
- 18. Wang Zhen Guo: Never ever give up! Survival from Cancer!, Chow Hoi Tong Enterprise, Hong Kong, 1999.
- Мардиросян, Г.: Природни екологични катастрофи и тјахното дистанционно аерокосмическо изучаване, Акад. издат. Проф. М. Дринов, Софија, 2000, 387; 388 стр.
- 20. Johannes, V.B, Konstantin.M. Neutrino Power, Marktoberdorf 2000,303;77-80 str.
- 21. Коматина, М.: Медицинска геологија, Телур, Београд, 2001, 429.
- 22. Masaru Emoto: Wasserkristalle, Tokio, 2001,159; 29-35 str.
- 23. Wang Zhen Guo: The Cancer Terminator, Chow Hoi Tong Cultural Enterprise, Hong Kong, 2001.
- 24. Гецов, П.: Космос, екологија, сигурност, Н.Б.У., Софија, 2002, 209; 108-112 стр.
- 25. Мардиросян, Г.: Природни бедствия и екологични катастрофи, изучаване, превенция, защита; Академично издателство Марин Дринов, Софија, 2009.

АНАЛИТИЧЕН ОБЗОР НА ПРИРОДНИТЕ БЕДСТВИЯ ПО СВЕТА

Ралица Берберова

Нов български университет e-mail: rberberova@nbu.bg

Ключови думи: статистически данни, природни бедствия

Резюме: Целта на настоящия доклад е да представи на базата на статистически данни аналитичен обзор на природните бедствия, станали по света за периода 1975–2005 г.

ANALYTICAL OVERVIEW OF NATURAL DISASTERS AROUND THE WORLD

Ralitza Berberova

New Bulgarian University e-mail: rberberova@nbu.bg

Key words: statistical data, natural disasters

Abstract: The purpose of this report is to present an analytical overview of natural disasters occurring around the world during the period 1975–2005 on the basis of statistical data.

Въз основа на статистически данни за период от 30 години за броя станали природни бедствия, брой жертви, брой засегнати хора и икономически щети по света, е изготвен аналитичен обзор на станалите бедствия.

Следващите фигури (фиг. 1, 2 и 3) обхващат данни от 1975-2005 г. и отбелязват нарастващите тенденции в появата на природни бедствия, което се дължи на различни фактори като глобални климатични промени, екологична нестабилност и неравновесие в околната среда, нарастващата плътност на населението, разрастващата се урбанизация, дефорестацията и нарастващото опустиняване. Подсилени от тези фактори, природните бедствия причиняват нараствашо ниво на човешко страдание, икономически и човешки загуби. Общо засегнатите хора по света през 2005 г. са били около 2,4 % от световното население, което е нарастване с 0,1 % спрямо 2004 г. Има тревожно нарастване на броя на станалите бедствия (20,2 %), броят на общо засегнатите хора (8,8 %) и размера на причинените икономически щети (61,6 %). Броят на убитите хора е спаднал с 66 % през 2005 г. в сравнение с 2004 г., когато броят на убитите хора се дължи най-вече на цунами в Индийския океан и неговите последици в много страни в Азия и Африка. Азия отново претърпя значителни човешки загуби през 2005 г. поради южноазиатското земетресение в Пакистан и Индия. Статистиките сочат, че почти 91 % от убитите хора по света през 2005 г. са в Азия. САЩ също така претърпя една от най-тежките икономически щети през 2005 г. поради ураганите Катрина, Уилма и други. Тази тенденция е доста тревожна и е сериозна пречка за устойчивото развитие в засегнатите страни.











Фиг. 3. Размер на щетите по света (US\$, млрд.), 1975-2005

От горепредставените данни може да се направи извода, че тенденцията в последните години е в посока рязко нарастване на броя на природните бедствия, размерите на нанесените от тях щети и броя на човешките жертви.

В таблицата по-долу са обобщени данните за бедствията, които са станали за периода 1975-2005 г. по региони (табл. 1).

Обобщение на бедствията по регион, 1975-2005 г.					
Регион	Вид бедствие	Брой бедствия	Убити хора	Общо засегнати хора	Щети, US \$
	Суша	30	•	7 062 575	14 190 736 000
	Земетресение	156	8 704	2 829 742	34 349 776 000
	Епидемия	28	476	186 089	
	Екстремална				
	температура	127	35 260	787 774	2 316 088 000
	Глад	2		3 210 000	
	Наводнение	336	3 065	7 444 055	123 312 165 000
ЕВРОПА	Масово разпространение на насекоми	1			
	Свличане на земни маси	47	1 173	39 299	1 669 389 000
	Вулкан	16	9	7 024	19 600 000
	Вълна/голяма				
	вълна	1	11	2	
	Пожар	80	318	132 587	3 118 249 000
	Вятърна буря	290	1 948	8 640 518	28 547 948 000
ОБЩС	за Европа	1 114	50 964	30 339 665	207 523 951 000
	Суша	322	560 493	296 505 049	4 051 193 000
	Земетресение	53	6 711	1 514 821	8 725 608 000
	Епидемия	502	106 605	10 302 605	4 730 000
	Екстремална		0.10	4 000 040	17 000 000
	<i>температура</i>	10	218	1 000 218	47 809 000
	Тлао Наседновно	34	6 087	31 607 592	89 000 000
АФРИКА	павоонение Масово разпространение на насекоми	455	14 102	446 000	5 200 000
	Свличане на земни маси	23	528	18 304	3 200 000
	Вулкан	12	2 152	461 160	
	Вълна/голяма вълна	4	312	109 913	30 000 000
	Пожар	14	120	16 710	3 500 000
	Вятърна буря	136	3 350	11 109 022	2 796 873 000
ОБЩО	за Африка	1 631	700 738	386 941 073	18 789 227 000
	Суша	136	3 928	1 405 215 138	13 562 391 000
	Земетресение	386	551 228	70 679 577	248 097 687 000
	Епидемия	232	44 873	6 713 931	
	<i>скстремална</i> температура	102	10 020	50 711 638	5 012 887 000
АЗИЯ	Пемпература Гпад	103	760	8 670 000	4 399 000
	Наводнение	1 009	131 523	2 627 676 430	161 095 953 000
	Масово разпространение на насекоми	9		200	925 000
	Свличане на земни маси	225	15 181	5 473 151	463 888 000
	Вулкан	56	1 424	2 139 814	579 149 000
	Вълна/голяма вълна	22	231 869	2 338 995	7 782 397 000
	Пожар	59	450	3 245 885	19 235 500 000
	Вятърна буря	860	251 595	564 960 864	94 765 419 000

Табл. 1. Обобщени данни за станалите бедствия по регион, 1975-2005 г.
ОБЩО за Азия		3 107	1 251 911	4 747 825 623	550 630 595 000
	Суша	96	79	50 069 164	13 057 539 000
	Земетресение	151	43 311	11 710 574	56 647 010 000
	Епидемия	72	14 346	1 626 410	
	Екстремална				
	температура	62	5 203	4 089 468	13 911 250 000
	Глад	2		1 003 000	
	Наводнение	609	50 366	43 119 548	51 923 597 000
ЮЖНАи	Масово				
	разпространение				
AWEPVIKA	на насекоми	3		2 000	104 000 000
	Свличане на	110	5 190	1 162 028	1 095 200 000
		110	22.005	1 220 012	1 970 022 000
	Булкан Вт. тис (со т. тис)	49	22 005	1 229 912	1 879 022 000
	ВЪЛНА/20ЛЯМА еъпна	5	1 274	8 844	
	Пожар	97	155	362 617	5 566 700 000
	Пожар Ватърна бура	669	38 673	42 953 618	305 207 601 000
		1 925	180 601	157 338 183	449 381 919 000
Суща		24	98	8 653 635	
	Земетресение	86	585	81 287	2 507 400 000
	Билдемия	7	288	4 850	2 307 400 000
	Екстремалиа	,	200	+ 000	
	температура	4	23	4 600 784	
	Наводнение	143	243	517 922	2 108 437 000
	Масово				
ОКЕФНИЯ	разпространение				
UVEAUNA	на насекоми	1			120 000 000
	Свличане на				
	земни маси	17	431	10 615	2 466 000
	Вулкан	12	9	226 501	400 000 000
	Вълна/голяма	_			
	вълна	2	2 382	9 867	
	Пожар	31	130	76 169	1 082 006 000
	Вятърна буря	215	713	5 697 606	7 277 364 000
ОБЩО за Океания		542	4 902	19 879 236	24 503 673 000
ОБЩО за СВЕТА		8 319	2 189 116	5 342 323 780	1 250 829 365 000

Относителните данни по показатели са представени в следващите графични изображения.



Фиг. 4 представя данни за станалите бедствия по света за 30-годишен период, от 1975 г. до 2005 г. Регионът на Азия е бил най-често засяган от бедствия (37,35 %), следван от региона на Южна и Северна Америка (23,14 %), Африка (19,61 %), Европа (13,39 %) и Океания (6,25 %).

Фиг. 4. Относителен дял на бедствията по регион, 1975-2005 г.

Докато фиг. 4 представя данни за бедствията по регион, фиг. 5 дава информация за относителния дял на бедствията, станали от 1975 г. до 2005 г., по вид бедствие. В този дълъг

период от време светът най-често е бил засяган от наводнения (30,7 %), вятърни бури (28,1 %), епидемии (10,1 %), земетресения (10,0 %), следвани от суши (7,3 %), свличания на земни маси (5,1 %), екстремални температури (3,7 %), пожари (3,4 %), вулкани (1,7 %) и т.н.



Фиг. 5. Относителен дял на бедствията по света по вид, 1975-2005



Както се вижда от фиг. 6, 57,19 % от убитите от бедствия хора в периода 1975-2005 г. по света са били в Азия, 32,01 % - в Африка, 8,25 % - в региона на Южна и Северна Америка, 2,33 % - в Европа и 0,22 % - в Океания.

Фиг. 6. Относителен дял на убитите хора по регион, 1975-2005 г.

Най-много убити хора по света в периода 1975-2005 г. има вследствие на станали земетресения (27,9 %), суши (25,8 %), вятърни бури (13,5 %), вълни и големи вълни (10,8 %), следвани от наводнения (9,1 %), епидемии (7,6 %) и т.н., както е видно от фиг. 7.



Фиг. 7. Относителен дял на убитите хора по света по вид бедствие, 1975-2005

Относителният дял на общо засегнатите хора по света по регион е показан на фиг. 8 и от нея се вижда, че 88,87 % са в Азия, 7,24 % са в Африка, 2,95 % са в региона на Южна и Северна Америка, 0,57 % са в Европа и 0,37 % са в Океания.



Фиг. 8. Относителен дял на общо засегнатите хора по регион, 1975-2005



Фиг. 9. Относителен дял на общо засегнатите хора по света по вид бедствие,1975-2005

Най-високият процент на щети, причинени от бедствия по света за периода 1975-2005 г., е в Азия, както се вижда от фиг. 10. На региона на Южна и Северна Америка се падат 35,93 % от световните щети, Европа – 16,59 %, Африка – 1,50 % и Океания – 1,96 %.





Фиг. 10. Относителен дял на щетите по регион, 1975-2005 г.



Фиг. 11. Относителен дял на щетите по света по вид бедствие, 1975-2005 г.

На фиг. 11 може да се види, че най-много причинени щети от природни бедствия в световен мащаб за периода 1975-2005 г. има от вятърни бури (35,1 %), земетресения (28,0 %) и наводнения (27,3 %). По-малки са щетите, нанесени от сушите (4,5 %), пожарите (2,3 %), екстремалните температури (1,7 %), вълните и големите вълни (0,6 %), свличанията на земни маси (0,3 %) и вулканите (0,2 %). Статистическите данни на бедствията ясно показват, че човешките загуби и страдания, процентът на убитите и засегнати хора към общото население, размерът на щетите и последиците като цяло обикновено са значително по-високи и по-тежки в страните с ниско човешко развитие и с по-слабо развити икономики.

Степента на човешко развитие е мярка от фактори, която изразява степента на развитие на страната и включва: степента на грамотност, степента на общо записаните в училище, доходите на глава от населението и нивото на раждаемост. По-високата степен на човешко развитие прави планирането, управленските стратегии и необходимите след това дейности по-успешни в периода след бедствието. Въпреки че значителни щети от бедствия са били понесени в страни с висока степен на човешко развитие, въздействието на бедствията по отношение на човешки и икономически загуби, са били много по-сериозни в страните със средно и ниско ниво на човешко развитие (табл. 2).

	Брой бедствия	Убити хора	Общо засегнати хора	Размер на щетите, US \$
Висока степен на човешко развитие	2 142	67 727	74 967 739	772 795 391 000
Средна степен на човешко развитие	1 761	987 808	753 843 464	30 054 248 000
Ниска степен на човешко развитие	4 416	1 133 581	4 513 512 577	447 979 726 000
общо	8 319	2 189 116	5 342 323 780	1 250 829 365 000

Табл. 2. Обобщение на бедствията по степен на човешко развитие, 1975-2005 г.

Също така процентът на убитите и общо засегнатите хора към общото население е висок в страните с ниска и средна степен на човешко развитие, което подчертава важността и необходимостта от внедряване на подходи за намаляване на бедствията в националните политики. Въпреки че реалната стойност на щетите е висока в страните с по-висок доход, процентът на щетите по брутен национален доход е по-висок в страните с нисък или среден доход.

Докато реалните икономически загуби от бедствията са по-високи във високодоходните държави, което се дължи на развита инфраструктурна структура и икономически учреждения, които са натрупали социални капитали, загубите, свързани с бедствията, са по-големи в развиващите се и в нискодоходните страни, особено когато е направен обзор на съотношението на брутните национални доходи на тези страни (табл. 3).

	Брой бедствия	Убити хора	Общо засегнати хора	Размер на щетите, US \$
Високо ниво на доходи	1 791	60 032	53 492 544	738 683 806 000
Повече от средно ниво				
на доходи	3 000	1 406 501	2 840 807 427	128 339 605 000
По-малко от средно ниво на доходи	2 534	631 498	2 354 381 447	302 570 083 000
Ниско ниво на доходи	994	91 085	93 642 362	81 235 871 000
ОБЩО	8 319	2 189 116	5 342 323 780	1 250 829 365 000

Табл. 3. Обобщение на бедствията по ниво на доходи, 1975-2005 г.

Социално-икономическото въздействие на бедствията варира според вида на бедствието, периода на бедствието (времетраене, обхват) и възстановителния период след това. Нивото на доходи и степента на човешко развитие на страната играе решаваща роля в определянето на това колко дълго време ще отнеме за местното население да се възстанови от бедствието.

На база на направените изводи може да се заключи, че броят на убитите, размерът на човешките страдания и обхватът на щетите, причинени от природни бедствия, е тясно свързан със социално-икономическото ниво на засегнатата страна. Това подсказва, че е необходим цялостен управленски подход за бедствията, който да отдава съответно внимание на уязвимостта на страната към бедствия, въздействието и обхвата на щетите, а също така и въздействието на бедствията върху човешкото развитие и икономиката.

Литература:

1. EM-DAT Emergency Events Database <http://www.emdat.be/Database/terms.html>

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ЗА НОВА КЛАСИФИКАЦИЯ НА ЕКОКАТАСТРОФИТЕ

Ралица Берберова

Нов български университет e-mail: rberberova@nbu.bg

Ключови думи: екологични катастрофи, класификация, комбиниран тип

Абстракт: В настоящия доклад е направен преглед на съществуващи класификации на екокатастрофите. Представено е предложение за нова класификация на тези явления, която въвежда термина "екокатастрофа от комбиниран тип".

SUGGESTION FOR A NEW ECOCATASTROPHE CLASSIFICATION

Ralitza Berberova

New Bulgarian University e-mail: rberberova@nbu.bg

Key words: ecocatastrophies, classification, ecocatastrophy of combined type

Abstract: This report is a review of the existing ecocatastrophe classifications. A new classification of these phenomena is suggested, which introduces the term " combined-type ecocatastrophe".

В науката и практиката се употребяват многобройни синоними на термина "природна катастрофа" – "бедствие", "бедствено събитие"; за природни катастрофи най-вече сериозни, характеризиращи се с отчасти непоправими или необратими последици, се използват термините "катаклизъм", "катастрофа", "катастрофално събитие". Терминът "катастрофа" често бива използван и в преносен смисъл. За "катаклизъм", застрахователите разбират един инцидент или поредица свързани пожари, които биха причинили щети на собствеността, повисоки от 5-25 млн. долара (цифра в развитие). Проф. Гаро Мардиросян, д.н., предлага и въвежда употребата на термина "екокатастрофа" в България [1, 2].

Важна предпоставка за детайлно изучаване на дадени процеси и явления е тяхната правилна класификация. Класификация на екологичните катастрофи може да бъде направена по различни признаци: произход, периодичност, мащаб на щетите, брой жертви, територия на действието и т.н.

Много автори приемат, че според произхода си екологичните катастрофи биват 2 групи: антропогенни и природни.

Първите са следствие от човешката дейност, която е свързана както с развитието на индустриализацията и урбанизацията, така и с погрешни и престъпни стратегии и действия в развитието си. Антропогенни екокатастрофи могат да настъпят вследствие на химично, биологично, радиоактивно или друг вид замърсяване на въздуха, водите, почвата, което е следствия от нарушения в технологичния процес или аварийна ситуация в различни инсталации, а също така подобно замърсяване може да е следствие от умишлено увреждане на околната среда, например по време на военни действия или с цел терористична атака.

Природните екологични катастрофи възникват без участието и намесата на човека. Те могат да бъдат определени още и като екстремални геофизични явления, тъй като това са събития, при които геофизичните параметри на обкръжаващата ни природна среда се изменят и добиват екстремални стойности. Природна екокатастрофа може да настъпи както при рязко изменение на геофизичните параметри, така и при тяхното продължително отклонение със

стойности, които се различават от нормалните. Такива катастрофи са земетресенията, цунамита, наводнията, свлачищата, изригванията на вулкани, градушки, прахови бури, силни снеговалежи, падане на големи метеорити и т.н. Отделните природни екологични катастрофи са взаимосвързани и си взаимодействат, тъй като редица катастрофални процеси и явления, могат или директно да провокират други видове екокатастрофи, или да създадат предпоставки за тях. Такъв пример е земетресението, което може да генерира цунами, да провокира свлачищни процеси, да предизвика вулканско изригване, да доведе до появата на лавини или до наводнения и т.н.

От своя страна природните екологични катастрофи са класифицирани на базата на различни критерии.

Един от най-често използваните е генетичният критерий, който най-отчетливо откроява сложността при класификацията и терминологичните проблеми при тези екокатастрофи. Според някои учени естествените геоложки разрушителни процеси са групирани в три вида: геоложки, или това са процесите в литосферата (вулкани, земетресения, свлачища и т.н.), хидроложки – в хидросферата (наводнения, цунами и т.н.) и метеорологични – в атмосферата (урагани, суши, градушки, силни снеговалежи и т.н.). По отношение на екологичната опасност такава класификация е условна, тъй като дадена природна екологична катастрофа може да възникне в една сфера на Земята, а да се разпространи и да причини щети в друга или повече такива. Пример за това е вулканското изригване, което се дължи на процеси в земната кора, а нанася вреди в атмосферата и хидросферата. Или цунами, което се заражда най-често от силни водни земетресения, свлачища или изригвания на вулкани, а водната вълна се разпространява в хидросферата, като нанася катастрофални щети както в крайбрежните райони, така и по крайбрежната суша.

Земетресенията, цунами, вулканските изригвания, лавините, свлачищата и наводненията се отнасят към геоложки опасните явления. В последните години все по-често, обаче, наводненията и лавините да се отнасят към хидроложките явления.

Други автори предлагат природните катастрофи да се класифицират като геофизични, хидро-метеорологични и други бедствия [5]. Земетресенията, вулканските изригвания, причинените от земетресения цунами и свличанията на земни маси са категоризирани като геофизични бедствия, докато вятърните бури, наводненията, екстремалните температури, сушите и причинените от силни валежи свличания на земни маси са категоризирани като хидрометеорологични бедствия. Всички други бедствия, включително глад и епидемии, са включени в категория "други".

По критерия периодичност природните екологични катастрофи се класифицират на:

- ✓ няколко пъти в годината;
- ✓ в отделни години;
- ✓ в период на много години.

Класификацията на екокатастрофите по територия на действието е полезна от практична гледна точка. Например щетите, които ще нанесе един тропически циклон се разпростират на хиляди километри, а щетите от падането на една мълния – само няколко квадратни метра. Някои учени предлагат класификация на територията в 3 групи:

- ✓ глобални;
- ✓ регионални;
- √ локални.

Тази класификация не може да се приеме напълно, тъй като под глобална екологична катастрофа би трябвало да се разбира такава, която се разпространява или по цялата земя, или на огромни територии от нея. Това именно налага някои от екокатастрофите в тази група да се отнесат и към регионалните. Проблемът за неточността на тази класификация е в различните мащаби на екологичните катастрофи от един и същи вид, тъй като например, в зависимост от силата и характера си едно вулканско изригване може да нанесе щети както на малка територия, така и на голяма.

Класификацията на екокатастрофите по размер на засегнати територии също не е точна. Проблемите при нея са аналогични на тези при гореразглежданата териториална класификация. Тук екологичните катастрофи за разделени в 4 групи:

- ✓ глобални;
- 🗸 зонални;
- / регионални;
- ✓ локални.

Друга класификация използва за критерий мащабите на щетите и най-вече човешките жертви, като природните екологични катастрофи са разделени в 3 групи:

- ✓ заплаха за живота или гибел на не повече от 1000 души;
- 🗸 смърт или заплаха за живота на 10 000 до 1 000 000 души;
- 🗸 загинали или застрашени от смърт над 1 000 000 души.

По критерия времетраене природните екокатастрофи могат да се класифицират на:

- ✓ мигновени;
- ✓ траещи часове и дни;
- ✓ продължаващи седмици и месеци.

Тази класификация също е относителна, тъй като някои екологични катастрофи могат да продължат както минути, така и дни и месеци, поради което следва да се класифицират в повече от една група. Такъв пример може да бъде изригването на вулкани.

Съществуват и класификации на природните екокатастрофи по форма и план:

- ✓ териториални;
- ✓ линейни;
- √ точкови.

Известни са също така и класификации на екологичните катастрофи според необходимите срокове за възстановяване на щетите. Такива класификации са твърде условни и са на едно от последните места по степен на обективност, тъй като сроковете за възстановяване на щетите в голяма степен зависят от социално-икономическото положение на определена държава.

Предложение за нова класификация на природните катастрофи

Както вече беше споменато по-горе, е прието по произход екокатастрофите да се делят на природни и антропогенни.

Станалите в последните 3-4 години наводнения в България изведоха на преден план проблема за установяване на причината за станалите бедствия и поемането на отговорност за причинените щети и човешки жертви. Бяха изказани различни мнения: 1. причината е от природен характер; 2. ненавременна и/или неправилна намеса на отговорните институции за почистване на речни корита, освобождаване на количества вода от язовири и др.

Във връзка с горепосочените предпоставки се предлага въвеждането на нов термин: екокатастрофи от <u>"комбиниран"</u> тип – екокатастрофа, причинена от природно бедствие и неправилна намеса и/или ненавременна намеса на човека (схема 1).

Предложение за класификация на екокатастрофите по произход



Схема 1

С въвеждането на този термин се цели да се оценят действията на отговорните лица. Това би довело и до улеснение в застрахователното дело, при изплащането на помощи на засегнатите от подобно бедствено събитие и др.

Литература:

- 1. Б р у ч е в, И., Геоложката опасност в България, С., изд. БАН, 1994
- 2. Мардиросян, Г., Екокатастрофи, изд. Ванеса, С., 1995
- 3. Мардиросян, Г., От Космоса срещу екологичните катастрофи, изд. БАН, С., 1993
- 4. Мардиросян, Г., Физични аспекти на екологичните катастрофи, Физика, 1996, с. 84-89
- 5. Natural Disasters Data Book'2005, ADRC (Asian Disasters Reduction Center), 2006

ПРИРОДНИ БЕДСТВИЯ, СИСТЕМИ ЗА ПРЕВЕНЦИЯ И НАЦИОНАЛНА СИГУРНОСТ

Ралица Берберова, Рангел Гюров

Нов български университет e-mail: rberberova@nbu.bg

Ключови думи: природни бедствия, риск, системи за превенция, национална сигурност

Абстракт: Последните десетилетия светът понесе редица катастрофални природни бедствия (Индонезия, САЩ, Италия, Хаити, Япония, Чили и др.). Размерът на нанесените материални щети е милиарди долари, а взетите човешки жертви и засегнати хора са милиони. Тези бедствия показаха, че светът не е готов да посрещне такива предизвикателства на природата. Земетресението в Хаити бе наречено най-голямата хуманитарна катастрофа на десетилетието. Необходимостта от изграждането на системи за превенция от природни катастрофи е неоспорим факт. Изграждането и функционирането на подобни системи обаче, също крие риск по отношение на националната сигурност. В доклада авторите предлагат структура на система за превенция от природни бедствия за територията на Р България, включващи система за сигурност.

NATURAL DISASTERS, PREVENTION SYSTEMS AND NATIONAL SECURITY

Ralitza Berberova, Rangel Gjurov

New Bulgarian University e-mail: rberberova@nbu.bg

Key words: natural disasters, risk, prevention systems, national security

Abstract: During the last decades, the world suffered a number of catastrophic natural disasters (Indonesia, USA, Italy, Haiti, Japan, Chile, etc.). Material damage amounted to billions of dollars, many lives taken, and affected millions of people. These disasters have shown that the world is not ready to meet the challenges of nature. The earthquake in Haiti has been defined as the greatest humanitarian disaster of the decade. The need of establishing systems for prevention of natural disasters is an undeniable fact. The construction and operation of such systems, however, also poses a risk to national security. This report siggests the structure of a natural disaster prevention system, including security system, for the territory of Bulgaria.

Статистическите данни на бедствията ясно показват, че човешките загуби и страдания, процентът на убитите и засегнати хора към общото население, размерът на щетите и последиците са значително по-високи и по-тежки в страните с ниско човешко развитие и послабо развити икономики.

Докато реалните икономически загуби от бедствията са по-високи във високодоходните държави, което се дължи на развита инфраструктурна структура и икономически учреждения, които са натрупали социални капитали, загубите, свързани с бедствията, са по-големи в развиващите се и в нискодоходните страни.

Социално-икономическото въздействие на бедствията варира според вида на бедствието, периода на бедствието (времетраене, обхват) и възстановителния период след това. Нивото на доходи и степента на човешко развитие на страната играе решаваща роля в определянето на това колко дълго време ще отнеме за местното население да се възстанови от бедствието [9, 15].

Доста често като следствие от кризисно събитие се явява липсата на сигурност, която е неотменно човешко право.

Двата основни документа, които в световен мащаб осигуряват и гарантират правата на човека, в т.ч. по време и след настъпила природна катастрофа, са Всеощата декларация за правата на човека и Декларацията от Рио Де Жанейро [5, 6].

България като страна, приела тези международни документи, е длъжна да следва и спазва принципите им. Доказателство за това е Конституцията на РБългария, която гласи: "Република България гарантира живота, достойнството и правата на личността и създава условия за свободно развитие на човека и на гражданското общество." [8].

В Проекта на Стратегията за национална сигурност на РБългария от 2008 г. се казва, че сигурността е основна и неотменна човешка ценност [12]. Тя е първостепенно условие за мирно и свободно съществуване на държавата и на нейните граждани. Равнището на сигурност се определя от степените на защита и на ефективно реализиране на интересите на българските граждани, общество и държава, които в съвкупност съставляват националните интереси.

Станалите природни катастрофи в последните години показаха, че не са гарантирани основни човешки права.

Най-актуалният пример за това е станалото на 12.01.2010 г. земетресение в Хаити и последиците от него. Страната е сред най-бедните в света - над 80 % от населението живее в крайна бедност - с по-малко от долар на ден, всеки втори градски жител живее в гето - факти, които допринасят за трудното възстановяване на страната след това бедствие.

По официални данни земетресението отне живота на повече от 300 000 души, а вероятно реално жертвите са повече от половин милион души [13]. Столицата Порт-о-Пренс, която е с население 1,5 млн. души, е най-засегната. Непосредствено след труса настъпва пълен хаос. Липсва каквато и да е информация, не толкова поради срив на комуникационните системи, колкото поради факта, че няма кой да я подаде. Два дни преди земетресението има прогноза за евентуален силен трус и членове на правителството и богати хора "заминават на екскурзия в чужбина", а частните елитни училища се затварят. Информацията за предстоящ трус не е обявена, за да не предизвика паника!?...

След труса първите спасители са доброволци от Куба, а след тях и от Франция. Първата задача на последвалите спасителни екипи е по-скоро медийна изява, отколкото реални спасителни действия. Основен проблем при възстановяването е липсата на координация и контрол на средствата и хуманитарната помощ от страна на международните организации и местната власт. Това е причината доставянето на вода, храна и други средства да не се осъществява качествено – има лагери, в които доставките се дублират, а в други – напълно липсват. Липсата на хигиенни условия е причина за появата на епидемии.

След труса от столицата се изнасят в различни посоки 600 000 души. Най-много бежанци се насочват към Кенскоф и към Доминиканската република. На границата с цел запазване на националната сигурност на Доминиканската република, тежко въоръжени войници избиват стотици, а може би хиляди оцелели след труса хаитяни.

Липсата на управление, породено от бягството на правителството и липсата на кризисен щаб, доведе до мародерства в първите дни след земетресението (грабежи, изнасилвания, убийства и др.). Близо 6 млн. от населението на Хаити са деца под 18 годишна възраст. Започва търговия с деца, чиито обект са детските органи и проституцията. Станалото в Хаити бе наречено срам за човечеството и най-голямата хуманитарна катастрофа на десетилетието.

Налага се да се разработят правилници или ръководства, свързани с описанията и начините за запазване и гарантиране на основните човешки права. Човешките права могат да бъдат описани в няколко категории [14]:

- запазване на живота и сигурността на отделния човек, физическата му цялост и достойнство, свързани с: евакуации, преселвания и други животоспасяващи мерки;
- изграждане и физическа сигурност на спасителния лагер избор на подходящо място, устойчивост, охрана и др.;
- гарантиране на права, свързани с основни жизнени потребности храни и обслужване, хуманитарни действия, вода и канализация, дрехи и здравни грижи, в т.ч. психологическа помощ;
- осуетяване на престъпността запазване от насилия, вкл. изнасилвания, кражби, мародерства и др.;
- гарантиране на други екологични, социални и културни права като образование, имущество, осигуряване на подслон, прехрана и работа;
- гарантиране на други граждански и политически права като документация (лични документи); права на свободно движение; семеен живот и практикуване на религии и култове; право на избор.

В момент на кризисно събитие е от изключително важно значение навременно да се осигурят и задоволят правата на човека от първите четири категории, а именно запазване на живота и сигурността на отделния човек, физическата му цялост и достойнство, изграждане и физическа сигурност на спасителния лагер, гарантиране на права, свързани с основни жизнени потребности и осуетяване на престъпността. Може да се говори за пълно спазване на човешките права, когато са налице и са предприети мерки и действия в рамките на всички изброени по-горе категории права.

Във всички случаи държавите са задължени да имат респект да предпазват и да гарантират човешките права, вкл. техните граждани, по отношение на евакуираните или напусналите домовете си. Организирането на спасителните действия трябва да бъде съобразено също така и с индивидуалните потребности и права на човека като раса, религия, бит, култура и др. (т.е. основните нужди като храна и обслужване трябва да са налични, достъпни, приемливи и адаптивни). Държавите са задължени да извършат превенция по отношение на престъпност и насилия и ако има такива да бъдат преодолени/възпрепятствани. Когато държавите не са в състояние да предприемат тези действия е необходима намесата на интернационалната общественост, за да се помогне за гарантиране на тези права чрез своите поделения или съвместно с нестопански организации. С цел гарантиране зачитането на човешките права е необходимо наблюдение, контрол и оценка на действията, а в случаите когато тези "наблюдатели" са от чужда страна, то тогава за постигане на положителен ефект е наложително те да влезнат в контакт и да се координират с местните власти.

Всички засегнати общности трябва да бъдат информирани по най-разбираем начин по отношение на естеството и степента на станалото бедствие, възможните последващи рискове, текуща информация за хуманитарните помощи и действията, които се предприемат. Трябва да се правят консултации по отношение на нуждите и желанията на засегнатите. Организациите и органите, участващи в спасителните и последващи операции трябва да са адекватни по отношение на населението.

Както става ясно от представените международни спогодби и национални нормативни документи, дългогодишните усилия на международната общност са поставили основата за приемането на конкретни ангажименти от страна на държавите за опазване на правата на отделния човек и на населението като цяло при зараждането, развитието и последиците от природни бедствия на съответна територия от страната.

Основна група дейности от страна на държавата, вкл. общините, е превенцията от природните бедствия, изразена главно чрез създаване, изграждане и поддържане на системи за превенция и намаляване на потенциалните щети.

Структурата на всяка система за превенция се състои от следните 4 компонента:

- система за мониторинг, състояща се от различни сензори;
- комуникационна връзка в реално време за трансфер на данни;
- апаратура, която преработва данните в информация;
- система, която предава сигнала за тревога на команден център и потребители.

Много държави предприеха действия, водещи до превенция и намаляване на последствията от силни трусове. Причините за появата на земетресения са много, което прави трудна прогнозата за появата им, но не и невъзможна. Прогнозата означава предвидимост на дадено събитие. Най-добрата е тази, която би определила мястото, времето и параметрите на събитието. След земетресението във Вранча, Румъния, през 1977 г., което нанесе щети и в България, под ръководството на акад. Бончев започва сеизмично райониране на страната и промяна на стандартите за антисеизмично строителство. На практика това означава, че се прави прогноза за мястото и за един от параметрите "сила" (или "интензитет") на земетресението. Друг български учен, акад. Христосков, през 1998 г. прогнозира отсъствие на силно земетресение до 2007 г. Той е един от първите в България, работил по идеен проект за система за ранно оповестяване на земетресения. Проектът е изоставен поради липса на финансиране.

Съвременните знания и технологии разширяват възможността за включването на все повече параметри в прогнозата на земетресенията. Сателити наблюдават репери по цялото земно кълбо и дават информация за координатите и скоростите на техните премествания. Знаейки физикомеханичните свойства на земните пластове, би могло да се изчисли мястото и времето на тяхното разрушаване, което най-често е основната причина за земетресение. Колкото по-гъста е мрежата от репери и са повече данните за земните свойства, толкова поточна би била прогнозата.

Това означава, че теоретично е възможно изграждане на система за ранно оповестяване на земетресения.

Системата за ранно оповестяване предупреждава градските зони и критичната инфраструктура за предстоящ силен трус, обикновено от няколко секунди до няколко десетки секунди преди пристигането на разрушителния земен трус [3]. Дори малкият времеви прозорец може да осигури възможност за автоматично вземане на мерки като: изключване на компютри; спиране на дейности с висока точност; спиране на високоенергийни съоръжения; спиране на летищни дейности; спиране на производствени съоръжения; спиране на разпространението на газ; сигнализиране на операционните зали в болниците; отваряне на аварийните врати; спиране на асансьорите в безопасна позиция; спиране на нефтоподаване и пренос; спиране на АЕЦ; спиране на водоподаване и пренос; поддържане на безопасност в ядрени съоръжения; подаване на радиосигнализиране; стартиране на аварийни генератори и др.

При системите за ранно оповестяване изходящата информация може да бъде оценка на магнитуда и мястото на събитието, както и оценка на очакваното ускорение или напрежение на специфичните места в сгради и съоръжения, посочени от инженери.

Системите за ранно оповестяване могат да работят с оценка в реално време на параметрите на източника или превишение на праговете на произволно избран параметър.

Достатъчно точна оценка за основните параметри на земетресението (епицентър, време, магнитуд, фокус и амплитуда на труса) могат да се получат около една минута след времето на улавяне на земетресението. Бързо локализиране може да се осъществи във времеви прозорец от десет секунди непосредствено след пристигането на първата Р-вълна. Софтуерът разпознава силата на земетресението, което е важно за реагиране на системата. Бързото определяне на магнитуда на земетресението е много важно за оценка на потенциалните щети.



Фиг. 1. Елементи и функции на система за ранно оповестяване (<u>А</u> – Он-лайн обработка ; <u>Б</u> – Мултифункционален режим; <u>В</u> – Комуникации), по Е. Спасов, Kinemetrics, USA

Избор на елементи от критичната инфраструктура на територията на град София

Една от дефинициите за термина "критична инфраструктура" е, че тя включва тези активи, системи или части от тях, които се намират в държавите-членки на ЕС и които са от основно значение за поддържането на жизнено важни функции на обществото, здравеопазването, безопасността, сигурността, снабдителната верига, икономическото или социалното добруване на хората и чието прекъсване или разрушаване би оказало съществено въздействие върху дадена държава-членка в резултат на неспособността да се поддържат тези функции (CIWIN-Critical Infrastructure Warning Information System, EU).

Европейският съюз определя следните основни сектори от критичната инфраструктура:

- енергетика;
- ядрена промишленост;
- информационни и комуникационни технологии;
- водоснабдяване;
- здравеопазване;
- осигуряване с хранителни продукти;
- финансова сфера;
- транспорт;
- химическа промишленост;
- космически капацитет;
- научен капацитет.

Допълнително всяка една държава може да определи по-специфични за нея сектори, които да бъдат третиране като част от критичната инфраструктура:

- публична администрация;
- културно наследсво;
- природни богатства;
- отпадъци и отпадни води;
- други.

В гр. София са концетрирани голям брой елементи от сектори на критичната инфрастуктура:

- електроцентрали и преносна мрежа;
- газопроводи;
- информационни и комуникацинни технологии;
- водоснабдяване;
- здравеопазване;
- финансов сектор;
- държавна власт;
- транспорт метрополитен, летище, ЖП;
- научен капацитет;
- културно наследство;
- други.

На фиг. 2 е представен пример за включване на обекти от критичната инфраструктура на гр. София в система за ранно оповестяване и редуциране на последствията от природни бедствия. Избраните обекти са:

- редица здравни заведения, в т.ч. за спешна медицинска помощ ("Пирогов", Медицинска академия, Военно-медицинска академия, Александровска болница, "Майчин дом");
- обект на Министерство на отбраната;
- централа на БТК.

На посочените обекти могат да се монтират акселерометри, които следят и оценяват състоянието на сградите във всеки момент. Информацията е необходима и дори жизненоважна за спасителните екипи и работещите служители и лекари в случай на бедствие или след настъпило такова.

Устройствата се свързват в мрежа, но могат да работят и автономно. Предават нужната информация по кабели в мрежата или безжично към интернет. На покривите на посочените постройки може да се монтират и GPS. Те регистрират критични деформации, причинени от земетресение, бури, пожари и др. и предават в реално време информация за тях чрез сателити в интернет.



Фиг. 2. Пример за разположение на елементи от системата OASIS (On-line Alerting of Structural Integrity and Safety)

Подобна система може да обслужва и Софийския метрополитен и получената от нея информация да бъде предадена към управленския му център за вземане на решение за спиране на метрото или при предварително зададени прагови стойности за земно ускорение да бъде спряно автоматично. В този случай, обаче, са необходими допълнителни устройства за разпознаване на силата на трус.

Модел на единна информационна система за ранно оповестяване и редуциране на последствията от бедствия на територията на Р България

На фиг. 3 е представена принципната структура на система за ранно оповестяване на природни бедствия и за редуциране на последствията от тях за територията на страната ни [2, 4].



Фиг. 3. Принципна структура на системата за ранно оповестяване на природни бедствия

Структурни подсистеми

Сеизмична подсистема

Съществуващата в момента сеизмична мрежа от станции в България е за регистрация на земетресения и не разполага с достатъчно чувствителни сензори. Към нея могат да се включат сеизмометри от ново поколение, които се разполагат на специфични места, определени от геолози и геофизици. Обикновено сензорите се разполагат от двете страни на големи разломи. Гъстотата на точките зависи от геоложките особености на територията. В градските зони мрежата зависи също от наличието на разломи и разседи. В София разломните линии са по Перловската река, р. Искър и р. Владайска. Мрежата е в състояние да подава информация за земетресение преди усещането на труса с изключение на района в самия епицентър. С насищането на нови точки за наблюдение и включването на OASIS, сеизмичната мрежа ще е в състояние да трансферира данни за устойчивостта на съоръженията. Наличието на GPS на обекти от критичната инфраструктура ще мултиплицира регистрационните възможности и дублира част от функциите на сеизмичната мрежа. Подсистемата е с функции на регистрационна, комуникационна, раннопредупредителна, за бърза реакция и редукция на щетите. Унифицираната апаратура и софтуер, защитен съответно с информационна подсистема за сигурност, дава възможност за включването на сеизмичната мрежа към регионални и глобална мрежи. Съществуващата в момента в ГФИ-БАН сеизмологична мрежа подава информация към Европейския средиземноморски сеизмологичен център (EMSC -European Mediterranean Seismological Centre), но не изпълнява фукциите на система за ранно оповестяване и намаляване на последствията от земетресения.



Фиг. 4. Пример за разположение на сензори по разломни линии в гр. София

Метеорологична подсистема

Съществуващите глобални метеосистеми, подаващи информация в реално време, предоставят възможности за изграждане на регионални системи за мониторинг и ранно предупреждение за атмосферни опасности и наводнения. Използваната метеосистема на НИМХ-БАН предоставя успешни прогнози за метеоявления, но не успя да прогнозира станалите тежки наводнения в България в периода 2004-2006 г. Комбинирането на мрежа от сензори (пиезометри) по теченията на реките и подходящи точки от водосборната област и метеостанции, предаващи дистанционно информация, е в състояние да прогнозира всяко наводнение. Сателитното наблюдение на дадена територия не е достатъчно, тъй като при него се отчита наводнената/заснежената площ, но не и обема на водата. Комбинирането на сателитни и дистанционни средства решава този проблем. Например, комбинирането на сателитни снимки и информация от допълнителен софтуер, отчитащ разликите в котите/дълбочината на водата в залятата площ, дава възможност веднага да бъде изчислен обемът на водата, който би предизвикал висока вълна по долните течения на реките. Допълнително към метеоситемата могат да се прикачат трафик метеосистеми, отчитащи наводнени артерии, намалена видимост, черен лед следствие на мъгла/висока влажност. Информационни табла/бордове подават светлинна информация по транспортните артерии, радио или индивидуален приемник на потребителя.

Екологична подсистема

Тази подсистема е за провеждане на мониторинг на определени показатели по заявка (атмосферно замърсяване, обгазяване, радиоактивност, киселинни дъждове, замърсители и др.). Националната автоматизирана система за екологичен мониторинг към ИАОС и РИОСВ към МОСВ наблюдава и покрива най-голяма територия в страната ни. ИКИ-БАН е изградил и успешно внедрил подобни системи в Стара Загора, Кърджали и Бургас. Пилотни системи демонстрират успешното и бъдещо използване на космически средства за мониторинг на различни обекти или дейности.

Други подсистеми

Според спецификата на района или обекта към единната система за ранно оповестяване на природни бедствия и редуциране на последиците от тях биха могли да се изградят и прикачат и други подсистеми – например трафик система за следене на транспортни средства.

Потребители на информацията от системите за ранно оповестяване на природни бедствия и редуциране на последствията от тях

Потребители на информация от системата за ранно оповестяване на природни бедствия съгласно законовите и подзаконовите актове, свързани с достъпа до информация (напр. Орхуската конвенция, ЗООС, ЗДОИ), могат да бъдат органи на държавното управление, министерства, общини, фирми, обществени институции, жилищни сгради, отделни лица, управление на метрополитен, ЖП-транспорта, атомни централи, стратегически обекти, като се абонират да получават нужната им информация [7, 10].

Примери за работа и използване на системата от потребители

<u>Потребител "Община"</u>

Информация:

- оторизиран достъп
- кметът и/или ръководството на оперативния център за територията на общината получава цялата налична информация от системата с цел организиране на екипите за предприемане на необходимите действия;
- информацията се подава с оценки на събитията нормално, внимание, опасност, бедствие.

<u>Резултат:</u>

- при сигнал "нормално" не съществува заплаха;
- при сигнал "внимание" необходимост специализираните екипи да имат готовност за предприемане на действия;
- при сигнал "опасност" системата сигнализира оперативни служби за започване на действия;
- при сигнал "бедствие" подаване на прогноза за нанесените щети и насоки за предприемането на конкретни действия.

Потребител "Училище"

Информация:
 оторизиран достъп

- училището получава необходимата информация за земетресение, обгазяване, бури, наводнения, заледяване и т.н.
 Резултат:
- предприемане на действия по предварително разработените планове за реакция при съответното бедствие.

Потребител "Физическо лице"

<u>Информация:</u>

• оторизиран достъп;

- потребителят получава информация, за която се е абонирал земетресение, наводнение, заледяване, градушка, и т.н. чрез подходящ личен приемник (PC, GSMапарат, радио, пейджър и др.).
 <u>Резултат:</u>
- предприемане на адекватни действия за физическото си оцеляване и за намаляване на материалните щети от съответното бедствие.

Фиг. 5, 6, 7, 8, 9 - Примери за работата на системата - регистриране и подаване на навременна информация [2, 4]



Фиг. 5. Регистрирано наводнение

Фиг. 6. Регистрирано заледяване



Фиг. 7. Регистрирано земетресение

Фиг. 8. Регистрирани 3 бедствия



Фиг. 9. Сигнал за национална катастрофа

Към системата може да има допълнителни опции - например, монтиране на подходящи устройства за блокиране и/или активиране на функции на приоритетни съоръжения/обекти/апарати: атомната централа, метрото, влакове, болници и др. мобилни и стационарни системи.

Системи с принципно подобно действие вече са изградени в САЩ, Япония, Мексико, Турция и Румъния.

Всички системи за мониторинг, редукция на последствията от природни бедствия или комуникация в момент на криза имат отношение към националната сигурност. Наличието им предполага устойчиво развитие на държавата и обществото, защото основното им предназначение е превенция и редуциране на потенциални щети. Трансграничното влияние на природните бедствия изисква комплексен подход за превенция и ООН препоръчва изработването на стратегии и изграждането на градски и национални системи, но с възможности за модулно включване към регионални или глобални системи за мониторинг на тези явления. Регионалните и глобалните системи увеличават ефективността на националната системата, защото се увеличава броят на регистриращите устройства, обхватът на територията и времето за реакция.

Целта на всяка система е някаква форма на защита/превенция на хората, критичната инфраструктура, а оттам и защита на националната сигурност. Системата използва технически средства и данни, които водят до повишаване на риска от неоторизиран достъп до тях. Проблемът става още по-актуален със свързването на национална система към регионална или глобална. За да са ефективни, системите трябва да влючват данни за:

- елементи от критичната инфраструктура, а това са жизнено важни обекти за отбраната;
- критичните производства и критичните продукти (описани за влиянието върху бизнеса);
- степента им на важност/приоритетите;
- състоянието на тези обекти, информация, която се задава за праговите стойности за устойчивост;
- данни за управленския/командния център;
- данни за потенциалните загуби (човешки живот и материални щети);
- планирано време за реакция;
- спасителни екипи и екипировка;
- други.

Тези данни представляват интерес за всяко разузнаване и по тази причина всяка държава се нуждае от зашита на своята информация за потенциални заплахи отвън за отбраната. В Турция от пролетта на 2009 г. в Истанбул функционира система за ранно оповестяване за земетресения и други природни бедствия и един от потребителите и спонсори на изграждане на системата е Главния щаб на Първа турска армия. Получаваните данни и дублиращ управленски център дават възможност за необходима реакция по време и след бедствие на турската армия. Изградената подобна система същата година, 2009 г., в Румъния със спонсорството на Военно въздушните сили на САЩ за Европа вероятно има за цел и събиране на разузнавателна антитерористична информация. Не са изключени и случаите, когато части от информацията от подобни системи представляват класифицирана информация, до която само оторизирани лица имат ограничен достъп. Друг проблем е възможността за манипулиране на информацията чрез системите – целенасочено подадена невярна информация, целяща създаване на паника, хаос, блокиране на съоръжения с терористична или друга цел. Системите за сеизмичен мониторинг могат да отчитат тремори освен от земетресения, то и от взривове, паднали предмети, тежък транспорт и т.н. Доколкото сигурността на информацията е най-важният и определящ компонент на компютърна защита е въведено понятието информационна сигурност. [1]

Това налага към единната система за превенция да има елемент или подсистема за информационна сигурност [11]. Освен това за регионолните и глобални мрежи трябва да се използват данни, приети с взаимно подписани споразумения и приети стандарти, което дава възможност за постоянното им ъпгрейдване и въвеждане на глобална политика за сигурност.

Литература:

1. Б е р б е р о в а, Р. Национална сигурност и системите за ранно оповестяване и редуциране на последствия от природни катастрофи, Сборник с доклади от Пета научна конференция с международно участие "Космос, екология, нанотехнологии, сигурност" SENS'2009, БАН, 2009

- Берберова, Р. Системи за оценка на риска и превенция от земетресения, Сборник с доклади на VII международен симпозиум "Екология – устойчиво развитие", с. 136-138, Враца, 2008
- 3. Берберова, Р. Урбанизация, природни бедствия и възможности за превенция, Сборник с доклади от Трета научна конференция с международно участие "Космос, екология, нанотехнологии, сигурност" SENS'2007, БАН, 2007
- 4. Б е р б е р о в а, Р., Р. Гюров, Х. Харизанов. Система за ранно оповестяване на природни бедствия, Сборник с доклади от VI-ти международен симпозиум "Екология устойчиво развитие", с. 280-283, Враца, 2006
- 5. Всеобща декларация за правата на човека, ООН
- 6. Декларация от Рио за околната среда и развитието, ООН, 1992
- 7. Закон за достъп до обществена информация, обн. ДВ, бр. 55/7.7.2000 г.; изм., бр. 1/2002 г., бр. 45/2002 г., бр. 103/2005 г.; изм. и доп., бр. 24/2006 г.; изм., бр. 30, 59/2006 г.; изм. и доп., бр. 49/2007 г.; изм., бр. 57/13.7.2007 г.
- 8. Конституция на Република България, обн. ДВ, бр. 56/13.7.1991 г., изм. и доп., бр. 85/26.9.2003 г., изм. и доп., ДВ. бр.18/25.2.2005 г., бр. 27/31.3.2006 г., бр. 78/26.9.2006 г., бр. 12/6.2.2007 г.
- 9. Мардиросян, Г. Природни бедствия и екологични катастрофи изучаване, превенция, защита, изд. "Проф. Марин Дринов", С., 2009
- Орхуска конвенция, Конвенция за достъпа до информация, участието на обществеността в процеса на вземането на решения и достъпа до правосъдие по въпроси на околната среда, ООН, Женева, 1999
- 11. П а р г о в, Д. Аспекти на информационната сигурност в Интернет, Network World/ България, бр. 3, с. 9- 12, 2000
 - http://networkworld.bg/25_Aspekti_na_informacionnata_sigurnost_v_Internet
- 12. Проект на стратегия за национална сигурност на Р България, 2008 г.
- 13. EM-DAT Emergency Events Database
 - <http://www.emdat.be/Database/terms.html>
- 14. International Strategy for Disaster Reduction, UN
- 15. Protecting persons affected by natural disasters, IASC Operational Guidelines on Human Rights and Natural Disasters, Inter-Agency Standing Committee, 2006

РЕГИСТРИРАНЕ НА ULF ГЕОМАГНИТНИ ВАРИАЦИИ НА ТЕРИТОРИЯТА НА БЪЛГАРИЯ

Божидар Сребров, Илия Чолаков

Национален институт по геофизика, геодезия и география – Българска академия на науките e-mail:srebrov@geophys.bas.bg

REGISTRATION OF ULF GEOMAGNETIC VARIATIONS ON THE TERRITOTY OF BULGARIA

Bozhidar Srebrov, Iliya Cholakov

National Institute for Geophysics, Geodesy and Geography – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: srebrov@geophys.bas.bg

Abstract: The registrations of geomagnetic variations in ULF (0,01 mHz - 1 Hz) on the territory of Bulgaria were observed. Observatory registrations and field registrations by using contemporary measurement equipment as proton and flux-gate scalar end vector magnetometers were examined. The anthropogenic magnetic field was also observed and compared with the natural geomagnetic field. It was determined that the anthropogenic magnetic field in urbanized territories exceeds many times the natural geomagnetic field.

Вариациите във времето на компонентите на геомагнитното поле в честотния диапазон 0,01 mHz - 1 Hz (Висг) се регистрират непрекъснато в геомагнитна обсерватория Панагюрище. От средата на 2005 г. тези регистрации се извършват с флукс-гейт векторни цифрови магнитометри с точност от 0,1 nT. В резултат се получават секундни и средноминутни стойности за полето. Освен това, при необходимост, се извършват такива регистрации във всяка точка от територията на страната с полеви скаларни и векторни магнитометри.

I. Необходимост от регистриране на геомагнитните вариации на територията на България

Областите, в които се използват данните от регистрирането на вариациите са следните:

1. При абсолютните измервания на геомагнитното поле, като данните се използват в следните случаи:

- Създаване на карти на нормалното и аномалното геомагнитно поле на територията на България:
- Геофизични проучвания във връзка с геолого-проучвателни дейности на територията на България;
- Създаване на карти на геомагнитната деклинация за нуждите на отбраната;
- Изучаване на вековия ход на полето на територията на България;
- Измерване на геомагнитната деклинация на територията на гражданските и военните летища;
- За създаване на световни модели на полето от типа на IGRF и изучаване на интериора на Земята;
- -Участие в европейската секуларна мрежа за измерване на геомагнитното поле по линията на европейската организация MagNetE;
- Предоставяне на информацията от абсолютните измервания на световните центрове за данни WDC;
- Предоставяне на данни за вариацията на полето при провеждане на абсолютни измервания в съседни държави например, в Р. Македония.

- 2. Данните за самите вариации се използва директно и при:
 - Магнитовариационни и магнитотелурични изследвания на литосферата и земната кора;
 - Мониторинг на зони с повишена сеизмична активност;
 - Изследвания на йоносферни и магнитосферни процеси;
 - Мониторинг на електромагнитното замърсяване в ULF диапазона;
 - Изследване на въздействието на ULF магнитното замърсяването върху екологичната система и човека;
 - Предоставяне на информация за състоянието на полето на обществото;
 - Предоставяне на информация за вариацията на полето на световните центрове за данни по линията на INTERMAGNET- т.е. на световната научна общност.

II.Структура на геомагнитното поле

Вариациите на геомагнитното поле имат структура, която се изразява със следната зависимост [1]:

(1)
$$F(t) = Bg(t) + Ba + Bc(t) + Bi(t) + Ban(t)$$
,

тук всички величини са векторни и сумирането означава векторно такова. Тази зависимост се обоснована от принципа на суперпозицията, който е в сила както за потенциалните, така и за непотенциалните съставни на полето. Включените в израза величини са както следва:

F(t) – вариация на вектора на геомагнитното поле.

Bg(t) – вариация на главно поле на Земята – дългопериодична вариация (векова вариация).

Ва - постоянно във времето аномално поле, създавано от остатъчното намагнитването на скалните породи.

Bc(t) – вариация на геомагнитното поле, предизвикана от Слънчева активност чрез магнитосферните и йоносферни токови системи.

Bi(t) – вариация на индуцираното поле, създадена от телуричната токова система в Земята.

Ban(t) – вариации на полето от антропогеннен произход

Последните три члена на вариацията на геомагнитното поле попадат в разглеждания тук честотен диапазон от 0,01 mHz - 1 Hz и може да запишем следната векторна сума:

(2) $B_{ULF} = Bc(t) + Bi(t) + Ban(t)$.

Типична вариация на полето Вись, регистрирана с протонен магнитометър е показана на фиг.1



Фиг. 1. Вариация на полето Вись, регистрирана с протонен магнитометър

Тази магнитограма включва като постоянна част и величината Bg(t), която за показания период от едно денонощие може да се приеме за константа Bg(t)= const.. Вековата вариация на големината на вектора на геомагнитното поле Bg(t) за геомагнитна обсерватория Панагюрище е показана на фиг. 2.



Фиг. 2. Веково изменение на геомагнитното поле Bg(t) в България за периода 1950 – 2005 г., получено от абсолютни измервания в геомагнитна обсерватория – Панагюрище

III. Обсерваторна регистрация на вариациите на геомагнитното поле в България

Аналогова регистрация на отделните компоненти на вектора на полето в обсерватория Панагюрище имаме от 1937 г., а цифрова регистрация - от средата на 2005 г. [2]. От 1984 г. до 2005 г. средноминутните стойности от аналоговата регистрация са приведени в цифров вид по стандарта на Световната организация за аерономия и геомагнетизъм IAGA [2] [3].

Вариациите на геомагнитното поле се регистрират в т.н. вариационна къща на геомагнитна обсерватория – Панагюрище, която е показана на фотографията на фиг. 3.



Фиг. 3. Вариационна къща (вдясно) и абсолютна къща (вляво) в обсерватория Панагюрище

Интериорен изглед от вариационната къща е показан на фиг. 4. На преден план е обсерваторният векторен флукс-гейт магнитометър FGE, производство на Датския метеорологичен институт, а на заден план се вижда векторният флукс-гейт магнитоматър Magson – производство но фирмата "Магсон" – Германия. В горната част на фотографията се вижда сензора на оверхаус-протонния магнитометър GSM-19, производство но фирмата "Джем системс" – Канада. Последният е показан на фиг. 5.



Фиг. 4. Векторни магнитометри (върху мраморен постамент) във вариационната къща на обсерватория Панагюрище и сензор на протонен магнитометър (горе)



Фиг. 5. Оверхаус-протонен магнитометър GSM-19

Типични магнитограми на вариацията на трите компоненти на геомагнитното поле са показани на фиг. 6



Фиг. 6. Типични магнитограми при спокойни геомагнитни условия, получени с векторния магнитометър тип FGE

1140 1200

1260 1320 1380 1440

150

40488,0

180 240

420

540 600 660 720 780 840 time, s Информацията за вариациите на геомагнитното поле се събира и обработва от дейталогер, разработка на геомагнитна обсерватория "Адолф Шмид" - Нимег, Германия. Този дейталогер е свързан с оптични кабели с изчислителния център на обсерваторията, разположен в административната сграда. Схема на цялата апаратура за регистрация на вариациите на геомагнитното поле е показана на фиг. 7., а фотография на изчислителния център е показана на фиг. 8.



Фиг. 7. Обща Схема на вариометричната апаратура в обсерватория Панагюрище



Фиг. 8. Компютърна зала на обсерваторията

Данните за вариациите, в формат по IAGA стандартите, се изпращат в реално време по линията на световната организация INTERMAGNET в световния център за данни в г. Единбург – Шотландия.

Единна методика на регистрация и обработка на данните за вариациите на геомагнитното поле, като тази в обсерватория Панагюрище имат и още 12 обсерватории с център за събиране на данни в обсерватория «Адолф Шмид» - Нимег, Германия. Карта на разположението на тези обсерватории е показана на фиг. 9.



Фиг. 9. Карта на разположението на групата обсерватории, работещи по обща методика

Таблица 1.	
------------	--

Обсерватория	Държава	Година на присъединяване
Niemegk	Germany	
Wingst	Germany	2000
Villa Remedios	Bolivia	2000
Panagyurishte	Bulgaria	2005
Keetmanshoop	Namibia	2005
Yakutsk	Rusia	2007
Stekolnyy (Magadan)	Rusia	2007
St. Helena	UK	2007
Alibag	India	2007
Hyderabad	India	2007
Surlari	Romania	2008
Paratunka	Rusia	2009

В таблица 1 са показани имената на обсерваториите в тази група, държавата и годината на присъединяване към групата.

IV. Полева регистрация на геомагнитното поле на територията на България

Вариациите на геомагнитното поле на територията на страната извън обсерваторията се регистрират с полеви скаларни (протонни) и векторни (флукс-гейт) магнитометри.

За скаларна регистрация на вариацията на големината на вектора на геомагнитното поле се използват протонни магнитометри PMP -5 и оверхаус-протонни магнитометри от типа на GSM-90 и GSM-19. Последният е показан на фиг. 5.

За векторна регистрация се използва полевия флукс-гейт векторен магнитометър LEMI-018, производство на Лвовския център на Института за космически изследвания на Украйна. Този магнитометър е показан на фиг.10, а типична магнитограма, получена с него е показана на фиг. 11.



Фиг.10. Векторен магнитометър LEMI-018



Фиг. 11. Типична магнитограма на векторния магнитометър LEMI-018

V. Вариации на магнитното поле в урбанизираните територии

Световната здравна организация в своя резолюция е приела, че ULF магнитното поле е доказано вредно за човека и е приела директива за ограничаване на това вредно влияние. Тази резолюция и указанията в съответната директивата са въз основа на изследвания на персонала в железниците, градския транспорт и метрото в страни като Русия, Швейцария, Швеция и др., направени след 1960 г., когато електротранспортът навлиза масово.

У нас през 2009 г. бяха проведени измервания на антропогенното поле в урбанизирани територии. Типична магнитограма е показана на фиг. 12. Те е направена в сградата на НИГГГ. От този пример става ясно, че вариацията на полето в урбанизираните територии надвишава многократно естествените изменения на геомагнитното полето и достига десетки хиляди nT. Можем да сравним това поле с естественото, като посочим, че най-силната геомагнитна буря, регистрирана на територията на България, откакто има редовна регистрация у нас (1937 г.), е с амплитуда само близо 400 nT.

От горното можем да направим следните изводи:

У нас трябва да започнат системни измервания на вредното антропогенно магнитно поле в ULF диапазона, като се обърне внимание преди всичко на персонала, работещ в условия на такова силно поле. След анализ на условията да се прилагат директивите на Световната здравна организация.



Фиг. 12. Вариации на трите компоненти на магнитното поле, регистрирани в сградата на НИГГГ на 10.06. 2009 г. В този ден вариацията на естественото поле, регистрирана в обсерватория Панагюрище е само 20 nT.

Според нас разработките и изследванията за въздействието на естественото поле върху човека, проведени в урбанизирани територии, с използване на данни от геомагнитна обсерватория Панагюрище, трябва да се преразгледат предвид факта, че в тези територии естественото смутено поле е многократно по-слабо от антропогенното.

Литература:

- 1. P a r k i n s o n, W. D. Introduction to Geomagnetism, Scottish Academic Press, Edinburgh and London, 1983.
- 2. Чолаков, Ил., Б. Сребров, И. Бъчваров, 70 години геомагнитна обсерватория Панагюрище, София, 2007 г.
- 3. J a n k o w s k i, J., Ch. S u c k s d o r f f. IAGA guide for magnetic measurements and observatory practice, 1996.

OBSERVATION OF GEOMAGNETIC FIELD DISTURBANCES DURING EARTHQUAKES

Bozhidar Srebrov, Emil Botev

National Institute for Geophysics, Geodesy and Geography – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: srebrov@geophys.bas.bg

Keywords: earthquakes, geomagnetic field

Abstract: During some moderate (with magnitude values more than 3) Balkan earthquakes, the three geomagnetic field (GMF) components Bx, By, Bz variations were investigated and small value disturbances (up or down jumps) were observed. With respect to these disturbances it was found out that, in approximately 70% of the earthquake events, there are no coincidences between the times of Bz and the other two geomagnetic field components. This fact shows that the disturbances in the Bz component are not caused by EM induction in the ambient geo-space environment caused by the currents' systems. Thus, the Bz disturbances in these cases can be associated with the changes of the solid earth conditions and subsurface currents which exist during most of the observed earthquakes. The investigated time period is three years (2006–2008) and the geomagnetic field variations during a number of earthquake events on the Central Balkan territory were observed.

НАБЛЮДЕНИЯ НА ГЕОМАГНИТНОТО ПОЛЕ ПО ВРЕМЕ НА ЗЕМЕТРЕСЕНИЯ

Божидар Сребров, Емил Ботев

Национален институт по геофизика, геодезия и география - Българска академия на науките e-mail: srebrov@geophys.bas.bg

Ключови думи: земетресения, геомагнитно поле

Резюме: По време на умерени земетресения на Балканите (с магнитуд над 3) са изследвани вариациите на трите компоненти на геомагнитното поле (Bx, By, Bz), като са наблюдавани слаби смущения (скокове "нагоре" и "надолу" на магнитограмите). За тези смущения беше установено, че в около 70% от случаите на земетресения няма съвпадение във времето на скоковете на Bz компонентата и такива на другите две компоненти. Това показва, че смущението на Bz в тези случаи, не е предизвикано от електромагнитна индукция в твърдата земя от йоносферните и магнитосферните токови системи. Така тези смущенията на Bz магат да се асоциират с промени на условията в твърдата земя и с телуричните токове, които съществуват по време на повечето земетресения.Наблюдавания период е три години (2006–2008 г.), като през него са изследвани вариациите на геомагнитното поле по време на редица земетресения на територията Централните балкани.

In the present investigation some changes of the three components of the geomagnetic field (GMF) recorded in the Panagyurishte Geomagnetic Observatory (PAG) (70 km east south of Sofia city) during the time of moderate strong earthquakes (with magnitude M > 3.0) are examined. The parameters of the earthquakes are determined by Bulgarian National Seismological Network managed by National Institute for Geophysics, Geodesy and Geography of Bulgarian Academy of Sciences (Fig.1). The earthquake epicenters are located in the area surrounding the observatory at distances from 50 to 300 km (Fig.2) and they are events from the period 2006 – 2008. For the analyses of the elements of the



Fig.1. Seismic stations used for determination of the parameters of the earthquakes



Fig. 2. Locations of the epicenters of earthquakes and geomagnetic observatory

geomagnetic field average minute values from the variometers of the observatory are used, which register values in seconds with accuracy of 0.1nT. By determining the average minute values via values in seconds, that value is not a margin of accuracy and registration of the changes of the field from a couple of tenths from the nT unit in average minute value could be accepted as actually registered changes of the field in the range of one minute. That is why because the actual values of the variation in the range of couple or sometimes couple of tenths nT furthermore couple of times in

the limit of that minute are reflected in the average minute values as changes in the range of couple of tenths of one nT.

In the earth crust a definite distribution of electric conductivity exists. As a result of induction, provoked by the ionosphere and magnetosphere current systems, so called telluric currents started to flow in the earth medium. In calm days (in geomagnetic respect) these currents contribute to the one twenty-four hour variation of the vertical component, and the variation of the north and east component are a result from the already mentioned primary currents in the ionosphere – magnetosphere systems.

In general case the components of the geo-electric and geo-magnetic field for anisotropic medium are connected with the magneto-telluric tensor, but if only is observed the connection between the components of the magnetic field, then it is simpler and the corresponding expression is given by means of the component *Bx*, *By* and *Bz* of the geomagnetic field, and the components of the well-known in the geomagnetism typer "vector" or "magnetic arrow" [1].

For points of registration of the variations of the geomagnetic field, located on the earth surface, the change of *Bz* under non-changing *Bx* and *By* means that in Earth under these points is changed the typer "vector" by reasons, which could searched only in change of the physical conditions in the Earth. This means that if at the time of nearly located seismic events are not observed substantial changes of *Bx* and *By*, but these are observed for *Bz*, it could be assumed eventual influence of the changing condition in the Earth, which lead ultimately to change in electrical conductivity. For explanation of the nature of such changes of the electric conductivity there are a couple of possibilities. One of them is by change of the rock pressure under the registration point to obtain local changes of the electrical conductivity of the rock types. Second possibility is changes of electrical conductivity as a result of the movement of conductive fluid (electrolyte, created in rock cracks by water and ions with different chemical elements, dissolved in it). Regardless of the physical mechanism of the eventually arising changes of the electrical conductivity under change of the rock pressure at the time of the seismic event - the main relation between the various components remains unchanged.

In the present work a research is made on the presence or the absence of correlation of the variations of the vertical component and horizontal components of the geomagnetic field with the purpose change to be established of the typer "vector" for concrete seismic events. In the period 2006 - 2008 are observed changes in the components of the geomagnetic field in the geomagnetic PAG Observatory for 12 earthquakes, which are presented with their parameters in Table 1. The table shows the time of the seismic event and the coordinates of the epicenters. In the sixth colon the observed changes in *Bz* component are described. In the next colon the changes in *Bx* component are described and in the eight colon the connection between these two components at the time of seismic events is assessed. In the same way in colons 9 and 10 the results from the observation of *By* component are presented and its connection with *Bz* is assessed.



Fig. 3. Bx component registered in PAG observatory - 20.02.2006



Fig. 4. By component registered in PAG observatory - 20.02.2006



Fig. 5. Bz component registered in PAG observatory - 20.02.2006

For illustration on the Figures 3, 4 and 5 magnetograms of the three components of geomagnetic field are showed for one of the cases from Table 1 - the earthquake dated 20.02.2006. From these magnetograms could be seen that at 05.20 p.m. (1040 minute of the twenty-four hour day in which the earthquake took place) is registered sharp leap of *Bz* as the other two components did not go under that sharp change.

N⁰	Earthquake date, Y, M, D	Time, UT	Earthquake coordinates, deg ; Distance from PAG, km	Magni tude	Geomagnetic field component Bz , obtained in time jumps	Geomagnetic field component Bx , obtained most close jumps and "gradients"	Coincidence at the time between Bz and Bx jumps	Geomagnetic field component By , obtained most close jumps and "gradients"	Coincidence at the time between Bz and By jumps
1	2006 01 20	23:09	42.69 26.52;	3.9	Jump up	Before 1 min. start up "gradient"	no	Up "gradient" no jump	no
2	2006 02 04	21:33	41.87 22.95 ;	3.8	Jump up	After 1 min. small jump up	no	Small jump down	no
3	2006 02 20	17:20	41.69 25.48 ;	4.5	Jump up	Up "gradient" no jump	no	Up "gradient" no jump	no
4	2006 05 10	07:29	42.97 22.96 ;	3.9	Small jump up	Before 2 min. small jump down	no	Down "gradient" no jump	no
5	2007 09 23	00:54	40.70 27.50 ;	5.8	Jump up	Before 4 min small jump up	no	Jump up	yes
6	2007 08 03	19:32	41.61 23.65 ;	3.4	No jump				
7	2007 04 16	07:38	41.50 20.40 ;	4.8	After 1 min. jumps up and down	Before 5 min. jump down	no	Down"gradient". After 1 min. jump down.	no
8	2008 04 15	03:43	42.90 25.37 ;	4.2	Short small jump up	Before 6 min. two jumps with Up and down parts	no	No jump	no
9	2008 05 12	10:11	43.25 26.05 ;	4.2	No jump				
10	2008 10 07	23:26	41.74 24.03 ;	3.7	After 2 min. jump down	Down "gradient" after 1 min. small jump up	no	Down "gradient" Start small flat part	no
11	2008 11 05	07:36	43.13 27.48 ;	3.8	After 1 min. small jump up	Jump up	?	No jump	no
12	2008 11 15	20:08	42.65 23.34 ;	3.7	Short small jump up	Down "gradient" no jump	no	Up "gradient" no jump	no

Table 1. Earthquake parameters and coincidence at the time between Bz and Bx , By geomagnetic field component jumps registered in PAG observatory during 2006, 2007 and 2008

The results from the analysis of the data presented in Table 1 as well as an assessment of the possibility for correlation between the changes in behavior of the components of the geomagnetic field for the different events are shown in Table 2. From the last table it is seen that in large per cent from the cases is nor present correlation between the leaps in *Bz* and respectively in *Bx*, *By* during the

earthquakes. This shows that in these cases it is very likely to be changed the electrical conductivity of the medium under the point of registration and respectively under the effect of the respective seismic event.

Cases of correlation or no correlation between GMF and earthquakes	Number of cases	Probability for the case realization	Short comments
Absence of Coincidence between Bz and Bx, By components	8	~ 0,67	No coincidence between Bz and Bx, By components
No jump in Bz	2	~ 0,16	No correlation between earthquake and GMF
Coincidence only in one component	1	~ 0,08	Partial coincidence between Bz and Bx, By components
Uncertain case	1	~ 0,08	No reliability

Table 2. A probability for correlation between geomagnetic field component jumps and earthquakes with magnitude M>3.0 during 2006, 2007 and 2008

From the obtained observational results concerning the changes of the components of geomagnetic field during some earthquakes a conclusion could be made that the physical parameters of the medium and in particular the rock electrical conductivity is changed at the time of the seismic event. This lead to disturbances mainly in the vertical component of the field and this is the reason to consider that during seismic events exist electromagnetic phenomena on the adjacent territories. The understanding of these phenomena could be moved forward with considering the actual physical situation in the affected zones. In the first place it is important to be researched how is changed the hyper vector and in the more general case – the magneto-telluric tensor connecting electric and magnetic field inside the Earth under the point of measurement. From the presented results conclusion could be made that it is necessary to be examined the presence of disturbances in the components of the geomagnetic field not in relatively remote region but in the immediate vicinity of the epicenters of earthquakes.

References:

1. P a r k i n s o n, W. D. Introduction to Geomagnetism, Scottish Academic Press, Edinburgh and London, 1983.

ATMOSPHERIC POLLUTION BY INDUSTRY

Rumen Kodzheykov¹, Stiliyan Stoyanov², Angel Manev², Dimitar Chervenkov¹, Margarita Philipova³

¹ Bishop K. Preslavski University of Shumen e-mail: chervenkov_50@abv.bg
²Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: stil717@yahoo.com
³ Angel Kanchev University of Rousse e-mail: magi.vt@abv.bg

Keywords: pollution, atmosphere, industry

Abstract: The paper concerns the problem of atmospheric pollution by industry on a local and regional scale. Particular basic pollution sources according to the law of cleanliness of atmospheric ozone are: sulphur dioxide, nitrogen dioxide, fine dust particles, nickel, arsenic, aromatic hydrocarbons, common dust, lead, cadmium, ozone benzene.

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЗАМЪРСЯВАНЕТО НА АТМОСФЕРАТА ОТ ПРОМИШЛЕНОСТТА

Румен Коджейков¹, Стилиян Стоянов², Ангел Манев², Димитър Червенков¹, Маргарита Филипова³

¹Шуменски университет "Епископ К. Преславски" e-mail: chervenkov_50@abv.bg ²Институт за космически и слънчево-земни изследвания – Българска академия на науките e-mail: stil717@yahoo.com ³Русенски университет "Ангел Кънчев" e-mail: magi.vt@abv.bg

Ключови думи: замърсяване, атмосфера, промишленост

Резюме: В доклада е разгледан въпроса по замърсяване на атмосферата от промишленоста в локален и регионален мащаб. Обособени са основни източници на замърсяване на атмосферата по закона за чистота на атмосферния въздух: серен диоксид, азотен диоксид, фини прахови частици, никел, арсен, ароматни въглеводороди, общ прах, олово, кадмий, озон бензен.

Atmospheric pollution and the change of its quality content is a global problem which is mainly due to the excessive concentration of harmful emissions in the air (Zhekov, 2008).

Atmospheric pollution is natural and anthropogenic (Mardirossian, 1995).

The natural pollution is extraterrestrial (space dust) and terrestrial (continental – weathering, from volcano eruptions, plants, animals, as well as from the sea).

Anthropogenic pollution comes from the human activities and basically from the production processes (Stoyanov, 2009). They are the generators of the air polluters. First, it is necessary to specify the process of air pollution in the production environment and after that their emission and distribution in the air of the natural environment (Mardirossian, 2003).

The production sources can be:

- Organized, i.e. when the polluters are emitted from technical devices such as ventilation systems, chimneys, etc.
- Unorganized, i.e. when the polluters are emitted from gaps in the production buildings and production activities which are performed in the open environment or other similar situations.

The emissions can be in the normal functioning situations or they can be in accidental situations (accidental emissions). Usually the difference is in the intensity of the emissions of harmful substances and combinations.

The basic polluters of the atmosphere can be divided into the following groups:

Suspended particles. This group includes:

- Fine dust with particle diameter smaller than 100 μm;
- Coarse dust with particle diameter bigger than 100 μm;
- Smoke 0,001 1 μm;
- Fog 0,01 10 μm.

They are the largest percentage of the polluters. Suspended particles is a term which is used to describe the particles that hover in the air – solid or liquid, with bigger size than the molecules (d>0,0002 μ m) but smaller than 500 μ m. Within this size range, the particles can live in the air from a few seconds to a few months. The behavior of the particles smaller than 0,1 μ m is determined a lot by the Brownian motion which is developed as a result of the collision of the separate molecules.

The particles with a size between 0,1 and 1 μ m in a still atmosphere have a speed of precipitation which is less than the wind speed. With sizes bigger than 1 μ m, the precipitation is noticeable but still small. For the particles with sizes around 20 μ m, the precipitation speed is different. Such particles are precipitated in the atmosphere by means of the gravity or by means of other inertia forces.

the suspended particles alone or in combination with other polluters are a serious threat for people's health. They go into the human body mainly through the aspiratory system. It is found that about 50% of the particles with sizes from 0,01 to 0,1 μ m penetrate into the lungs and precipitate.

The suspended particles can cause a toxic effect by the following ways:

- 1. The particle can be toxic because of its chemical and/or physical properties;
- 2. The particle can be an obstacle for one or more processes which are normally purified by breathing;
- 3. The particle can be a carrier of an absorbed toxic substance.

The effect of the powder aerosols depends on their chemical and physical properties, mass, form, density of the particles, hygroscopic capacity and solubility, pH, electric charge, etc.

The prolonged inhaling of high concentrations of powder aerosols leads to powder induced illnesses. When they go into the lungs, the dust aerosols cause inflammation, cancerogenous changes, allergies, fibrogenic reaction, toxic damages, etc.

Dust aerosols are divided into:

- dusts, abundant in free (uncombined) silicon dioxide. They cause silicosis;
- dusts, abundant in combined silicon dioxide. Their prolonged inhaling causes silicosis. Such are asbestosis (from absest dust), kaolinosis (from kaolin dust), talcosis (from talc), etc.
- dusts which do not contain silicon dioxide. They can be:
- a) fibrosis dusts when inhaled cause illnesses called pneumoconiosis. they are named after the basic chemical substance that they contain : alluminosis, baratosis, manganism, etc.
- b) non-fibrosis dusts which cause dust pneumonia when inhaled for a long time.

Toxic dusts cause toxic dust pneumoscleroses and toxic dust bronchopneumopathia. These are radiation, chrome, nitrophenol pneumosclerosis. The toxic pneumopathia are induced by the dust aerosols from tungsten, zirconium, titanium, molybdenum, etc. Sulphur dioxide

The maximum average concentrations of sulphur dioxide per hour are measured in Galabovo, Kardjali, Dimitrovgrad and Pernik. During the year, the average hourly rates and average daily rates for sulphur dioxide were exceeded in two Regions for Estimation and Management of the Atmosphere Quality (Southwestern and South/Trakian);

The basic sources of sulphur dioxide in South Region for Estimation and Management of the Atmosphere Quality are the three Thermal Power Stations in the region of energy complex Maritza Iztok and TPS Maritza 3 for the territory of the region of Dimitrovgrad and for the Southwestern Region for Estimation and Management of the Atmosphere Quality: Lead and Zinc Complex Kardjali and TPS Republika. An additional pollution are the emissions from the solid fuel which is used for heating ;

There were no registered exceedings of the rates for sulphur dioxide in the rest of the 4 Region for Estimation and Management of the Atmosphere Quality in Bulgaria in 2007, i.e. the registered number of exceedance of the rates is in the norm or there are none.

The average hourly rate of sulphur dioxide is considered exceedance in the monitoring stations in which there are more than 24 average hourly rates over $350 \ \mu g/m^3$. The average daily rate of sulphur dioxide is considered exceedance in the monitoring stations in which there are more than 3 average daily rates over $125 \ \mu g/m^3$ throughout a year.

During the year, the average hourly rates and average daily rates for sulphur dioxide were exceeded in two Regions for Estimation and Management of the Atmosphere Quality (Southwestern

and South/Thracian) because the number of the exceedance of the corresponding maximum rates for average hourly rates and average daily rates. There was no exceedance in the rest 4 Regions for Estimation and Management of the Atmosphere Quality.



Fig. 1. Number of exceedances for sulphur dioxide

Nitrogen dioxide

During the year, the average hourly rate and the average daily rate for nitrogen dioxide were exceeded only in Sofia and the main source is the vehicles' emissions. In the rest of the Regions for Estimation and Management of the Atmosphere Quality in the country's territory, there is no exceedance of the rates of nitrogen dioxide in the atmosphere, i.e. the registered number of exceedance is in the permissible norm or there are none.



Fig. 2. Registered exceedings of the rates of nitrogen dioxide in AIS « Orlov most » for the period 2003 - 2007

Fine dust particles (FDP₁₀)

The pollution with fine dust particles continues to be a major problem for the quality of the atmosphere in every Region for Estimation and Management of the Atmosphere Quality. During the year, an exceedance of average daily rates and average yearly rates for (FDP₁₀) was registered in every Region for Estimation and Management of the Atmosphere Quality.

The highest concentrations for the country were measured in the town of Pernik, situated in the Southwestern Region for Estimation and Management of the Atmosphere Quality.

The sources of the registered pollution are the industrial, public and transportation activities on the territory of the corresponding municipalities, as well as the polluted roads which are poorly maintained.



Fig. 3. Permissible number of exceedances of TLV+ PA for Fine dust particles (FDP $_{10}$)

General dust

During 2007, there was no exceedance of the quantity of general dust. The highest average daily concentrations were measured in the towns Gorna Oryahovitza, Pernik, Veliko Tarnovo, Shumen, Varna and Sofia.

Lead

In comparison with the previous years, the tendency of decreasing the average yearly concentrations of lead aerosols in the atmosphere continues all around the country.

In 2007, the average yearly rates were exceeded only in Southwestern Region for Estimation and Management of the Atmosphere Quality and the source was the Lead and Zinc Complex in Kardzhali. After 2003, there is a tendency in the town of Kardzhali to increase the quantity of lead in the air.

Ozone

In 2007, the exceedance of the threshold value for the information of the public was registered in Sofia, Plovdiv, Bourgas and Southwestern Region for Estimation and Management of the Atmosphere Quality (180 μ g/m³).

There was no the exceedance of the threshold value for the warning of the public during the year (240 μ g/m³).

In every Region for Estimation and Management of the Atmosphere Quality, there was an exceedance of the threshold value for the protection of human health.

Carbon oxide

An exceedane of the rate for carbon oxide in the atmosphere (10 mg/m³) is registered only in the Southwestern Region for Estimation and Management of the Atmosphere Quality. The major source is transportation.

Benzene

There was no exceedance of the threshold value for benzene for the protection of human health (5 μ g/m³) during the year and it should be kept after 01.01.2010.

Cadmium

The average yearly rate for cadmium is exceeded in Sofia, Plovdiv and Southwestern Region for Estimation and Management of the Atmosphere Quality.
The source of the pollution with cadmium in Pirdop, Kardzhali, Assenovgrad and Dolni Volen are the emissions from the non-ferrous metallurgy.

Nickel

In 2007 there was no registered exceedance of the average yearly rates for nickel in the atmosphere, which should be reached about 31.12.2012.

Arsen

In 2007 there was no registered exceedance of the average yearly rates for arsen in the atmosphere, which should be reached about 31.12.2012.

Aromatic hydrocarbons

An exceedance of the rate for aromatic hydrocarbons in the atmosphere is registered in Sofia, Plovdiv, North, Southwestern and South Regions for Estimation and Management of the Atmosphere Quality. The major source is transportation.

The major sources are the burning of different types of fuel, including by the public sector.

It can be concluded that the industrial air pollution in Bulgaria is controlled continuously and measures are taken all the time to decrease the emissions from industrial gas polluters. Basic atmospheric polluters are examined according to the Air Pollution Law: sulphur dioxide, nitrogen dioxide, fine dust particles, nickel, arsenic, aromatic hydrocarbon, general dust, lead, ozone, benzene, cadmium, etc. and this is done on a local and regional scale.

References:

- 1. M a r d i r o s s i a n, G., Aerospace Techniques in Ecology and the Study of the Environment, *Marin Drinov* Academic Publishing House, 2003, 208 p.
- 2. M a r d i r o s s i a n, G., Ecological Catastrophies, Vanessa Publishing House, Sofia, 1995, 236 p.
- 3. S t o y a n o v, S. Optical Methods for Research of the Atmospheric Ozone, Publishing House 'Faber', Veliko Tarnovo, 2009, 231 p.
- 4. Z h e k o v, Zh., Optical means and devices for Research of Distant Objects on the Board of Spacecrafts, *Bishop Konstantin Preslavski* University Press, Shoumen, 2006, 308 p.

МЕНИДЖМЪНТ НА РИСКА ПРИ ГОРСКИ ПОЖАРИ – ИНФОРМАЦИОНЕН СЛОЙ ПОЖАРОГЕННИ ОБЕКТИ

Иван Димитров

Институт за космически и слънчево-земни изследвания – Българска академия на науките e-mail: idimitrov@space.bas.bg

Ключови думи: горски пожар, мениджмънт на риска, системен подход

Резюме: Представена е възможност за създаване на информационен слой пожарогенни обекти на система за мениджмънт на риска при горски пожари. Разгледан е конкретен пример на възникнал горски пожар от пожарогенен обект със занижен контрол.

FOREST FIRE RISK MANAGEMENT – INFORMATION LAYER FIRE GENERIC OBJECTS

Ivan Dimitrov

Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: idimitrov@space.bas.bg

Keywords: forest fire, risk management, system approach

Abstract: The paper presents an opportunity to create data layer fire generic objects of the system for forest fire risk management. The paper considers a concrete example of accidental forest fire with low-level control fire generic objects.

Системният подход за мениджмънт на риска при горски пожари изисква създаване на определени информационни слоеве. Превантивната дейност предполага извеждането отделен слой – пожарогенни обекти. Той дава възможност за тяхното структурирано описване, планиране и извършване на превантивна дейност и мониторинг за минимизиране на вероятността за възникване на пожари. Плановата залесителна дейност е пряко свързана с пожарогенните обекти. Залесяването с иглолистна растителност в непосредствена близост до пожарогенни обекти (населени места, вилни зони, жп линии, сметища, промишлени обекти и др.) повишава степента на риск и вероятността за възникване на пожари. При иглолистната растителност съществува отрицателна обратна връзка по влажност. Залесяването с нея води до намаляване на влажността на почвата и повишаване вероятността за пожар. Тя е лесно запалима, с висока скорост на разпространение на горящия фронт и висока напрегнатост.

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

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. Пример за район с пожарогенни и рискови инфраструктурни обекти е околността на подстанция на електропреносната мрежа "Бинкос", община Сливен. Районът е с висока концентрация на пожарогенни обекти:

- Малки населени места с незаконни сметища
- Гробищни паркове
- Ромски махали
- Железопътни и магистрални съоръжения
- Стопански обекти

Пример на генерация на горски пожар от незаконно сметище в района на подстанция "Бинкос" е приложен на Фиг. 1. На нея е представен възникнал горски пожар на 27 септември 2010 в 11:28 часа. Изгарят 50 дка иглолистни и 70 дка широколистни гори, както и ниска растителност и треви до село Селиминово. Няма пострадали. В потушаването са участвали 15 пожарникари с 3 пожарни автомобила и 50 служители от Държавно горско стопанство – Сливен. 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 30 км е регистрирано на сателитни снимки MODIS-Aqua. На фиг.1 са представени сателитни снимки от MODIS-Aqua – преди и след пожара. На фиг.2 са представени снимки на огнището на пожара и пожарогенния обект.

Друг пожарогенен обект е захранващата подстанция на железопътната линия София -Бургас. Наличието на подстанцията дава възможност за възникване на искрене в контактната мрежа и създава условия за възникване на пожар.

Изграждането на информационен слой пожарогенни обекти и прилагането на "Наредба № 30 за условията и реда за извършване на противопожарни мероприятия в горския фонд и опазване на горите от пожари" създава възможност за минимизиране на риска за възникване на критични събития.



Фиг. 1







Фиг. 2

ДЕФОРМАЦИИ В СВЛАЧИЩЕТО ПРИ КВ. ОРАНОВО (Г. СИМИТЛИ) ПРЕЗ 2010 ГОДИНА

Александър Гиков

Институт за космически и слънчево-земни изследвания - Българска академия на науките e-mail: gikov@mail.space.bas.bg

Ключови думи:, свлачища, GPS мониторинг

Абстракт: В доклада са представени резултатите от наблюденията и измерванията на деформациите на едно от най-активните свлачища в България – това, разположено над квартал Ораново на град Симитли. За целта е организиран GPS мониторинг на репери, разположени в различни части на свлачището. Анализирана е връзката на скоростта на свличане с валежите, измерени в близки станции. Дискутират се рискът, който свлачището представлява за местното население и ефективността на предприетите досега мерки.

DEFORMATIONS OF THE LANDSLIDE CLOSE TO ORANOVO QUARTER (TOWN OF SIMITLI) DURING 2010

Alexander Gikov

Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: gikov@mail.space.bas.bg

Keywords: Landslides, GPS monitoring

Abstract: The monitoring of landslide deformations and the results thereof are presented in the paper. The object of observations is one of the most active landslides in Bulgaria. It is situated in the eastern quarter of the Town of Simitli – Oranovo. To monitor the landslide's shifting, a network of 8 marks is set. The measurement of the landslide's displacement is organized using repeated determination of mark coordinates by GPS technique. The relationship between the velocity of movement and the precipitations measured by two close climatic stations is analyzed. The risk for the local population and the effectiveness of risk mitigation activities are discussed.

Въведение

Докладът е продължение на изследванията на същото свлачище през 2009 г. [1], като представя наблюденията за периода от 20 ноември 2009 г до 31 октомври 2010 или обхваща над 11 месеца (345 дни). Обект на изследване е свлачището, което се намира в непосредствена близост до бившето село Ораново, сега квартал на г. Симитли. То се явява част от един по-обширен комплекс от свлачища, разположени над въглищната мина Ораново и в голяма степен формирани във връзка с въгледобива [2, 3].

Кратка характеристика на свлачището

Активното свлачище се намира на южния склон на Натин рид, спускащ се към Буков дол, който води началото си от нископланинската част на Рила (фиг. 1). То има продълговата форма с дължина от главния откос до края на свлачищния език около 400 m. Ширината му в горната част е 140 m, в средната 70 m, а най-долу до 200 m. Дългата ос е с направление ССИ-ЮЮЗ. Площта му е около 45 ha в план. Наклонът на инициалната повърхност е от около 25° в горната част на склона до 30° в долната му част. Цялото свлачище е формирано в седименти с неогенска възраст – меот. В литоложко отношение това са пясъчници и конгломерати [4]. Има също и глинести слоеве, които се явяват предпоставка за формиране на хлъзгателна повърхнина.



Фиг.1. Снимка на активното свлачище под Натин рид на 14 май 2010 г. Ясно се вижда циркусът на свлачището, а под него свлачищният език.

В горната част на свлачището е формиран циркус, от който надолу изтича земна маса, бързо раздробяваща се надолу по склона и образуваща консистентен свлачищен език (фиг.1 и фиг.2). Към края на 2009 и началото на 2010 г. свлачището се разшири нагоре по склона, в резултат на което се образува още един по-малък циркус, който се намира над основния. Новият главен откос е отвесен и в началото имаше височина около десетина метра, която постепенно нарасна до 14-15 m. По-надолу следва вторият откос, който има по-голяма височина, но по-малък наклон. Тук се наблюдава комбиниране на свлачищния процес със срутване. В резултат на постоянното обрушване в подножието на втория откос се е натрупал шлейф от колувиален материал. Под него наклонът на свлачищното тяло е малък и може да се обособят две свлачищни тераси, чиито граници обаче са непостоянни вследствие динамиката на процесите. Поради наличието на обратни на основния склон наклони тук са образувани няколко езерца. Най-голямо и постоянно е най-долното. То има продълговата форма, размерът се променя, но дължината приблизително е 30-35 m, а ширината е 15-20 m.

По-надолу наклонът е по-голям и се наблюдава значително раздробяване на първоначално по-едрите свлачищни блокове. Материалът до толкова се раздробява, че в долната част бързо преминава в консистентна маса, която формира свлачищен език. Той е достигнал до дъното на дола и там е образувал преграден вал, където се образува временно езеро. Формирането на езеро зад този вал подсказва потенциална опасност.

Постепенното натрупване на значителни обеми свлачищни маси в долната част при свлачищния вал доведе до заравняване на терена и тук може да се обособи третата свлачищна тераса.

Всъщност свличането на консистентната маса не е монолитно. Има два потока – западен и източен, които имат собствена динамика. В резултат между двата езика възникна ров с направление, успоредно на дългата ос на свлачището (фиг.2).

По данни от местни жители по склона на Натин рид е имало постройки, които са били деформирани вследствие на първите свличания и са били изоставени още в средата на 50-те години на XX век. По-късно активизации са отбелязани през 1992, 1994 и 1998 г. [3]. Съвременната активна фаза започна през пролетта на 2009 г., когато заедно с потъването и задълбаването на циркуса бяха откъснати и нови свлачищни блокове и се разшири обхватът на активното свлачище в посока нагоре по склона. Оттогава досега се провеждат редовни наблюдения върху динамиката му.



Фиг.2. Профил и картосхема на активното свлачище под Натин рид

Методика на изследването

Решението да се използва GPS апаратура за мониторинг на свлачищните движения беше взето още при започване на наблюденията през 2009 г. [1], още повече че GPS технологиите вече се наложиха като удобен модерен метод за следене на активността на свлачища [5, 6, 7, 8,].

През миналия период на наблюдение (6 юни – 20 ноември 2009 г.) бяха поставени 4 репера, като един от тях беше загубен, потънал в свлачищната маса. За този период два от тях се преместиха на повече от 60 m и достигнаха до долната част на свлачището, а реперът разположен в горната му част измина разстояние малко над 20 m [1].

репер	период	20 ноември (2009) – 25 март (126 дни)	26 март — 13 май (49 дни)	14 май – 14 юли (62 дни)	15-юли – 27 август (44 дни)	28 август – 31 октомври (64 дни)
Α	преместване (m)	31.14	5.55	4.22	1.49	5.76
	средно за ден (m)	0.25	0.11	0.07	0.03	0.09
С	преместване (m)	16.72	3.57	4.41	1.39	4.93
	средно за ден (m)	0.13	0.07	0.07	0.03	0.08
D	преместване (m)	45.27	5.01	3.63	1.19	5.33
	средно за ден (m)	0.36	0.10	0.06	0.03	0.08
E	преместване (m)	27.24	11.36	8.68	2.91	10.55
	средно за ден (m)	0.22	0.23	0.14	0.07	0.16
F	преместване (m)				1.14	3.92
	средно за ден (m)				0.03	0.06
G	преместване (m)				1.21	4.01
	средно за ден (m)				0.03	0.06
н	преместване (m)				1.37	4.39
	средно за ден (m)				0.03	0.07
I	преместване (m)				0.47	1.47
	средно за ден (m)				0.01	0.02
валежи (mm)	Рилци	197.7	103	112.5	62.6	178.1
	Сандански	170.4	43.4	136	64.2	179.9

Табл.1. Хоризонтални придвижвания на реперите през 2010 г. и сумарните валежи в станциите Рилци и Сандански през същите периоди

През 2010 г. се проведоха пет измервания на поставените в свлачището репери: на 26 март, на 14 май, на 15 юли, на 28 август и на 31 октомври. За начално място, откъдето се измерва изминатото разстояние се използва положението им, при последното измерване през 2009 г – това на 20 ноември. Общо целият период обхваща 345 дни, като от датите на теренните измервания може да се раздели на 5 етапа (табл.1).

Заедно с наблюденията на поставените през 2009 г. репери бяха поставени нови. След загубата на репер "**B**" трябваше да се сложи подходящ нов репер в тази част на свлачището. За тази цел в края на 2009 г. беше маркиран един подходящ дънер (репер "**E**"), който се намираше малко по-нагоре – между загубения репер "**B**" и "**C**". Както беше посочено в миналогодишния доклад [1], използването на дънери за репери е по-подходящо, защото благодарение на кореновата си система те обикновено остават прави, докато при камъните има опасност да пропаднат в консистентната маса и да се загубят. За да не се стигне до загуба на репер "**C**" в средата на месец май 2010 г. той беше заменен с дървена рейка с разклонение в основата (фиг. 3). По-късно през лятото на 2010 г. беше поставена една редица от нови репери. Те са означени със следващите букви от латинската азбука "**F**", "**G**", "**H**" и "**I**". Разположени са в права линия, перпендикулярна на дългата ос на свлачището през около 30 m разстояние. Поставени са в горната част на свлачището на втората свлачищна тераса. Целта е при движението си надолу да се установят евентуални различия в динамиката на придвижване между източния и западния консистентен поток.

При предишния етап от изледването на свлачището през 2009 г. за измерване на координатите на реперите се използваше едночестотен GPS приемник – Magellan Mobile Mapper 6 с последваща обработка за подобряване на точността. Детайли за обработката и постигнатата точност са представени в миналогодишния доклад [1]. За постигане на по-голяма точност от май 2010 г. измерванията се извършват с GPS апаратура, включваща двучестотна антена. Конфигурацията се състои от приемник Торсоп GRS-1 и антена PG-A1. За прецизиране на позицията са използвани RTK корекции от мрежата с перманентни станции на фирма Булипос. С използването на тази GPS конфигурация и корекциите в реално време обичайната точност е 10-20 mm в позиция и 15-30 mm във височина.



Фиг. 3. Новата дървена рейка на репер "С", поставена през май 2010 г.

Първият период е най-дълъг – 126 дни и обхваща времето между 20 ноември 2009 г. и 25 март 2010 г. През това време и четирите репера се придвижват надолу по склона няколко десетки метра (табл.1). Най-голямо придвижване отбелязва репер "**D**", който променя позицията си с над 45 m в югозападна посока. През първия период този репер преминава през стръмния участък на свлачището под циркуса, където наклонът е 25-30°. Като се има предвид този наклон, действителният вектор на придвижване е дори по-голям – около 50 m. Другият репер, който преминава през стръмния участък, макар и в по-централната част на свлачището, е "**A**". Хоризонталният вектор на преместване при него е над 30 m. Репер "**E**" се премества с 27 m, а най-малко изменя позицията си репер "**C**" – 16,7 m. Причината е, че през този период той се намира в равната част при втора тераса.

Вторият период обхваща 49 дни – между 26 март и 13 май 2010 г. През него на найголямо разстояние се премества репер "E" (11,4 m), който тогава преминава през стръмния участък, докато "A" и "D" вече са в по-полегата част близо до третата свлачищна тераса и преместванията (5,6 m и 5 m) им са съизмерими с тези на "C" (3,6 m).

През третия период, обхващащ 62 дни от средата на май до средата на юли, отново най-големи премествания се отбелязват при репер "**E**", който все още преминава през найстръмната част. Другите три репера имат двойно по-малки придвижвания, като дори движението на репер "**D**" се забавя и е по-малко от това на "**C**".

Най-късият четвърти период (44 дни) се отличава и с най-малки премествания на реперите. Освен на по-малкия времеви период, това се дължи и на сухото време, но това ще бъде разгледано подробно по-надолу. През този период освен старите четири репера обект на мониторинг са и новите репер и (**F**", "**G**", "**H**" и "**I**"), поставени в равната част на свлачищния циркус. През този период единствено репер Е има придвижване от близо 3 m, докато при останалите преместванията са в рамките на метър – метър и половина, а дори при репер "**I**" то е по-малко и от половин метър (табл1).

Последният период обхваща 64 дни от 28 август до 31 октомври 2010 г. При всичките репери преместванията са по-големи спрямо предходния период. На най-голямо разстояние се е преместил отново репер "**E**" (10,6 m), който все още бързо се спуска по стръмния склон. Новите репери, разположени на втората тераса, също отбелязват по-значителни премествания,

но за първите три ("F", "G" и "H") те са сходни и са около 4 m, докато за последният репер "I" то е едва метър и половина.

Тъй като петте периода не са еднакви по време е трудно да се направи анализ на промените в скоростите на придвижване, затова в таблица 1 освен абсолютните вектори на хоризонтално придвижване за всеки период са представени и средните дневни скорости. През първия период, обхващащ зимата на 2009 – 2010 г. се отбелязват най-високите средни скорости. Репер "А" се е придвижвал с 25 ст за ден, а репер "D" дори с рекордните 36 ст на ден. По време на втория период през пролетта на 2010 г. единствено репер "Е" увеличава скоростта на придвижване от 22 на 23 cm на ден. Както беше посочено, това се дължи на навлизането му в по-стръмния участък на свлачището в началото на този наблюдателен период. Във връзка с това този репер запазва най-високата скорост на преместване спрямо другите репери и през следващите периоди. С настъпването на по-топлото и сухо време през лятото на 2010 г. среднодневните скорости на придвижване намаляват значително и през третия период за останалите репери те са между 6 и 7 ст, а през следващия период намаляват още и достигат до 3 cm на ден, което е минимумът на тези репери за целия период на наблюдение. Последният репер "I" има средна скорост само от 1 см на ден, тъй като се намира в най-източната периферия, която не е обхваната от активни движения. В последния пети етап скоростите на всички репери се увеличават, което се дължи на значително по-големите валежи през това време.

За да се изследва връзката между среднодневните скорости на придвижване и метеорологичните условия са използвани дневни данни за сумата на валежите в две близки станции – Рилци и Сандански. Данните са достъпни през интернет страницата Stringmeteo [9]. Дневните данни са сумирани за всеки от периодите и са представени в таблица 1. Като тотална сума най-много валежи са паднали през първия период, но той е и най-дълъг. Най-малка сума на валежите има в най-краткия период – четвъртия. Ако сумата на валежите се раздели на броя на дните в периода се вижда, че най-голям среден валеж е имало през последния пети период – средно близо 3 mm на ден, а през четвъртия период – под 1 mm на ден.



Фиг.4. Връзка на средните скорости на придвижване на репер "**С**" и сумата на валежите в станция Рилци през петте изследвани периода

Ако се съпоставят среднодневните валежи със среднодневните придвижвания на реперите се установява, че най-съществена корелация се забелязва при репер "С", докато при другите тя не е ясно изразена. Причината е, че скоростта им зависи освен от валежите, а също и от мястото, където се намират. Всички репери при преминаването на стръмния участък между втора и трета тераса увеличават съществено скоростта си на придвижване.

Реперите "**A**" и "**D**" имат синхронни промени в скоростта си на свличане през различните периоди. И в двата пункта максимумът е през първия период, когато те се

спускат по стръмния склон, а минимумът е в четвъртия период от средата на юли до края на август, когато и двата репера вече са в подножието на свлачището и валежите са минимални. Репер "**E**" при първото измерване е още горе в циркуса, при второто (март) е на ръба на склона и от там започва да се спуска по склона – затова точно през втория период се отбелязва пикът в скоростта. За разлика от другите, репер "**C**" през целия период на наблюдение не навлиза в стръмния участък и затова и скоростта му е в много тясна зависимост от валежите в станция Рилци (фиг. 4).

Свлачището като рисков фактор и предприетите мерки за намаляване на опасността

Активното свлачището е далеч и все още не представлява пряка заплаха за къщите и населението на квартал Ораново. При движението си надолу консистентните маси са затрупали няколко неголеми лозя. По-надолу наклонът е малък, така че не може да се очаква бързото им придвижване към постройките. Ситуацията обаче може да се промени, ако се

разшири значително обхвата на активното свлачище или се активизира това, започващо при Милчова чука.

Риск от друг характер крие преграденият от свлачището дол. При интензивни поройни валежи, каквито тук се случват през лятото, във водосборния басейн на Буков дол може да се формира значителен отток, който временно да бъде спрян при свлачището и да се образува значително езеро. При преливане на водата ерозионната сила може за много кратко време да пререже неустойчивите консистентни материали в долната част на свлачището. Това би предизвикало внезапно освобождаване на обема на езерото, което ще предизвика опасно наводнение, което може да доведе до жертви сред жителите на квартала. Подобна ситуация имаше през август 2007 г. години в г. Цар Калоян, когато проливни валежи доведоха до скъсването на 2 микроязовира.

Представа за това какъв риск крият водните обекти в и около свлачището се видя на 14 март 2010 г., когато част от основният откос се срути в по-голямото езеро, намиращо на първата свлачищна тераса. В резултат голяма част от водата беше изтласкана надолу по



склона, което предизвика паника сред населението на квартал Ораново. По това време езерцето е имало площ не повече от половин декар, а дълбочината му под метър. При завиряване на Бухов дол е възможно да се образува значително по-голямо езеро.

След инцидента община Симитли предприе мерки за дрениране на повърхностните води в свлачишето. В средата на август 2010 г. беше прокопан канал, който отводнява голямото езеро на първа тераса и езерото на втора тераса, а под него водата се извежда извън територията на активното свлачище с РVС тръби (фиг. 5). е с минимум средства да се Целта намали инфилтрирането и задържането на вода в свлачището и по този начин да се намали интензивността на свличане. Разбира се това е едно временно решение, което не може да доведе до трайно стабилизиране, защото поради постоянното движение тръбите се разглобяват и за да действа ефективно дренажната система изисква непрекъсната поддръжка. Все пак може да се каже, че дренажът има положителен ефект за стабилизиране на свлачището, защото през последния пети период, когато валежите са значителни, среднодневните скорости на придвижване са по-малки от тези през първия период.

Фиг.5. Схема на дренажната система, предназначена да извежда повърхностните води извън активното свлачище

Заключение

В активизираното през пролетта на 2009 г. свлачище движенията продължиха и през 2010 г., което се доказа чрез GPS мониторнга на поставените репери. На базата на анализа от резултатите му в свлачището може да се отделят три зони в зависимост от скоростта на свличане. Тя е най-голяма по стръмния склон под свлачищния циркус, докато измерванията на реперите в циркуса и долу близо свлачищния вал показват значително по-малки скорости.

Скоростта на свличане има сезонен характер. Тя е по-висока през студеното полугодие, а през топлото значително намалява. Особено малка скорост се отбелязва в края на лятото, за което способстват освен малките валежи, а също и високата температура, съчетана с малката влажност на въздуха. Това води до изсушаване на свлачищната маса и редуциране на свлачищния процес.

Предприетите мерки за стабилизиране на свлачището имат известен ефект, но като цяло имат временен характер и изискват постоянна поддръжка, защото при движението си надолу свлачищните маси разместват тръбите, което компрометира предназначението на дренажната система. Трайното стабилизиране на свлачището и цялостното решаване на проблема обаче изискват значителни средства, които засега не са осигурени.

Благодарности

При измерването на координатите на реперите е използван GPS приемник, предоставен безвъзмездно от центъра за приложение на спътникови изображения PECAK.

Литература:

- 1. Гиков, А. 2009. Изследване на скоростите на деформация на свлачището при кв. Ораново (г. Симитли) през 2009 година с повторни GPS измервания. В: Сб. Доклади от пета научна конференция с международно участие "Space, Ecology, Nanotechnology, Safety – SENS 2009" 2-4 ноември 2009 г София. с.251-256
- 2. Добрев, Н. 1997. Свлачищата в Симитлийската котловина. Инж. геол. и хидрогеол. Кн. 24. 1997. с.41-65
- 3. Нанкин, Р., Н. Добрев. 2009. Свлачищните явления в района на въглищната мина "Ораново", ЮЗ България. Списание на БГД, год. 70, кн 1-3, 2009. с.125-134
- 4. Геоложка карта на България в мащаб 1:100 000, к.л. Разлог. 1990
- 5. Moss. J. 2000. Using the Global Positioning System to monitor dynamic ground deformation networks on potentially active landslides. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. v.2.* pp. 24-32
- Malet, J.-P., O. Maquaire, E. Calais. 2002. The use of Global Positioning System techniques for the continuous monitoring of landslides: application to the Super-Sauze earthflow (Alpes-de-Haute-Provence, France). *Geomorphology. v. 43. 2002. pp. 33–54*
- 7. Rizzo, V. 2002. GPS monitoring and new data on slope movements in the Maratea Valley (Potenza, Basilicata). *Physics and Chemistry of the Earth. v. 27. pp. 1535-1544*
- 8. Gili, J.A., Corominas, J., Rius, J., 2000. Using Global Positioning System techniques in landslide monitoring. *Engineering Geology. v. 55, 167–192*
- 9. Web страница Stringmeteo. Месечни обобщения на валежите: http://www.stringmeteo.com/synop/prec_month.php

ИЗСЛЕДВАНЕ НА СВЛАЧИЩНИТЕ ПРОЦЕСИ МЕЖДУ СЕЛАТА УСТРЕН И ГЕНЕРАЛ ГЕШЕВО, ИЗТОЧНИ РОДОПИ

Александър Гиков, Хернани Спиридонов, Георги Желев

Институт за космически и слънчево-земни изследвания – Българска академия на науките e-mail: gikov@mail.space.bas.bg, gjelev@space.bas.bg

Ключови думи:, свлачища, Източни Родопи,

Резюме: Представено е подробно описание морфологията на обширното и дълбоко свлачище при с. Генерал Гешево в Източните Родопи. Направен е опит за класифициране на типовете деформации, станали в следствие на свличането и тяхната тясна връзка с типа изграждаща скала. Представена е карта със зониране на типовете деформации и по-важните свлачищни елементи. Предложен е модел на формирането на свлачищния вал при село Желъдово, илюстриран с профил.

За да се установи дали движенията продължават е изградена мрежа от пунктове за GPS мониторинг. Представена е таблица с координатите на девет пункта, измерени през ноември 2009 г. Накрая е засегнат и въпросът за причините за възникването на това свлачище и връзката му с други значителни свлачища в същия район на Родопите.

INVESTIGATION OF THE LANDSLIDE PROCESSES IN THE AREA BETWEEN THE VILLAGES OF OUSTREN AND GENERAL GESHEVO, EASTERN RHODOPE MOUNTAIN

Alexander Gikov, Hernani Spiridonov, Georgi Jelev

Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: gikov@mail.space.bas.bg, gjelev@space.bas.bg

Keywords: Landslides, Eastern Rhodope mountain,

Abstract: Detailed description of the vast landslide morphology close to the village of General Geshevo in the Eastern Rhodope mountain is shown. An attempt for classification of the types of landslide deformation with relation to lithology is made. A map with areas of the type's deformation and the main landslide's elements is presented. A model of the landslide's toe formation is suggested.

To monitor the landslide's activity, a net of 9 points is built. A table with the GPS coordinates of these points (November 2009) is presented. In the end, the key issue for the landslide's genesis in this part of the Rhodope mountain is discussed.

Въведение

Свлачищата са важен елемент от склоновите процеси и естествен обичаен фактор за формирането на релефа. Заедно с това те представляват сериозна опасност за сградите, пътищата и други инженерни съоръжения. Обект на изследване е свлачището, намиращо се в Жълти дял на Източните Родопи на надморска височина между 550 и 780 m между селата Генерал Гешево, Желъдово и махалата Чакърци (фиг.1). В посока от юг на север размерът му е 1,8 km, а от изток на запад 1,3 km.

По време на основната активизация на свлачището в периода 2000–2001 г. пътят за с. Генерал Гешево е напълно разрушен. Поради обширната територия, въвлечена в свлачищния процес и заради значителните промени, настъпили в резултат от свличането, районът привлича научен интерес и става обект на редица изследвания [1, 2, 3, 4]



Фиг. 1. Карта на изследвания район. А – местоположение на региона в България. В – местоположение на изследваната територия в Източните Родопи.

Геоложка характеристика на района

Свлачището е развито на границата между по-старите метаморфни скали и палеогенските ефузивни и седиментни скали с горноеоценска и олигоценска възраст. Метаморфните скали са представени от амфиболите, биотитови гнайси и порфирни метагранити. Метаморфните скали са разположени южно и западно от свлачището и не са

засегнати от него. На север са намира Устренската вулканска структура, изградена от риолити и дацити с долноолигоценска възраст.

Широко разпространение имат киселите туфи също с долноолигоценска възраст. Именно такива туфи участват в свличането между селата Желъдово и Генерал Гешево. Тези туфи са доста изпечени и здрави, но крехки, поради което при напрежение в тях се формират дълбоки пукнатини. Важен за механизма на свличане е фактът, че те имат наклон на югоизток 15-20°.

На изток при с. Желъдово свлачището граничи и частично засяга седиментни скали от Джебелската свита. Това са пясъчници, мергели и алевролити с прослойки от кисели туфи, които в сравнение с изпечените туфи са по-меки и пластични. Далеч на североизток при с. Устрен значителни площи заемат колувиално-сипейните блокажи с кватернерна възраст. Те не са засегнати от свлачищния процес.

Морфология на свлачището

Трудно може да се направи достатъчно изчерпателно описание на морфологията на свлачището. Първо защото е по-правилно да се говори не за свлачище, а за свлачищен район, обединяващ няколко типа свлачищни форми. И второ, защото не става въпрос за типично хидрогеоложки обусловено свлачище с ясна повърхнина на свличане, а за гравитационно придвижване на част от склона между селата Генерал Гешево, Желъдово и махалата Чакърци. По всяка вероятност то е било задвижено от съвременните тектонски движения в региона [3, 4].

Свлачищното тяло има сърцевидна форма в план и значителни размери. По-дългата ос е с дължина 1,8 km и с направление СЗ-ЮИ, а по-късата е с направление ЮЗ-СИ и с дължина 1,25 km. Планиметричната площ възлиза на 157,6 ha или 1,5 km². Реалната площ на повърхността, изчислена чрез цифров модел на релефа (DEM) с размер на клетката 5 m, е с 4% по-голяма или 163,6 ha.

Средният наклон на склона в територията, обхваната от свличането, е 13,5°. Най-голям относителен дял имат склоновете с наклон между 7 и 15°. Те заемат 41% от свлачищната територия. Стръмните склоновете с наклон над 25° имат относителен дял само 7%.

Морфологията на свлачището е много сложна. Въз основа на типа деформация и преобладаващия новоформиран релеф свлачищната територия може да се раздели на четири зони, които са в пряка връзка с типа на изграждащата скала (фиг. 2).

Първата зона (означена с цифра 1 на фиг.2) се намира в горната част на свлачището и обхваща билната заравненост между Чакърци и Генерал Гешево. Скалната основа е изградена от изпечени туфи. В резултат на вертикално потъване са се формирали микрограбени с различни размери и амплитуда на потъването, които се оконтуряват от откоси.



Фиг. 2. Картосхема на свлачището със зониране на четирите типа преобладаващ релеф.

 билна зона с микрограбени, формирани при пропадане на отделни блокове

2 – зона предимно с хоризонтално направление на свличането и дълбоки пукнатини на някои места

3 – зона с класическа свлачищна морфология

4 – зона, в която ниският вододел е трансформиран в напорен вал



Фиг. 3. В резултат на вертикално пропадане е разрушен пътят за с. Генерал Гешево. Снимка – май 2001 г.

Най-големият се намира непосредствено до североизточната граница на свлачището при махалата Чакърци. Има дължина 450 m и ширина между 70 и 100 m. От североизток той е ограничен от откос с височина до 8 m. От югоизток откосът е много по-малък – 1-2 m. От пропадането частично засегната е една къща в Чакърци, която е полуразрушена.

В югозападна посока се намира още един подобен микрограбен със значителни размери. В направление ССИ-ЮЮЗ той има дължина 250 m, ширината е между 70 и 120 m, а вертикалното пропадане е 4-5 m. В резултат на неговото образуване пътят за с. Генерал Гешево е пропаднал в участък с дължина 120 m (фиг. 3). Подобен тип релеф се наблюдава и югоизточно от Карабунар тепе. Тук се е формирала една мозайка от издигнати и пропаднали блокове. Височината на откосите, разделящи блоковете, е до 2-3 метра, а главното им направление е СИ-ЮЗ.

Друг тип релеф, който заема най-големи площи в свлачищната територия, също е свързан със здраво изпечените кисели туфи (2 на фиг.2). При него дебелослойните туфи са се преместили предимно в хоризонтална посока. При това движение на много места са се образували дълбоки пукнатини, но на други, поради голямата мощност на скалния пласт, дори не са образувани пукнатини. На места в резултат на различно накланяне на блоковете са се образували малки откоси между тях и е формиран характерният за свлачищата феномен "пияна гора".

На юг, близо до южната граница на свлачищната територия, където теренът е изграден освен от туфи, а също и от пясъчници и конгломерати, е оформена ивица, в която се наблюдава комплекс от релефни форми, по-характерни за свлачищата – главен откос, грабеновидно понижение, свлачищни тераси с обратни наклони и заблатяване по тях (3 на фиг.2). Ивицата е с дължина около 1 km и ширина около 200 m. Главният откос се намира приблизително при старото трасе на разрушения път. Той има височина около 8-10 m и дължина около 130 м. Под него е формирано грабеновидно понижение с дължина от север на юг 150 m и ширина 50 m. По-надолу се намират четири тераси, които са деформирани при последното свличане. В резултат на обратните наклони са образувани няколко плитки свлачищни езерца.

Заедно с тези езерца, при свличането са образувани и две дълбоки езера. По-голямото е образувано в резултат на значителните хоризонтални премествания, достигащи до 40 m [5] довели до преграждането на Ерекли дере. То има дължина 180 m, ширина 60 m, площ 0,7 ha и дълбочина до 15 m. Другото езеро е формирано при запушването на съседния дол, намиращ се на юг от Ерекли дере. То има по-малки размери – дължина 100 m и ширина около 15 m.



Фиг. 4. Обобщена схема на деформацията на ниското вододелно било на Ерекли дере и трансформацията му в напорен свлачищен вал. С цифра 1 са означени седиментите от Джебелската свита, а с цифра 2 изпечените туфи. Деформацията се идентифицира от наклонените дървета и пукнатините на отваряне.



Фиг. 5. Деформираното вододелно било на Ерекли дере – поглед от север на юг. В лявата част на снимката се виждат дървета, наклонени в различни посоки в следствие на деформацията. В дясно се забелязват откоси на плитки свлачища, възникнали поради увеличаване на склона. Снимка – ноември 2009 г.

По протежение на източния контур на свлачищната територия, близо до с. Желъдово, се намира една от най-интересните форми (4 на фиг.2). При свличането на западния склон на Ерекли дере, изграден от изпечени туфи, той е натиснал и деформирал седиментите на ниския вододел от изток, като го е трансформирал в свлачищен вал. Обобщена схема с предполагаемия механизъм на образуването е представена на фиг.4. Поради натиска на съседния склон се е получило едно известно издигане над нивото на стария вододел и формиране на пукнатини на отваряне, който с течение на времето постепенно се заличават, но при първото посещение през 2001 г. ясно личаха. Едновременно с това, поради увеличения наклон на склоновете от изток и от запад, са станали малки плитки вторични свличания.

Интересен въпрос представлява амплитудата, с която сегашната повърхност надвишава инициалната повърхност на вододела. Местни очевидци твърдят, че издигането е значително и че е имало пряка визуална връзка между село Желъдово и дола, който е ляв приток на Ерекли дере, но не можем да бъдем сигурни доколко това е достоверно.

Сравнително точна оценка на амплитудата на издигане в тази част на свлачището би могла да се извърши, ако се направи нов цифров модел на терена (DEM), отразяващ актуалното състояние след свличането. Най-добри резултати биха се получили при сканиране на територията с лидар. Такова заснемане обаче е много скъпо и за осъществяването му трябва да се търси значително финансиране в рамките на бъдещ изследователски проект. Освен изключително подробен модел на релефа, резултатът ще бъде и определяне на степента на издигане на терена тук чрез сравнение с вече създадения DEM за района от карти в М 1:5000.

Повърхнината на свличане е дълбоко и никъде не се показва на повърхността. Нейната дълбочина и литоложки състав са неизвестни. Въз основа на геофизични данни учените от

Геологическия институт при БАН считат, че дълбочината достига до 94 м. Близо до Карабунар тепе тя е 76 м, а надолу изтънява и е между 12 и 40 m [3].

Реперна мрежа за GPS мониторинг

Основната свлачищна активност е реализирана преди 2001 г. [5]. След това движенията са със значително по-малка интензивност. Това се потвърждава и от данните на колегите от Геологическия институт на БАН [3, 4]. Поставените от тях ектензионометър и щифтови марки показват преместване на отделни блокове един спрямо друг със скорост между 2 и 4,5 mm/год. Въпросът за съвременната активност на това свлачище е важен както от научна гледна точка, така и от практическа. След пропадането на част от пътя за с. Генерал Гешево преди повече от 10 години той досега не е възстановен напълно. В най-засегнатите участъци е изградено временно трасе с насипан чакъл, но без асфалт. Ако се установи надеждно, че свлачището вече е в покой, то тогава би трябвало да се помисли за по-съществена рехабилитация на пътя с изграждането на постоянно по-право трасе, асфалтова настилка, канавки и др.

С усъвършенстването на GPS технологиите, повторните GPS измервания се наложиха като надежден метод за следене на активността на свлачища, като замениха конвенционалните геодезически методи [6, 7, 8,]. При мониторинг на такива обширни свлачища GPS измерванията имат съществено предимство, защото не изискват пряка видимост [9]. За сигурно установяване на разлики в местоположенията, дължащи се на свлачищни деформации е необходимо да се използва диференциална GPS апаратура, осигуряваща висока точност. За съжаление възможност за използване на такава техника имахме чак в последната година от изпълнението на договор H3-1514 благодарение на предоставената от Центъра за приложение на спътникови изображения РЕСАК GPS конфигурация.



Фиг. 6. Карта на разположението на пунктовете, предназначени за повторни GPS измервания. С пунктир е очертана свлачищната територия.

С цел мониторнг на съвременната свлачищна активност през есента на 2009 г. се изгради мрежа от 9 пункта, разположени сравнително равномерно в свлечената територия (фиг.6). Измерването на координатите и маркирането на пунктовете е извършено в периода между 24 и 27 ноември 2009 г. То е осъществено с GPS апаратура, включваща конфигурация от Торсоп GMS-2 и MAP RT, заедно с външна антена MG-A5. За подобряване на точността на измерването в камерални условия е приложена последваща обработка (post-processing) на суровите GPS данни. За корекции са използвани десетсекундни RINEX данни от най-

близката тогава работеща перманентна станция в мрежата на фирма НАВИТЕК – Смолян. С изключение на последните два пункта (*H* и *I*), на всички други са направени повече от едно измерване за по-голяма достоверност на резултата.

Повечето от пунктовете са обозначени със стоманен пирон, който е забит в здрава скална основа (фиг.7). Допълнително мястото е маркирано със спрей с ярък оранжево-червен цвят за по-лесното намиране при следващите измервания. За някои от реперите са използвани съществуващи обекти, които са маркирани със сигнален спрей. Например за пункт F е използван югоизточния ъгъл на бетонен фундамент, а за пункт G е използван върха на стара пресъхнала чешма.

В таблицата са представени координатите на деветте пункта при всяко едно от измерванията. Използвана е координатна система WGS 84 и проекция UTM 35 N зона. Височините са спрямо референтния елипсоид WGS 84, така че се различават с тези по Балтийската височинна система (и съответно с тези, които са нанесени на топографските карти) приблизително с 35-36 m.



Фиг. 7. Поставяне на стоманен пирон и измерване на координатите на реперен пункт С

Табл. 1. Координати на деветте пункта (А	(A-I) в проекция UTM зона	а 35 N, получени ч	ирез GPS измервания и
последваща о	обработка (Мерните един	ици са метри)	

Punkt	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Std Dev n (m)	Std Dev e (m)	Std Dev u (m)	Std Dev Hz (m)
А	4 589 509,904	350 529,056	709,126	0,011	0,011	0,027	0,016
А	4 589 509,893	350 529,060	709,104	0,013	0,011	0,026	0,017
В	4 589 745,630	350 397,857	733,761	0,012	0,01	0,026	0,015
В	4 589 745,643	350 397,864	733,768	0,01	0,009	0,027	0,013
В	4 589 745,643	350 397,864	733,769	0,005	0,006	0,032	0,007
С	4 589 872,315	350 240,342	724,411	0,015	0,014	0,025	0,021
С	4 589 872,307	350 240,350	724,428	0,014	0,013	0,023	0,019
D	4 589 775,967	349 699,852	763,535	0,012	0,008	0,028	0,014
D	4 589 775,984	349 699,839	763,540	0,01	0,009	0,028	0,014
D	4 589 775,985	349 699,822	763,525	0,012	0,011	0,031	0,016
E	4 589 491,185	349 592,218	780,894	0,007	0,008	0,034	0,011
Е	4 589 491,191	349 592,202	780,959	0,008	0,007	0,03	0,011
E	4 589 491,162	349 592,208	780,950	0,011	0,009	0,035	0,014
F	4 589 149,467	349 512,024	752,247	0,015	0,035	0,032	0,038
F	4 589 149,416	349 512,000	752,276	0,018	0,032	0,034	0,037
G	4 589 257,840	350 226,362	685,522	0,008	0,005	0,039	0,009
G	4 589 257,861	350 226,355	685,574	0,012	0,009	0,031	0,015
Н	4 589 184,460	349 992,491	721,945	0,012	0,01	0,026	0,016
I	4 589 578,856	350 108,131	702,853	0,084	0,132	0,108	0,157

Заключение

Свлачището или свлачищния комплекс при с. Генерал Гешево представлява важен и интересен от научна гледна точка обект. Интересен е, защото земните форми са още пресни и може да се види как те са се образували. Важен е, защото това свлачище не е изолиран случай. На 3 км на север при с. Лебед и Лебедските езера се намира сходно по-старо свлачище. Няма данни кога се е образувало, но би могло в близко бъдеще да се датира чрез анализ на седиментите в езерата. На 5 км на североизток от с. Лебед се намира свлачището

"Счупената планина". За него се твърди, че е станало през 1896 г. [3]. Възможно е тези процеси да са свързани помежду си и да представляват моментни прояви от един по-цялостен цикъл. Ако се изяснят факторите, които определят проявите в този цикъл би могло да се направи опит за прогнозиране на следващите прояви. Това разбира се ще бъде с голяма степен условно. В случай, че прогнозирането на времето на бъдещите прояви е непосилно, то вярното определяне на евентуалните места на проява на деструктивни процеси би била много полезна за практиката. По този начин може да се избегне изграждането на инженерни съоръжения на застрашените места.

Ако се приеме тази гледна точка, то активизацията на свлачището през 2000 г. представлява етап от цялостното развитие на релефа в региона. Още през 1968 Ненов посочва, че свлачищата са характерен елемент от релефа на тази част от Родопите и са важен фактор за неговото формиране през кватернера, а вероятно и през неогена [10]. След активните движения настъпва продължителна стабилизация, през която може да се наблюдават само незначителни деформации.

Верификация на тази хипотеза може да се направи в близките години. Повечето от пукнатините в свлачището са стари и постепенно те се обрушват и затревяват. Това показва, че действително се наблюдава стабилизация. Ако има някакви нови деформации, те са малки и не могат да се идентифицират чрез фотограметрични техники. Повторните GPS измервания в близките години на деветте пункта ще покажат дали действително свлачището е стабилизирано. Ако се установи липса на свлачищна активност, това ще позволи да се направи трайна реконструкция на пътя, което е от особена важност за местните жители.

Благодарности

Изследването е извършено по проект, финансиран от фонд НИ НЗ-1514 "Геоекологично изследване на опасните природни процеси и интегрална оценка на риска за нуждите на регионалното управление"

Измерването на пунктовете за мониторинг в свлачището е проведено с GPS апаратура, предоставена от Центъра за приложение на спътникови изображения (PECAK)

Литература:

- 1. Спиридонов, Х., А. Орев, А. Гиков, Г. Желев, Н. Николова. 2001. Наблюдения върху свлачището при с. Чакърци, Кърджалийско - Източни Родопи. В сб. Доклади от Балканска научно-практическа конференция "Природният потенциал и устойчивото развитие на планинските райони, Враца, 13-15 юли 2001 г. стр. 465-477
- 2. Бручев, Ил., Г. Франгов, Й. Янев. 2001. Катастрофални явления в Източните Родопи. *Минно дело и геология, кн.6, стр.* 33-36.
- 3. Кръстанов, М., Н.Добрев, Р. Върбанов, П. Иванов. 2006. Опасни склонови процеси в Източните Родопи, свързани с разломни структури. – В: Сборник доклади научно-практ. конф. по управл. на извънредни ситуации и защита на населението. "10.11.2005 г.. София, стр. 315-321
- 4. Добрев, Н., М. Кръстанов, Р. Нанкин. 2007. Мониторинг на свлачището при с. Генерал Гешево, Кърджалийска област. – *В: списание "Строителство"*, 5/2007 г., С. с.6-11
- 5. Гиков, А. 2010. Използване на дистанционни данни за изучаване на свлачища (На примера на свлачището при Генерал Гешево Източни Родопи) В: Сб. Доклади от шеста научна конференция с международно участие "Space, Ecology, Safety SES 2010" 2-4 ноемери 2010 г София
- 6. Moss. J. 2000. Using the Global Positioning System to monitor dynamic ground deformation networks on potentially active landslides. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. v.2.* pp. 24-32
- 7. Malet, J.-P., O. Maquaire, E. Calais. 2002. The use of Global Positioning System techniques for the continuous monitoring of landslides: application to the Super-Sauze earthflow (Alpes-de-Haute-Provence, France). *Geomorphology. v. 43. 2002. pp. 33–54*
- 8. Rizzo, V. 2002. GPS monitoring and new data on slope movements in the Maratea Valley (Potenza, Basilicata). *Physics and Chemistry of the Earth. v. 27. pp. 1535-1544*
- 9. Gili, J.A., Corominas, J., Rius, J., 2000. Using Global Positioning System techniques in landslide monitoring. *Engineering Geology. v. 55, 167–192*
- 10. Ненов, Т. 1968. Свлачищни явления в част от Източните Родопи (Кърджалийско). Известия на Бълг. Геогр. Д-во. Кн. VIII (XVIII), стр. 35-51

Session 5

Astrophysics and Nonlinear Dynamics

Chairman: Prof. Nikolay Erokhin Secretary: Tsveta Srebrova, MS

ВЛИЯНИЕ КОГЕРЕНТНЫХ СТРУКТУР НА ПОВЕДЕНИЕ ФЛУКТУАЦИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В ГРОЗОВОЙ ОБЛАЧНОСТИ

Николай Ерохин^{1,2}, Надежда Зольникова¹, Людмила Михайловская¹, Ирина Краснова², Румен Шкевов³

¹Институт космических исследований – Российская академия наук, Москва ²Российский университет дружбы народов, Москва ³Институт космических и солнечно-земных исследований – Болгарская академия наук e-mail: nerokhin@mx.iki.rssi.ru; shkevov@space.bas.bg

Ключевые слова: грозовая облачность, электрические флуктуации, структурные функции, скейлинговая экспонента, инерционные интервалы, высотный профиль электрического поля, когерентные структуры, зондовые измерения.

Абстракт: Рассмотрены структурные функции S_m(L) для вертикального распределения электрического поля в грозовой облачности. Для расчетов использованы данные зондовых измерений поля E(z) в атмосфере на высотах z ниже 16 km. На основе системы локализованных функций разработаны аналитические аппроксимации E_a(z) экспериментальных графиков E(z). Зависимости структурных функций S_m(L) от масштаба L вычислены для различных порядков т с пространственным разрешением $\delta z = 3$ метра, которые демонстрируют присутствие электрических флуктуаций большой амплитуды на масштабах L ~ (10÷500) m, а также наличие когерентных структур (КС) в электрической турбулентности. На графиках S_m(L) выявлены два инерционных интервала для электрических флуктуаций и для них получены скейлинговые экспоненты g(т). Скейлинговые экспоненты отличаются как от Колмогоровского закона g_k(m) = m / 3, так и от спирального скейлинга gh(m) = 2 m / 3. Наблюдаемые отличия от степенной зависимости Sm(L) в инерционных интервалах могут быть обусловлены присутствием когерентных электрических структур. Проведенное модельное исследование показало, что присутствие КС в электрической турбулентности будет модифицировать, в частности, наклоны кривых S_m(L) (в log-log координатах), а также увеличивать автокорреляционную функцию на малых масштабах. Вклад КС наиболее сушественен на масштабах порядка характерной ширины КС. Влияние КС на поведение структурных функций более ясно проявляется в графиках так называемых относительных структурных функций.

COHERENT STRUCTURES INFLUENCE ON ELECTRIC FIELD BEHAVIOURAL FLUCTUATIONS IN THUNDERSTORM CLOUDS

Nikolay Erokhin^{1,2}, Nadezhda Zolnikova¹, Ludmila Mikhailovskaya¹, Irina Krasnova², Rumen Shkevov³

 ¹Space Research Institute – Russian Academy of Sciences, Moscow
 ²Russian University of People Friendship, Moscow
 ³Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: nerokhin@mx.iki.rssi.ru; shkevov@space.bas.bg

Key words: thunderstorm clouds, electric fluctuations, structure functions, scaling exponent, inertial intervals, electric field height profile, coherent structures, probe measurements.

Abstract: The structure functions $S_m(L)$ for the vertical distributions of the electric field E(z) in thunderstorm clouds have been studied. The field E(z) measured at atmosphere height range z below 16 km is used as basic data. The analytical approximation $E_a(z)$ of the experimental plot E(z) has been elaborated by means of localized functions. The structure functions $S_m(L)$ plots' dependence on the scale L are calculated for the different values m with spatial resolution $\delta z = 3$ meters. These functions demonstrate large amplitude electric fluctuations at scales L ~ (10÷500) m and the presence of coherent electric structures (CS) in the electric turbulence. Two inertial intervals of electric fluctuations are revealed and the scaling exponents g(m) for the structure functions $S_m(L)$ are obtained. The scaling exponents differ significantly from both the Kolmogorov law

 $g_k(m) = m / 3$ and the helical one $g_h(m) = 2 m / 3$. Some variations from the power law dependence may be conditioned probably by the presence of coherent electric structures. This analysis has shown that the CS-presence in electric turbulence will result in structure functions' modification: the slopes of the $S_m(L)$ curves (at log-log plots) will be changed, while in the small-scale range, the autocorrelation function will increase. The CS-contribution is the most essential at scales of the typical CS width order. The CS influence on the SF-behaviour is most markedly expressed on the plots of the so-called relative structure functions.

Введение

Изучение структурных характеристик хаотизированных полей представляет интерес для ряда практических приложений, например, исследований тепло- и массо переноса в пограничном слое атмосферы, для анализа механизмов возбуждения и поддержания неоднородных крупномасштабных течений в околоземном пространстве, физики МГДтурбулентности в плазме солнечного ветра, исследований процессов формирования интенсивных крупномасштабных вихревых структур типа тайфунов, для прогнозирования распространения пассивных примесей и развития кризисных явлений, для мониторинга геофизических полей космическими средствами, для современных методов обработки данных дистанционного зондирования геофизической среды и корректной физической интерпретации ее результатов (см.например, работы [1-10]). Это весьма важно и для разработки современных методик регионального прогнозирования интенсивных вихревых структур, поиска возможностей воздействия на их развитие и пространственную динамику. При исследовании структурных свойств хаотизированных геофизических полей в настоящее время широко используется анализ структурных функций (СФ) с определением таких характеристик как, статистическая стационарность, перемежаемость, спектральные индексы, обобщенные размерности, скейлинговые экспоненты и др. на заданном массиве данных измерений [5-9]. Кроме получения статистических параметров при обработке данных важно выявить наличие когерентных структур, которые могут существенно влиять на динамику процессов, в частности, транспортные явления, генерацию крупных вихрей, гидродинамическое сопротивление и пр. В данном докладе представлены результаты анализа электрической турбулентности в грозовой облачности и возможного влияния когерентных структур на параметры структурных функций.

Постановка задачи и численные расчеты

Как известно (см., например, [2,3,4,10]), наличие спиральности H = v·rot v в атмосферных вихрях и плазме повышает их устойчивость к возмущениям и увеличивает время существования. Кроме того, спиральность Н способствует возникновению обратного каскада энергии от малых масштабов в крупные, в результате возможно, например, усиление слабых синоптических возмущений до уровня мощных циклонов. Анализ возможных механизмов генерации спиральных движений в приложении к интенсивным атмосферным вихрям показывает, что для корректного описания этого процесса необходимо учитывать вклад заряженных подсистем грозовых облаков как в формирование самосогласованной, существенно неоднородной структуры ветровых потоков, так и в их последующую нелинейную динамику (см., в частности, [11]). Имеющиеся в литературе экспериментальные данные о вертикальных профилях электрического поля E_z(z) в грозовой облачности (см., например, [12-14]) указывают на присутствие достаточно сильных электрических флуктуаций с типичными размерами (10÷500) m и напряженностями поля порядка 10⁵ В/м и более. Поэтому для корректных оценок вклада заряженных подсистем в генерацию спиральных движений атмосферы необходимо изучать параметры электрических флуктуаций, в частности, исследовать свойства структурных функций $S_m(L)$, где $L = z_1 - z_2$ разность высот двух атмосферных слоев (сдвиг). Ниже используя стандартные подходы анализа гидродинамической турбулентности [3-9] рассмотрены свойства структурных функций S_m(L) для электрического поля Е₂(z) в грозовой облачности. Основой для анализа являются экспериментальные графики поля $E_z(z)$ для области высот z < h ниже 16 km. Проводится оцифровка этих графиков и разработка аналитических аппроксимаций E_a(z) в классе локализованных функций типа b_n(z) = $a_n I [1 + k_n^2 (z - z_n)^2]$ с параметрами a_n , k_n и z_n . Таким образом получается выборка $E_i = E_a(z_i)$. Затем на ее основе численно вычисляются структурные функции S_m(L) порядка m согласно формуле $S_m(L) = \langle | E_a(z_i + L) - E_a(z_i) |^m \rangle$, где $z_i = \lambda i$, $\lambda = 3 m$ для интервала высот z < h, $1 \le i \le N$, N = h / λ , а пространственное усреднение проводится в области 0 < z < h – L. Как обычно полагается, что λ < L < h / 3. Следует отметить, что полученные аналитические аппроксимации могут быть использованы также для определения высотных профилей, например, электрического потенциала и объемной плотности электрического заряда.

Зависимость S_m(L) от масштаба L для различных значений порядка m представ-ляется на графиках в lg-lg координатах. Эти графики показывают наличие в электрической турбулентности двух инерционных интервалов, в которых имеется линейная зависимость между Ig S_m(L) и Ig L. Следовательно, в инерционных интервалах наблюдаются степенные скейлинги типа S_m(L) ~ L^{g(m)}, где g(m) скейлинговая экспонента. Для m = 1 получаем индекс Херста H = g(1), а индекс спектра мощности турбулентных флуктуаций α выражается через g(2) и равен α = 1 + g(2). Экспериментальные данные по высотным профилям электри-ческого поля взяты из работ [13, 14]. Аналитическая аппроксимация E(z) содержит сумму локализованных функций $r_n(z)$: $E_a(z) = \sum_n r_n$, где $r_n(z) = \sum_j b_{nj}$, $b_{nj}(z) = a_{nj} / [1 + k_{nj}^2 (z - z_{nj})^2]$. Здесь коэффициенты ani и высота z измеряются соответственно в кВ/m и km. Для упрощения записи S_m(L) введем положение і–слоя z_i(km) = 0.194 + 0.003(i – 1), где i = 1, 2 … N, N = 4307. Таким образом $L_n(km) = 0.003$ n, где n = 1, 21437. Следовательно имеем $S_m(L) \equiv S_m(n)$, $E(z_i) \equiv E_i$. В итоге $S_m(n)$ записывается выражением $S_m(n) = \sum_i |E_i - E_{i+n}|^m / (N - n)$, а графики структурных функций S_m(n) приводим как их зависимости от безразмерного сдвига по высоте n = L / 3·m. На рис.1 в lg-lg координатах они даны для значений порядка структурных функций (СФ) m = 0.5, 1, 2, 3, 5. Для лучшего сравнения графиков используем нормированные СФ: $W_m(n) = S_m(n) / S_m(1)$ т.е. выполняется условие $W_m(1) = 1$.



Рис.1. Графики структурных функций

Согласно рис.1 насыщение роста $S_{\rm m}(n)$ при увеличении высотного сдвига n происходит на масштабах $L_{\rm m}$ ~ (555÷3000) m и зависит от значения m. Например, для случая m = 1 насыщение СФ имеет место для масштабов L_1 > 3000 m. Как видно из рис.1, масштаб $L_{\rm m}$ уменьшается с ростом порядка m. Другое заключение касается наличия инерционных интервалов для электрических флуктуаций. Согласно рис.1 имеются два инерционных интервала: первый – на малых масштабах L < 50 m, а второй в области средних масштабов, где L < 1300 m для порядков m > 2. Отметим зависимость положения инерционных интервалов от порядка СФ. Например, S_m(n) и ее аппроксимации представлены на рис.2 в случае m = 0.5, где кривая 1 отображает S_m(n), кривые 2 и 3 соответствуют аппроксимациям S_m(n) на малых и средних масштабах.

Такое поведение структурных функций S_m(n) может быть обусловлено наличием когерентных структур в атмосферной электрической турбулентности на малых и средних масштабах. Это заключение вытекает из численного анализа модели турбулентности, имеющей два степенных спектра флуктуаций на малых и средних масштабах и некоторое количество когерентных структур на средних масштабах, которые локализованы по высоте z и имеют умеренные амплитуды.

Путем численных расчетов и аппроксимаций структурных функций $S_m(n)$ были получены скейлинговые экспоненты: $g_1(m)$ для малых масштабов и $g_2(m)$ для средних масштабов. Они приведены на рис.3. Мы видим, что скейлинговая экспонента $g_1(m)$ весьма близка к линейной функции. Приведем аналитические аппроксимации для скейлинговых функций : $g_1(m) \approx 0.943$ m, $g_2(m) \approx 0.614$ m. Эти аппроксимации были сделаны на основе численных расчетов СФ для порядков m = 0.1, 0.2, 0.4, 0.5, 0.6, 0.8, 1, 1.4, 1.7, 2, 2.4, 2.7, 3, 3.4, 3.7, 4, 4.4, 4.7, 5, 5.4, 5.7, 6, 6.4, 6.7, 7

Здесь следует отметить, что в случае однородной, изотропной гидродинамической турбулентности (без перемежаемости) Колмогоровский скейлинг имеет вид $g_k(m) = m / 3$. Для однородной, спиральной, гидродинамической турбулентности в отсутствие перемежаемости получено [10] $g_h(m) = 2m / 3$.



Рис. 2. Структурная функция S_{0.5}(n) и ее аналитические аппроксимации в инерционных интервалах



Рис. 3. Скейлинговые экспоненты для малых g1(m) и средних g2(m) масштабов

Для исследования турбулентности с инерционным интервалом в присутствии когерентных структур массив геофизических данных для турбулентности моделировался рядом следующего вида

(1) $y(i) = \sum_{k} b_{k} \sin [(2\pi i k / M) + \Psi_{k}], k = 1, 2 \dots M, i = 1, 2 \dots N.$

В (1) для фаз гармоник Ψ_k использовались случайная выборка из интервала (- $\pi,~\pi$) либо аналитическое представление типа

(2) $\Psi_k = 0.5 \cdot \pi \cdot \cos(\pi \cdot k) + 6.7 \cdot \sin(2.1 \cdot k) + 5.67 \cdot \sin(1.71 \cdot k) + 4.64 \cdot \sin(1.49 \cdot k) + 3.61 \cdot \sin(1.31 \cdot k).$

Распределение амплитуд гармоник b_k в турбулентности принималось степенным следующего вида $b_k = b_0 / k^\beta$ с экспонентой β . Для описания профиля локализованных когерентных структур использовались функции $\delta y_m(i) = A_m / [1 + \chi_m \cdot (i - a_m)^2]$, где $A_m -$ амплитуда возмущения, a_m - положение центра КС, параметр χ_m определяет полуширину $\Delta i = 1 / {\chi_m}^{1/2}$ когерентной структуры.

Рассмотрим вариант с быстроспадающим спектром флуктуаций, когда $\beta = 7 / 6$, $b_0 = 1$, N = M = 2000, когда max y(i) \approx 1.54. Добавим к полю y(i) крупномасштабную КС с параметрами $A_1 = A_2 = A_3 = A_4 = 0.4$, $a_1 = 500$, $a_2 = 911$, $a_3 = 1319$, $a_4 = 1607$, $\chi_m = 3 \cdot 10^{-6}$, $\Delta i \approx 577$ причем

имеем max $\delta y \approx 1.13$. Вычисление структурных функций (1) для фонового поля y(i) и с учетом вклада крупномасштабной структуры z(i) = y(i) + $\sum_{m} \delta y_{m}(i)$ показывает, что при добавлении крупномасштабной КС ее влияние заметно только на больших масштабах n > 500. Для структурной функции 4-го порядка S₄(n) аналитическая аппроксимация имеет вид S₄(n) $\approx 1.33 \cdot 10^{-6} \cdot n^{2,8} / [1 + (n / 50)^{1,2}].$

Для анализа влияния более мелкомасштабных КС добавим к фоновому полю у(i) четыре когерентных структуры с параметрами A₁ = 1.2, A₂ = 1.07, A₃ = 0.91, A₄ = 0.83, a₁ = 371, a₂ = 713, a₃ = 1201, a₄ = 1547, $\chi_m = 0.001$, $\Delta i \approx 32$, причем max $\delta y \approx 1.21$. Графики переменных z(i), y(i) приведены на рис.4. Вычисление структурных функций с учетом вклада в S_m(n) мелкомасштабных КС приводит к следующим результатам. Распределенные по длине выборки КС дают систематическое увеличение наклона СФ в log-log масштабах. Для структурной функции S₁(n) это область n < 164, в случае S₄(n) область несколько уже n < 100. Аналитическая аппроксимация S₁(n) для поля y(i) имеет вид S₁(n) $\approx 0.0216 \cdot n^{0.71}$, а для поля z(i) определена формулой S₁(n) $\approx 0.0216 \cdot n^{0.65}$. Структурные функции 4-го порядка имеют аппроксимации : S₄(n) $\approx 1.33 \cdot 10^{-6} \cdot n^{2.64}$ для поля y(i) и S₄(n) $\approx 1.54 \cdot 10^{-6} \cdot n^{2.86}$ для поля z(i). Аналогичные результаты получаются при выборе для фаз гармоник указанных выше аналитических аппроксимаций. В log-log масштабах различия структурных функций для полей y(i), z(i) будут невелики. Более наглядными оказываются графики функций Q₁(n) = Sz₁(n) / Sy₁(n), Q₄(n) = Sz₄(n) / Sy₄(n), являющихся отношениями S₁(n) и S₄(n) для полей y(i), z(i). При этом различия структурных функций существенны на малых n ~ 100 и больших n ~ 800 масштабах, что соответствует типичному масштабу рассмотренных КС, а также (примерно равномерному) распределению их по длине выборки. Аналогичным методом исследуется влияние КС на структурные функции СФ при наличии двух инерционных интервалов турбулентности.



Рис. 4. Графики выборки у(i) для фоновой турбулентности и z(i) с учетом КС

Заключение

Результаты проведенного анализа состоят в следующем. Используя экспериментальные данные по высотному профилю электрического поля в грозовой облачности исследованы структурные функции электрических флуктуаций. Выявлены два инерционных интервала на малых и средних масштабах, в которых наблюдаются степенные скейлинги S_m(n), вычислены скейлинговые экспоненты g(m), отличающиеся от колмогоровского и спирального скейлингов. Разработаны аналитические аппроксимации для S_m(n) в инерционных интервалах. Указано, что некоторое отличие графиков S_m(n) от степенных профилей может быть обусловлено наличием когерентных структур умеренной амплитуды на средних масштабах. Кроме того может проявляться перемежаемость электрической турбулентности (модель турбулентности солнечного ветра с учетом перемежаемости рассматривалась в [5]).

Проведено моделирование геофизической турбулентности с включением когерентных структур. Проведенный анализ показывает, что присутствие локализованных когерентных структур модифицирует структурные функции геофизического поля, так на графиках СФ в Ig-Ig масштабе меняются средние наклоны кривых. Поскольку обычно в основной части масштабов профиль СФ близок к степенному учет КС увеличивает экспоненту структурной функции. Вычисления также показывают, что на малых масштабах при наличии КС возрастает автокорреляционная функция сигнала. Вклад КС наиболее существенен на масштабах п порядка характерного размера КС. С уменьшением спектрального индекса фоновых флуктуаций β (при неизменных прочих параметрах задачи) вклад КС в СФ несколько снижается.

Данное исследование представляет интерес, в частности, для разработки упрощенных физико-математических моделей интенсивных вихрей типа тайфунов, дальнейшего развития схем параметризации при численных расчетах динамики ураганов с включением эффектов влияния заряженных подсистем на нелинейную эволюцию мощного вихря.

Работа выполнена при поддержке Отделения физических наук РАН в рамках программы ОФН-11.

Литература:

- 1. Барышникова, Ю. С., Г. М. Заславский, Е. А. Лупян идр. Исследование Землииз космоса, 1989, № 1, с.17.
- 2. L a z a r e v, A. A., S. S. M o i s e e v. Geophysical Precursors of Early Stages of Cyclogenesis. Preprint IKI RAS, Pr- 1844, 1990.
- 3. Е р о х и н, Н. С., С. С. М о и с е е в. Проблемы геофизики XXI века", М:. Наука, 2003, т.1, с.160.
- 4. B r a n o v e r, H., A. E i d e l m a n, E. G o l b r a i k h and S. Moiseev Turbulence and Structures. Chaos, Fluctuations and Self-organization in Nature and in the Laboratory, San-Diego, Academic Press, 1998, -270 p.
- 5. M a r s h, E., C. Y. T u. Nonlinear Processes in Geophysics, 1997, v.4, No 1, p.101.
- 6. H o r b u r y, T. S., A. B a l o g h. Nonlinear Processes in Geophysics, 1997, v.4, No 3, p.185.
- 7. Schertzer, D., S. Lovejoy, F. Schmitt et al. Fractals, 1997, v.5, No 3, p.427.
- 8. Osborne, A. R., A. Provenzale. Physica D, 1989, v.35, No 2, p.357.
- L i t v i n e n k o, L. N., V. B. R y a b o v, P. V. U s i k et al. Correlation Dimension: The New Tool in Astrophysics. - Institute of Radio Astronomy, Academy of Sciences of Ukraine, Preprint No 64, Kharkov, 1992, - 53 p.
- 10. Моисеев, С. С., О. Г. Чхетиани. ЖЭТФ, 1996, т.110, вып.1(7), с.357.
- 11. A r t e h a, S. N., E. G o I b r a i k h, N. S. E r o k h i n. Problems of Atomic Science and Technique, 2003, № 4, p.94.
- 12. M a r s h a k, A., A. D a v i e s, W. W i s c o m b e et al. Journal of Atmospherical Sciences, 1997, v.54, No 11, p.1423.
- 13. B y r n e, G. J., A. A. F e w and M. F. S t e w a r t. Journal of Geophysical Research, 1989, v.94, No D5, p.6297.
- 14. Marshall, T. C. and W. D. Rust. Journal of Geophysical Research, 1995, v.100, p.1001.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕТО НА МАГНИТНОТО ПОЛЕ НА КОМПАКТЕН ОБЕКТ С НЕГОВИЯ ДИСК

Красимира Янкова, Лъчезар Филипов

Институт за космически и слънчево-земни изследвания – Българска академия на науките e-mail: f7@space.bas.bg

Ключови думи: магнито-хидродинамика, акреционен диск, адвекция

Резюме: В статията се разглежда магнито-хидродинамиката на акреционен диск с адвекция. Отбелязват се някои от особеностите на модела. Обсъждат се допълващи локални условия съгласувани с него. Как и защо променливите са избрани във такъв вид. Какво ни дават глобалното и локалното решение.

INTERACTION OF THE MAGNETIC FIELD OF A COMPACT OBJECT WITH ITS DISK

Krasimira Yankova, Lachezar Filipov

Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: f7@space.bas.bg

Магнитното поле

Моделът се базира на основните уравнения на флуидната МХД

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla .(\rho v) = 0 \qquad \nabla .v = 0 \qquad \nabla .B = 0$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + v . \nabla v = -\frac{1}{\rho} \nabla p - \nabla \Phi + (\frac{B}{4\pi\rho} . \nabla) B + 9 \nabla^2 v \qquad \Phi = \frac{GM}{r - r_g}$$

$$\frac{\partial B}{\partial t} = \nabla \times (v \times B) + \eta \nabla^2 B \qquad \eta = \frac{\eta_m}{\rho} = \frac{c^2}{4\pi\sigma}$$

$$\rho T \frac{\partial S}{\partial t} - \frac{M^2}{2\pi r} T \frac{\partial S}{\partial r} = Q^+ - Q^- + Q_{mag} \qquad r_g = \frac{2GM}{c^2}$$

$$p = p_r + p_g + p_m$$

За въртящи се звезди с магнитно поле електродвижещата сила играе роля на колиматор на течението [15], дори първоначалното течение да има сферична симетрия, скоро то се концентрира в екваториалната равнина и образува диск или тор. Случая на сферична акреция се реализира само ако магнитната звезда не се върти.

Една от главните особености на всеки модел е свързана с разпределението на ъгловия момент. При звезди с централно-симетрично нормално поле, ъгловият момент нараства към звездата. Когато полето е външно момента нараства навън по диска.

В този модел няма наложени ограничения за местоположение на първичното поле или за независимост по координатите ф и t. Дори момента може да се преразпределя в двете посоки, когато има комбинация от вътрешни и външни полета. Затова може да се прилага и при трите варианта, достатъчно е вертикалната компонента на полето да е представена в явен вид по всички координати.

Тук използваме централно поле и вертикалната компонента представена във вида $B_z = \frac{\mu}{r^3}$ е независима от азимуталната и времева координата за екваториалната равнина.

Превключването на магнитни силови линии ги съкращава и разстоянието между тях се увеличава, така че излишъкът от магнитна енергия се освобождава в новата конфигурация.

Превключването е необходимо за поддръжка на равновесието $E_k \sim E_t$ на кинетичната и турбулентна енергия в диска. То е представено от две близки противоположни бримки образуващи неутрална конфигурация. Плътността на тока е $j = (c/4\pi)\nabla \times B \sim cB_r/4\pi l$ и за малки I –скала на локалните вихри, ј е голямо. Мощната анихилация освобождава много енергия [18]. Процесът се апроксимира до магнитна турбулентна проводимост σ [4,6]. [18] представя турболенцията в ролята на бавни МНD ударни вълни. Принципно изразява същността на магнитният вискозитет.

Вискозитета

Триенето между съседните слоеве в диска, които имат различна плътност наричаме вискозитет (механичен и магнитен). Акреционният диск е топлинна машина. Той се затопля като чрез вискозно триене и се охлажда чрез излъчване от повърхността си. Вискозитета е и основен фактор в преразпределянето на ъгловия момент.

Отместването е причината за появата на хидродинамични вихри. Отклоненията на потока от средното течение генерира поле. – Поради опъването на магнитните линии магнитната индукция нараства. При достатъчно слабо поле коефициентите водещи до линейни неустойчивости могат да се пренебрегнат. В кинетичния вискозитет, защото е изпълнен критерия на Релей. В диференциално въртяща се система с магнитно поле отместването винаги води до динамо, но не и до динамо действие. Това е така, защото спиралността на течението внася известна локална асиметрия в полето, но като цяло главното поле може да остане ос-симетрично (диполно, нормално). Динамото се установява в докритично състояние. Турбулентното динамо може да пренася енергия от малката към голямата скала, защото промяната на полето в дадена част от спектъра примки идва от всички хармоники, а не само от тези с малки вълнови номера. Когато нарастването на примките е бързо (равноразпределение

тези с малки вълнови номера. Когато нарастването на примките е бързо (равноразпределение Е_к ~Е_t по целия спектър), сработва обратната връзка MRI и част от енергията се връща в турбулентните вихри.

Koeφuцueнta α_t = α + α_m

$$\alpha_{t} = \frac{v_{t}^{2} + v_{ms}^{2}}{v_{s}^{2}}, \quad \text{κъдето} \quad \alpha = \frac{\langle \overline{v_{r}} \overline{v_{\varphi}} \rangle}{v_{s}^{2}} \sim v_{t}^{2} \tau_{t} \qquad \alpha_{m} = \frac{\langle \overline{b_{r}} \overline{b_{\varphi}} \rangle}{4\pi \rho v_{s}^{2}}$$

В този модел се счита, че механичният и магнитен вискозитет имат сравним принос в конфигурацията. Не се пренебрегва единия за сметка на другия.

Адвекцията и Ентропията

Основната изследователска цел на модела е свързана с изучаване на поведението на въртящи се астрофизични системи, като двойни звезди и активни галактични ядра. В горещите акреционни дискове около много масивни компактни обекти – черни дупки се появява адвекцията. Те имат температури, близки до вириалната [3,4,5]. Тя е факторът, който осигурява възможността да останат в равновесие и не позволява те да се разрушат.

Предпоставка за възникването на адвекцията е отрицателният радиален градиент на ентропията вследствие наличието на термо- вискозна неустойчивост (ТВН) или/и анихилация на магнитно поле. [3,4].

Ентропията не е параметър на течението, а глобална характеристика на състоянието. Градиентът и се определя от механизмите на затопляне и охлаждане в диска:

(2)
$$T\frac{\partial S}{\partial t} + \frac{3}{2}Hv_r\frac{v_a^2}{r} = H\vartheta(r\frac{\partial\Omega}{\partial r})^2 - \frac{3c}{\tau}(v_s^2 - \frac{v_a^2}{2} - RT) + \frac{\eta}{4\pi\rho}(\frac{B_r}{H} + \frac{3\mu}{r^4})^2$$

Знакът на градиента определя основния критерий за развитието, равновесието и устойчивостта на диска. Ако той не се охлажда ефективно, това е предпоставка да премине към ново термодинамично състояние за да остане глобално устойчив и да не се разруши. Такъв преход е необратим. Неустойчивостите ще се превърнат в структури (вихри, спирали, корона) подържани от излишъкът освободена енергия.

$$\frac{\partial s}{\partial \Theta}(x) = \frac{2a_4}{\alpha_m^2} x^{15} + \frac{a_4}{\alpha_m^2} x^{13} - a_3 x^9 + a_5 x^8 + (\alpha_m a_6 - 2a_1) x^6 + a_m a_7 x^5 + (\alpha_m a_8 - a_1) x^4 + a_2 \alpha \left[\frac{x^3}{(x - x_g)^4} + \frac{x^2}{(x - x_g)^3} + \frac{x}{4(x - x_g)^2}\right]$$

(3)

Където величината Θ е безразмерна променлива за време.

Сложната периодична зависимост за развитието на ентропията във времето е свързана с включването и изключването на един или няколко от дисипативните механизми.

(4)
$$s(\theta) = A_1(x,\beta)e^{3\theta} + A_2(x,\beta)e^{\theta} + A_3(x,\beta)\theta + A_4(x,\beta)e^{-\theta} + A_5(x,\beta)e^{-2\theta} + A_6(x,\beta)e^{-3\theta} + A_7(x,\beta)e^{-2\theta} + A_8(x,\beta)e^{-2\theta} + A_8(x,\beta)e$$

В горещите акреционни дискове дифузията е по бавна от дисипацията и те не могат да се охлаждат ефективно. Енергията се запазва в диска под формата на топлина, която намалява радиалния градиент на ентропията към центъра и предизвиква адвекция. Отрицателната ентропия създава на условия за поглъщане на енергия от неустойчивостите – стимулира обраните връзки. Води до ново състояние чрез необратим преход.

Адвекцията регулира геометричната дебелина на диска и не му позволява да се разруши. Повечето автори считат, че тя просто пренася свойствата на флуида към по-малки радиуси, както познатия ефект в земната атмосфера. Но при тези високо-енергетични обекти адвекцията проявява изстинката си същност. Тя обхваща (опакова) решението като цяло и го увлича към центъра, което би могло да се сведе до известния процес в ниско- енергетичната граница.

Има и друга съществена отлика от познатите модели – не е ограничено наличието на TBH, тук магнитната адвекция я контролира, но не я заличава (няма основание за такова твърдение). При TBH балансирана от магнитна адвекция може да се достигне вириална температура и в условия на несвободно падане.

Променливите

Въвеждаме неявно физически съществуващата обратна връзка между характеристиките на течението и тези на неговите неустойчивости, като представим водещите периметри във вида:

(
$$\mathfrak{P}$$
) $F_i = F_{i0}\mathfrak{R}_i(x = r/r_0)\exp[k_{\varphi}(x)\varphi + \omega(x)t]$

където F_{i0} са стойностите на външния ръб на диска r₀.

Коефициента $\omega(r)$ показва колко често течението се отклонява поради среща със структура или спонтанно смущение по пътя си. Коефициента $k_{\phi}(r)$ е синуса от централния ъгъл (измерван в радиани) между такива отклонения на една орбита. Ще наречем $\omega(r)$ и $k_{\phi}(r)$ коефициенти на среща, те корелират с вълновите числа от локалния модел. Отношението им към дадено смущение не е конкретно, те са глобални обратни връзки на характеристиките на потока с локалните характеристики на неустойчивостите в него (всички видове) и имат отношение към общото им разпределение в течението като цяло.

Изборът на периодичната функция също не е случаен. Той е продиктуван от аналогия с разпределението на Поасон от статистиката за случайно отклонение на течението (ние не знаем отнапред кога и колко често ще се случва) и е свързан с адвективната природа на диска (експонентцялен характер – [виж резултатите на 10]). Положителният знак на експонентата отчита фактора взаимодействие. Разпределението на Поасон борави с невзаимодействащи частици в изолиран обем [1,7]. В идеален газ елементарните частици не взаимодействат, но това не важи за вихровите. Дори ако сведем изолирания обем до размера на частицата трябва да се отчита взаимодействието по границите и. Адвекцията подсилва ефекта. МВ провокират ТВН и така кръгът се затваря.

Разглеждането на магнито-хидродинамиката на акреционно-дисков поток в астрофизиката е сериозен нелинеен проблем. Редица автори [1-9,16,17,21] изследват неустойчивостите в и на течението като използват микро-флуктоации на параметрите – линеаризиране на проблема, т.е. те не ползват пълните уравнения. Математически това опростява задачата, но се губи поглед върху нелинейните ефекти.

Предимствата на така трансформираните променливи:

- Коефициентите дефинират изключително важната за физиката на обекта обратна връзка.
- Такова представяне позволява да запазим неявната зависимост на водещите параметри от времето и ъгловата пространствена координата.
- Уравненията остават нелинейни.
- Понижен е броя променливи и от чисто физически съображения системата е сведена до ОДУ.

Възможности и избор

1. $f_3(x) = const$; $f_4(x) = x$

2.
$$f_3(x) = x^{-1}$$
; $f_4(x) = x^2$

3.
$$f_3(x) = x^{-2}$$
; $f_4(x) = x^3$.

Когато използвахме връзките (#) за водещите параметри на диска, получихме междинни резултати [11]. Получените груби резултати ни дават три възможни решения. За да подберем най-подходящото за нашите изследвания решение ние избираме гравитационният център да бъде черна дупка. Така получаваме <u>елобални решения</u> за структурата и развитието на диска [11,12]. Другите две приближения съответстват на случаите на раздуване в тор и разрушаване на диска в система с пропелер. Те не са третирани по нататък.

Локален модел

Резултатите от глобалния модел сочат, че в диска се образуват кратко-живущи формирования – пръстени с повишена плътност. Адвекцията контролира ентропията им, като я подържа (задържа) постоянна във времето.

Построен е модел на такова формирование основан на базисните уравнения, но съобразен с локалните физически условия. В него са получени локалното загряване и вълновите числа в зависимост от него: ω(K) и k_φ(K), и k_r(K) на дадена орбита r.

Описан е нов физическият ефект израз на правата връзка. Локалното загряване в пръстеновидна област К носи информация за зависимостта на развитието на неустойчивостите от енергетиката на диска. Неустойчивостите там се хранят от дисковото затопляне, щом енергията, която диска е могъл да произведе, не е могъл да я преизлъчи.

За да придобие завършен вид описанието на изследвания източник е необходимо да допълним модела с някои локални условия съгласувани с него:

1. Условието за оценка на R_d

В [8] изследват рушенето на диска на вътрешната му граница. То е свързано с вискозната неустойчивост, която осигурява геометрично тънко течение $\partial \mu / \partial \Sigma < 0$ (където $\mu = \mathscr{D}\Sigma$, Σ – повърхнинна плътност). Те получават аналитично решение близо до радиусът на рушене r_d и

него самия при $\partial \mu / \partial \Sigma = 0$. Тази неустойчивост може да се представи също като $Q_{mag} / Q^+ > 1$, където става важна магнитната дисипация [9].

Локално условие за оценка на радиуса на унищожаване на диска : (Q_{mag}/Q⁺) < 1

(5)
$$\left(\frac{B_r}{H} + \frac{3\mu}{r^4}\right)^2 \le 4\pi\alpha\rho H \left(r\frac{\partial\Omega}{\partial r}\right)^2$$

(6)
$$\frac{1}{4\pi\rho}\left(\frac{B_r}{H} + \frac{B_z}{r}\right)^2 \approx \frac{\langle v_a \rangle^2}{r^2} \le \alpha H \left(-\frac{3}{2}\Omega_k\right)^2 \le \frac{9}{4}\Omega_k^2$$

(7)
$$= \langle v_a(r) \rangle^2 \leq \frac{9}{4} \langle v_{\varphi}(r) \rangle^2$$

получено от нас в термините на модела. В тази форма то е удобно за научноизследователските ни цели.

2. Условие за устойчивост на смесващите моди

(8)
$$v_a H < v_s r$$

Пълния вид на условието $|v_a|H < |v_s|r$ е определен и изследван в [22]. Тук то ще ни даде възможност да проверим има ли наличие на вертикална конвекция в диска на изследваният обект.

3. Условието за възникване на Тюринг неустойчивости има приблизително следната

форма:
$$\iota_a < \iota_\eta$$

(9) Където $au_{\eta} \sim \frac{L^2_{\alpha}}{\eta}$ е скалата на Омово гасене

(10)
$$au_{a} \sim \frac{L_{c\wedge} \rho^{q/2}}{B_{c\wedge}}$$
 е времето за което Алфеновата вълна пробягва слоя.

В нашия случай, като вземем под внимание, че $\eta = \alpha_{\rm m} v_{\rm s} H$, условието приема вида:

(11) $\alpha_m \rho_{1/2}^{1/2} < 1$, когато $v_a < v_s$ и

(12)
$$\alpha_{\rm m} \rho^{1/2} < v_{\rm a}/v_{\rm s}$$
, когато $v_{\rm a} \ge v_{\rm s}$.

Решението при t~0

Решението $f_i(x) exp(-\omega_0 f_7(x)/\Omega_0)$ дава описание на първичното разстилане на диска.

База за сравнение

Може да се търси база за сравнение в няколко направления:

1 .Модела е построен с цел да бъде използван при разнороден тип източници с разнообразен набор маси.

2. По вида на резултатите – характера на екваториалната плътност за по горещи дискове (групата на Бисекало)

3. По стойността на оценките при съвпадение на обекта - външния радиус на короната на диска в системата Суд X-1. Очакваният резултат при съгласуване на наблюдения, числени резултати и симулации варира от 15-250R_g [19] за сферична корона и до 320-640R_g за не-сферична [20]. Нашите резултати принадлежат към първият интервал.

Адаптация

Пълната адаптация на уравненията предстои. Тя следва естественото развитие на модела във вертикална посока. Целта е да се свърже физиката на короната с процесите на преподреждане в диска в качеството му на отворена система, когато двата глобални потока нямат обща енергетика.

Заключение

Тази теоретична разработка дава широко поле на приложение към реални обекти за тестването на обобщен модел на структурата и еволюцията на акреционен диск при високо енергетични източници. Този модел ще бъде използван в бъдещо изследване на проблемите за устойчивост, възникването на корона, адвекцията в диска и взаимодействието в системата корона-диск-(джетове) при по слабо познати обекти.

Литература:

- 1. A n s e l m, A. I., Statisticheskoy phiziky l termodinamiky, 1973(Rus).
- 2. B a I b u s, S. A., J. F. H a w I e y, Reviews of Modern Physics, Vol 70, No 1, Jan 1998.
- 3. B e l o b o r o d o v, A. M., 1999, arxiv astro-ph/9901108.
- 4. B i s n o v a t y i K o g a n, G. S., 1998, arxiv astro-ph/9810112.
- 5. B i s n o v a t y i K o g a n, G. S., 1999, arxiv astro-ph/9911212.
- 6. Bisnovatyi Kogan, G. S., R. V. E. Lovelace, July 30,2002.
- 7. B o r i s o g l e b s k y, L. A., Kwantowaia mehanika, 1988(Rus).
- 8. C a m p b e I I, C. G., MNRAS, 301,754-758, 1998.
- 9. Campbell, C. G., P. M. Heptinstall, MNRAS, 299,31–41, 1998.
- Filipov, L., Kr. Yankova, D. Andreeva,"Some features of α disk and advective-dominated accretion disk. Self-similar solutions and their comparision. – II", BAS, SRI, Aerospace Research in Bulgaria.18.142-154.2004.Sofia.

http://www.space.bas.bg/astro/Aerospace18/AdvFlen_II.pdf,2004ARBI...18..142F.

- I a n k o v a, Kr. D., L. G. F i I i p o v,"Influence of the magnetic field of the compact object on the accretion disk – results" BAM 2004, Aerospace Research in Bulgaria, No. 20, p. 167–170 (2005). http://www.space.bas.bg/astro/Rogen2004/StPh-2.pdf.
- 12. I a n k o v a, Kr. D., // SES'2005, Book I: 31. http://www.space.bas.bg/astro/SES2005/a4.pdf.
- 13. I a n k o v a, Kr. D., "Stability and evolution of magnetic accretion disk", Publ. Astr. Soc. "Rudjer Вољкоvi ", No. 9, 2009, 327-333. http://aquila.skyarchive.org/6_SBAC/pdfs/31.pdf
- 14. I a n k o v a, K. "Theoretical modelling of accretion discs. Correlation of the global coefficients with the distributions of local wave numbers in the disc", International Conference MSS-09 "MODE CONVERSION, COHERENT STRUCTURES AND TURBULENCE", Moscow, 23–25 November2009, 409-414. ISBN978-5-9710-0272-7.
- 15. K a b u r a k i, Os., arXiv: astro-ph/9910252, Oct 14, 1999.
- 16. K u n c i c, Z., G. V. B i c k n e I l, arXiv: astro -ph/0402421v1, 18 Feb 2004.
- 17. L e b o v i t z, N. R., E. Z w e i b e l, arXiv: astro -ph/0403316v1, 12 Mar 2004.
- 18. M a t t e o, T. Di, MNRAS, 299, L15-L20, 1998.
- 19. Novak, M. A., J. Wilms, B. Vanghan, J. Dove, M. Begelmeni (1999) AJ 515 726-737.
- 20. Pottschidt, K., M. Konig, J. Wilms, R. Stanbert (1998) A&A.
- 21. R e g i o s, E., MNRAS, 286,104-114,1997.
- 22. Spruit, H. C., R. Stehle, J. C. B. Papaloizou, MNRAS, 275, 1223-1231, 1995.

COMMENTS ON THE VARIABILITY OF BASIC CONCEPTS ABOUT THE UNIVERSE

Deyan Gotchev, Plamen Trenchev, Kontstantin Sheiretsky

Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: dejan@space.bas.bg

Key words: renormalization, hierarchy, variability, space

Abstract: A critical interdisciplinary analysis of the causes for imperfection and discrepancy in the created and tested concepts about the Universe is made. Possible future attempts are commented.

КОМЕНТАРИ ЗА ПРОМЕНЛИВОСТТА В ОСНОВНИ ПРЕДСТАВИ ЗА ВСЕЛЕНАТА

Деян Гочев, Пламен Тренчев, Константин Шейретски

Институт за космически и слънчево-земни изследвания – Българска академия на науките e-mail: dejan@space.bas.bg

Ключови думи: ренормализация, йерархия, изменчивост, космос

Абстракт: Представен е критичен интердисциплинарен анализ на причините за непълнота и несъответствие в създаването и използването на основни концепции за Вселената. Обсъждат се възможни бъдещи опити.

"The search for truth is more precious than its possession" Lessing

Can the rate of past discoveries be used to predict future ones? There are always complex factors of how science is actually done. The contemporary theories are valued not by their predicative or even explanatory value - but by number of physicists, which these theories are able to employ. A source of uncertainty is how changes in funding and the development of new techniques and technology can alter the pace of discovery. Some objects are more difficult to find the smaller they are, for other the opposite is true, since the bigger they are, the rarer and more unstable they tend to be. Some of the properties for a host of natural phenomena conform to Benford's law. It states that for many sets of numbers, the first digit of each number is not random with a 30.1% chance that a number's "leading" digit is a 1 and progressively higher leading digits get increasingly unlikely. Such distributions are "scale-invariant".. How widespread the law is in nature is not known. Although not all sets of numbers obey this law, probing if properties that adhere to Benford's law in nature also do so in computer simulations could be a way to check and improve misbehaving models.

Scientists must investigate asymmetric situations.

We learn through focusing in the small details and errors and then, after creating a new theory, we try to forget them! The interesting point is that as soon as we make a new discovery that gives as a better image of were we are in the world, we want to believe that we know everything, and the "one and only" theory is very close! The informational singularity is not a sharp boundary, but system of mutually overlapping processes.

In the very centre of identifying where we are, we face the problem of "deciphering" "complex" motion. One of the critical parts is an equation stipulating that the force between two objects gets rapidly weaker as the distance between them increases. Called the inverse-square law of Newton's theory of
gravity, it has been tested over the years both by observing the actual movements of the planets and stars and by experiments conducted in labs that examined gravity at the level of a few feet. BUT Pioneer 10, Galileo and Ulysses are being pulled back to the Sun by an unknown, constant force. One of the difficulties of measuring gravity is that it is so weak and whether gravity falls off with distance even faster than Newton specified. Some theorists relate the "Pioneer Anomaly" to the quantum vacuum fluctuations which at large distances could mimic 'dark matter', whose non-existence is advocated by the Modified Newtonian Dynamics. Other theorists believe that one reason gravity is so weak is that it 'bleeds off' into extra spatial dimensions that are undetectable with contemporary scientific devices, much less with our own human senses. Several lines of evidence hint that quantum gravity at very small distances may be effectively two-dimensional. If spontaneous dimensional reduction proves to be correct, it suggests a fascinating relationship between small-scale quantum spacetime and the behavior of cosmologies near an asymptotically silent singularity.

The magnetic fields could have played a very fundamental part in the structure formation. Unless one isolates how and where and perhaps when they are generated, it is hard to put together a satisfactory story of the universe. It would be high time in earnest to study what the original 20 Maxwell's equations can reveal, because by now we should have the computing power to use those. When described by ideal dynamics, Magnetic fields are mathematically and physically equivalent to a vorticity. This makes it difficult to determine the origin of magnetic fields, since it means that magnetic fields have helicity, which is a kind of "topological charge," which cannot change under the influence of an ideal force, forbidding the emergence of any vorticity from an initial zero value. Topology forbids it, because of its conservation laws like argument principle - there just have to be created the whole fluxon-antifluxon pairs. Vorticity/fluxons are more fundamental than charge, but there is still something behind it. Such fluxons should have additional energy density per length - explaining e.g. many orders of magnitude larger energy of magnetic reconnections on Sun's corona than predicted. The theory of scalar magnetic field, which was commonly accepted at the Kelvin/Tesla times is completely forgotten by now. This is a product of consequential reductionism and mathematical Platonism in physics of the last century: all phenomena, which are more complex, then formal math can currently follow are neglected as an unpublishable ones. To generate magnetic fields (a vorticity) from a state of no magnetic field, we must break the topological invariant. For that to happen, the effective force has to be so that it cannot be expressed as a perfect gradient. Non-ideal mechanisms, ranging from something called the baroclinic effect to processes stemming from inflation, quantum chromodynamics phase transitions, and radiation effects, are used to get around this constraint. However, while these mechanisms likely play a role in magnetic-field generation at some scales, none of these effects can be considered a universal mechanism that operates at all scales. Since all non-ideal mechanisms are too weak and not general enough to explain the origin of magnetic fields, the ideal dynamics is proposed to be reexamined. The result is that vorticity/magnetic fields can be generated in strictly ideal dynamics, as long as the dynamics is embedded in the twisted spacetime described by special relativity effects that can destroy the topological constraints that would otherwise forbid the creation of magnetic fields. The mechanism can seed a magnetic field, which can then be amplified by the dynamo mechanism to create larger magnetic fields. Basically, the relativistic distortions of spacetime can modify the way in which inhomogeneous flow fields interact with inhomogeneous entropy. The new mechanism is especially dominant for highly relativistic flows, such as cosmic particle-antiparticle plasmas, plasmas in the magnetosphere of neutron stars, etc. The discovery could help to understand the origins of the massive magnetic fields in astrophysical settings, shed light on the properties of large physical systems, and possibly even advanced spacetime geometries. Does Nature choose one consistent mathematical framework over another? Most physicists seem to expect answers in the form of geometry. They have been blinded by the elegance of classical mechanics and have ignored the signs given by quantum mechanics that geometry will ultimately not provide the answers they seek? Geometry is a great tool with lots of descriptive power. Geometric notions are pervasive and absolutely unavoidable in physics. But geometry used in physics is essentially arbitrary. If you pretend that the geometry used in your calculations is real, then you are stepping into a dangerous territory. A point is a fundamental geometric axiomatic construct. To talk about defining a point in the first place, you end up using concepts like dimensions or volumes. Sure, you can talk abstract numbers (scalars), but those aren't the same thing as points. And even the concept of numbers (and indeed, all of arithmetic) is essentially geometrical at heart: e.g. being closely related to things like the "number line". In physics, theories and laws distillate the workings of the real world into stark, sweeping statements of universal validity. The physical laws are generally couched in the language of mathematics. The mathematical quantities are ciphers, proxies for the tangible objects of the real, physical world and their measurable properties. But this is merely a convenient shorthand. That was all true until the uncertain, fuzzy world of quantum theory arrived on the scene- particles do not have fixed properties until they are observed.

Almost every civilization has its 'cosmogonical' myths about the inevitable 'universal catastrophe'. Although the idea is embedded in different forms- 'death-birth' cycles, partially regulated by mystical powers, their core is that the observed universe should have an end. Nowadays these feelings are embedded in concepts like inflation, orbital chaos, both common with the fuzzy unpredictable outcome. Eternal inflation is a quantum cosmological model where inflationary bubbles, each being a universe, can appear out of nothing to expand and go on forever, or to collapse and disappear again. In an eternally inflating universe, every event that is possible will eventually occur an infinite number of times. This makes impossible to forecast when an event, such as the probability that a universe like ours exists, will occur. The 'zug-zwang' is because of the "measure problem": am attempt to determine the number of bubbles that exist at any given time plus the number of 'observers' in each bubble to come up with the relative frequency of observers that can live in one universe compared to the relative frequency of observers who can live in another universe. The only way to avoid this conundrum is to introduce a cut-off point, or some recent discovery like the interpretations of observation data, which indicate that fundamental physical 'constants' could have different, locally active values, with the 'disgrace' for the universality and eternity of physical laws as an outcome.

The "theory of everything" is one of the most cherished dreams of science. If it is ever discovered, it will describe the workings of the universe at the most fundamental level and thus encompass our entire understanding of nature. The attempt to reconcile quantum mechanics with general relativity is a prerequisite for a theory of everything. But rather than coming up with one or two rival theories whose merits can be judged against the evidence, there is a profusion of candidates that address different parts of the problem and precious few clues as to which (if any) might turn out to be correct. Part of the problem with unifying gravity and quantum mechanics is what happens to gravity at small scales. The closer two objects are to each other, the stronger the gravitational attraction between them; but gravity also acts on itself, and as a result, at very small distances a feedback loop starts. According to conventional theories the force should then become ridiculously strong - which means there's something wrong with conventional theories. A "fixed point"- a distance below which gravity stops getting stronger could help solve the problem, and lead to a quantum theory of gravity. Theories assume that space and time exist, and then try to build up the rest of the universe. Quantum gravity tries to do away with them. The basic idea of Loop quantum gravity (LQG) is that space is not continuous, as we usually think, but is instead broken up into tiny chunks 10⁻³⁵ meter across. These are then connected by links to make the space we experience. When these links are tangled up into braids and knots, they produce elementary particles. LQG is so far the only real rival to string theory. As the universe formed in the Big Bang cooled, defects formed between different regions of space that cooled in different ways and there was only an abstract network of "nodes" of space, in which each node was connected to every other. This network collapsed and some of the nodes broke away from each other, forming the large universe we see today.. The defects in space were the cosmic stringspredicted in the 1970s and not to be confused with the subatomic strings of string theory. The fundamental particles we observe are not actually particles, but tiny cosmic strings that only "look" like particles. The mathematics of string theory also looks to to on extra spatial dimensions- radical suggestions, but many theorists find the string approach elegant and have proposed numerous variations on the basic theme that seem to solve assorted cosmological conundrums. There are just too many variants of the theory, any one of which could be correct - and little to choose between them. To resolve this, some physicists have proposed a more general framework called M-theory, which unifies many string theories. But this has its own problems. Depending how you set it up, M-theory can describe any of 10^{500} universes. Some physicists argue that this is evidence that there are multiple universes, but others think it just means the theory is untestable.

WAVES AND INTERACTING FLOWS IN ACCRETION CLOSE BINARY STAR SYSTEMS

Daniela Boneva, Lachezar Filipov

Space and Solar-Terrestrial Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences e-mail: danvasan@space.bas.bg, lfilipov@space.bas.bg

Keywords: binary stars; accretion discs; waves;

Abstract: The tidal interaction in binary star systems has been studied, as inflowing matter of donor star contacts with the forming accretion disc and circumdisc halo of the companion star. Numerical methods in the theoretical gas-dynamical calculations have been applied. The results reveal the appearance of wave structures with high density in the disc's area and in the rarefied gas around the accretion disc. The perturbations in the stellar component with disc and the velocity acceleration by the sound value have been estimated. The wave structures have been studied observationally by the method of Doppler Tomography.

1. Introduction

The tidal shocks in astrophysics may appear in galaxies, proto-planetary and protostellar discs and in the white dwarf's binary star systems. Studying of the disc's structures in the binary stars, by numerical methods, evinces that the gravitational effect of the second component could cause the appearing of spiral shock waves. Sawada, Matsuda & Hachisu [13], have presented these tidally induced shocks as hydrodynamical event. Their research has followed by a number of groups, as Rozyczka & Spruit [12], which found such prominent spiral arms to develop in 2D disc simulations, for various mass ratios. Spiral structures in white dwarfs are also detected by Steeghs et al. in [14]. It is clear from his research in [9] that tidally driven waves can alter the global dynamics and structure of the accretion disc. Such tidally driven spirals could be considered as a transport of angular momentum in accretion discs.

We present here a short report of our study of tidally generated spiral waves that are the result of interaction of the inflow stream with the matter of the disc flow. The gas in the disc is considered to be gas-dynamical and then the examination of the morphology of this interaction requires using the system of gas-dynamical equations, where the radiation heating and cooling are considered, as gravitational Roshe's potential is included. This system allows applying of 3D numerical modeling of structure of the flowing matter. The modeling is performed in non-inertial frame of reference and quadratic 3D set. The boundary conditions are related to the form of the accretor and constant density on the outer edge. According to the work of Boyarchuk et al. [5] the gas-dynamics of the flow in semidetached binary system could be defined by the stream from L_1 , quasi-elliptical accretion disc, circumdisc halo and the envelope between two mass components. They classify in this paper the main elements of the flow. The shock interaction area of the circumdisc halo and the stream from L1 is in the outer disc region. The farthest parts of the disc are with low density value and the shock wave, which is caused by their interaction with the flow, is placed at the edge of the stream.

As we noticed, the flow in the disc and in the circumdisc area is considered to be gasdynamical and it rules by the corresponding equations of mass conservation, Navier-Stokes equations for a viscous flow, energy equation and equation of state. The forms, which are used here, are taken from the papers of Thorn [15] and Frank et al. [7]. Obtaining the solutions of that hydrodynamical system of equations requires applying of numerical methods and they are in accordance to mathematical software, supporting the examinations here.

The method of Runge-Kutta is largely spreading in physical calculations. As we have considered, the explicit part of the method will be working, only. The form of the equations doesn't allow carrying out fully and exact solutions and it is necessary of applying another method in the combination with the Runge-Kutta's. "Alternating direction implicit method" (ADI) is workable for the numerical analysis of partial differential equations. The descriptions of both methods could be found in the papers of Autar & Egwu [1], Chang et al. [6].

To confirm the theoretical examinations of the existence of structures, it is need to perform some observational study of the problem. Until now, directly observation of the spirals and vortices haven't been possible. In this reason, indirectly methods and techniques are used, as the spectra analysis and Tomography. The method of Doppler Tomography is developed by Marsh in [11] and it has applied by many authors as the techniques for the reorganization of the observational data and converts them into the luminosity cart of the two-dimensional velocity space.

2. Results

2.1. Results from the theoretical study.

Following the considerations in the introduction and pointed methods there, we present in this section the results of our study, related to the waves in interacting flows in the accretion binaries.

These tides may cause a development of spiral waves, locally or globally in accretion disc's area. Angular momentum dissipation in the spiral shocks is responsible for the bulk transport of angular momentum outwards and disc materials inwards. This non-local way of transporting angular momentum is possible since the tidal torques of the companion star effectively extract the disc's angular momentum through such tidally generated waves.

The analysis made by Friedman & Bisikalo [8] of the main heating and cooling processes of the matter in the accretion discs in close binary star systems shows that, for the real parameters of the

discs, the gas temperature in the outer disc's parts is in the range of $10^4 K \div \sim 10^6 K$. This means that, in the considering binary systems, as well the hot accretion discs as the cold could be formed.

We use perturbed hydrodynamical equations and the numerical method is applied over the variations of matter density and flow velocity. The disc temperatures are chosen to correspond the conditions of Cataclysmic variables accretion discs in a high mass transfer state. In the result, a spiral structure in the disc flow is taking form, which can be seen in the next pictures (figure 1a, 1b). This result is received previously in the paper of Boneva [4].

In the solutions for the high temperature gas, it is observed one-armed spiral wave. In the area, where the second arm has expected to be appeared, the structure of the flow is defined from the stream of L1. This flow is dominated and some kind prevents the formation of the second arm.



Fig. 1. Spiral structures in the area of accretion flow. It is shown two cases – in hot disc case the spiral structure arises with one arm (fig.1a). Whereas, at the cold disc it is clearly seen the two arms of the spiral structure (fig.1b) (see [4])

The assumption that the disc is already cold, when the two spiral arms are observed (fig.1b), also means an increased density in the disc. If the disc is cold $T\sim1.4x10^4$ K, the shock waves are seen as a thickened matter at the density isoclines.

If we take into account the weak effect of flow on the dense inner parts of the disc, and the fact that shock waves are located in the outer parts of the disc, then by a low temperature, we can spend one more element of the structure of the flow, that is: the inner area of the disc. Following analysis of three-dimensional numerical modeling we can assert for the possibility of formation of spiral density wave in the internal parts of the cold disc, as well.

The figures show spiral's formations, as the separated from the whole disc images. In such a way, the form of the wave is more decipherable. Two stages of spiral's development are depicted on the figures.

2.2. Observational results

Gas-dynamical simulation in combination with technique of Doppler Tomography gives the possibility to identify the main elements of the flow. It is studied the CV SS Cyg during outbursts,

based on the observations made by Kononov et al. in 2006 in the observatory at the Terskol peak and published in the paper of Kononov et al. [10]. To construct the true cart of image of the obtained data, it is applied the Doppler Tomography. The Method of maximum entropy (MEM) has used to smooth the images from noise and phase shifts. We have derived H β and H γ Doppler tomograms for SS Cyg in its active state from spectral observations of this star (see figures 2a, 2b).



Fig. 2. Doppler Tomograms of the SS Cyg in the H β (left) and H γ (right) lines obtained for the active state from profiles cleaned of broad absorption components. It is also drawn in the pictures the superposition of the flow's elements, obtained by numerical simulations. The dashed curve shows the boundary of the Roche lobe in velocity coordinates (Boneva et all, 2009 [3])

As a result of the comparison are separated following elements: accretion disc, spiral arm of the tidal wave, hotline, shock wave, formed by the interaction of the curcumdisc halo with the flow of inner Lagrange point and the area of the heated material in near the boundary shockwave. It should be noted that the H_{γ} line in the tomogram is not expressed asymmetry in the vicinity of L_1 . In the H_{β} line there is a slight degree of asymmetry in this area. Distinctive feature that is visible in the tomogram of the active state is essential bulge towards the negative V_y . We can see the main flow elements in the figure above, received in paper of Boneva et al. [3], such as the arms of the tidal spiral streaming from L_1 and the region of interaction of the stream and circum-disk halo (hot line). The superposition of the flow's elements, which is shown at the pictures of the fig.2, is calculated and drawn by using the numerical simulations in the paper [2].

3. Discussion

It is shown in this paper two basically results, as we studied the dynamics of interaction flows in the close binary star system.

It is preformed the numerical macro - analysis of processes in the accretion close binaries. By using the methods of numerical calculations in a combination with the gas-dynamical equations we achieved to the results, which give us a physical explanation of the morphology of the accretion gas flow.

The gas-dynamical simulations show that tidally interaction of the inflow from donor star with the matter of circumdisc halo causes development of spiral density wave, as one-armed model for the hot disc and two-armed model for the cold disc prediction.

The key to discovery of these spiral patterns was the applying of indirect imaging method. Using the technique of Doppler Tomography as the observational method in a combination with the gas-dynamical simulation, we confirmed that the spiral structures in the accretion disc in the white dwarfs close binaries are the main elements of the flow.

References:

1. A u t a r, K. K., E g w u E. K., 2008, Numerical methods with applications, 1 ed., self-publ., http://numericalmethods.eng.usf.edu/topics/textbook_index.html

2. Bisikalo, D. V., D. A. Kononov, P. V. Kaigorodov, 2008, Astron. Rep. 52, 318

- 3. B o n e v a, D., P. V. K a i g o r o d o v, D. V. B i s i k a l o, and D. A. K o n o n o v, Doppler Mapping of the SS Cyg System During Outburst, 2009, Astronomy Reports, 2009, Vol. 53, No. 11, pp. 1004–1012, Pleiades Publishing, Ltd.,. ISSN 1063-7729
- 4. B o n e v a, D. V., Spirals and vortices in accretion close binary stars due to the tidal waves, 2010, National astronomical conference BgAJ /Bulgarian Astronomical Journal/, **1**, p.14
- 5. B o y a r c h u k, A. A., D. V. B i s i k a l o, O. A. K u z n e t s o v, V. M. C h e c h e t k i n, 2002, Mass transfer in close binary stars, Adv. in Astron. and Astroph., Vol. 6, London: Taylor & Francis
- 6. C h a n g, M. J., L. C. C h o w, W. S. C h a n g, 1991, Numerical Heat transfer, Part B, 19(1), 69-84, ISSN 1040-7790
- 7. F r a n k, J, A. K i n g, D. R a i n e, 2002, Accretion Power in Astrophysics, 3-rd edition, Cambridge University Press, New York
- 8. Friedman, A. M., D. V. Bisikalo, Usp. Fiz. Nauk., 178, 577, 2008
- 9. Harlaftis, E. T., D. Steeghs, K. Horne, E. Martin, A. Magazzu, 1999, MNRAS, 306, 348
- 10. Kononov, D. A., P.V. Kaigorodov, D.V. Bisikalo, A.A. Boyarchuk, M. I. Agafonov, O.I. Sharova, A. Yu. Sytov, and D.V. Boneva, 2008, vol. 85, No. 10, pp. 927-939, http://adsabs.harvard.edu/abs/2008ARep...52..835K
- 11. Marsh, T. R. 1988, MNRAS, 231, 1117
- 12. R o z y c z k a, M., H.C. S p r u i t, 1993, Ap J, 417, 677
- 13. Sawada, K., T. Matsuda, I. Hachisu, 1986, MNRAS, 219, 75
- 14. Steeghs, D., E. T. Harlaftis, K. Horne, 1997, MNRAS, 290, L28.
- 15. T h o r n e K i p, 2004, Foundations of fluid dynamics, V 0415.2.K2004