We are a way for the cosmos to know itself" - Carl Sagan (1934-1996)

Ние сме начин Космосът да познае себе си - Карл Сейгън (1934-1996)



SES 2016

SES 2016

Twelfth Scientific Conference with International Participation

SPACE, ECOLOGY, SAFETY

2 - 4 November 2016, Sofia, Bulgaria



SPACE RESEARCH AND TECHNOLOGY INSTITUTE

BULGARIAN ASTRONAUTICAL SOCIETY

BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

© Space Research and Technology Institute - Bulgarian Academy of Sciences
ISSN 1313 - 3888
2017

BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES
Space Research and Technology Institute

BULGARIAN ASTRONAUTICAL SOCIETY

REPRESENTATIVE OFFICE OF ROSSOTRUDNICHESTVO IN BULGARIA

TWELFTH SCIENTIFIC CONFERENCE

with International Participation

DEDICATED TO

THE 35TH ANNIVERSARY OF THE BULGARIA-1300 SATELLITES

S P A C E
E C O L O G Y
S A F E T Y

S E S 2016

PROCEEDINGS

2017

Organizational Committee

Honoured Chairman: Acad. Stefan Vodenicharov

Chairman:
Corr. Member Petar Getsov, DSc

***Vice-Chairman*:**
Prof. Garo Mardirossian, DSc

Secretary:
Assoc. Prof. Dr. Tania Ivanova

Members:
Prof. Tsvetan Dachev, DSc
Prof. Zhivko Zhekov, DSc
Assoc. Prof. Dr. Lachezar Filipov
Assoc. Prof. Dr. Maria Dimitrova
Dr. Konstantin Peev
Dr. Krassimir Stoyanov
Chief Assistant Rumen Shkevov
Valeri Vassev, MS
Mariyana Toncheva, MS
Adelina Kuzeva, MS

Scientific-Programming Council

Acad. Lev Zelenyi – Russia
Acad. Valeriy Bondur – Russia
Prof. Gennadiy Maklakov – Russia
Prof. Alen Hauchecorne – France
Prof. Gerasimos Papadopoulos – Greece
Prof. Stefano Tinti – Italy
Dr. Stoyan Velkoski – Macedonia

General Dr. Georgi Ivanov
General Dr. Alexander Alexandrov
Acad. Chavdar Roumenin, DSc
Corr. Member Petar Getsov, DSc
Corr. Member Peter Velinov, DSc
Corr. Member Filip Filipov, DSc
Prof. Garo Mardirossian, DSc
Prof. Nikola Vichev, DSc
Prof. Dr. Boyko Ranguelov
Assoc. Prof. Georgi Jelev
Tsveta Srebrova, MS

PROCEEDINGS

Publishing team:

Garo Mardirossian
Tsveta Srebrova
Georgi Jelev

This Collection contains reports presented orally or in the form of posters during the Twelfth Scientific Conference with International Participation „Space, Ecology, Safety - SES 2016", which was held on 2 – 4 November 2016 in Sofia.

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

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

© Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences

ISSN 1313 – 3888

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

CONTENTS

Plenary Session

Петър Гецов
Българските космически изследвания в контекста на членството на България в Европейската космическа агенция. 9

Jordanka Semkova, Rositza Koleva, Tsvetan Dachev, Yuri Matviichuk, Borislav Tomov, Krasimir Krastev, Stephan Maltchev, Plamen Dimitrov, Igor Mitrofanov, Alexey Malahov, Dmitry Golovin, Maxim Mokrousov, Anton Sanin, Maxim Litvak, Andrey Kozyrev, Vladislav Tretyakov, Sergey Nikiforov, Andrey Vostrukhin, Fedor Fedosov, Natalia Grebennikova, Lev Zelenyi, Victor Benghin, Vyacheslav Shurshakov
Bulgarian Participation in ESA-Roscosmos ExoMars Missions. Radiation Characteristics onboard ExoMars TGO during the Cruise to Mars according to Liulin-MO Data. 16

Session 1
Space Physics

Tsvetan Dachev, Borislav Tomov, Yury Matviichuk, Plamen Dimitrov, Nikolay Bankov, Vyacheslav Shurshakov, Olga Ivanova, Donat-Peter Häder, Gerda Horneck
"Foton-M" № 4 Spacecraft Radiation Environment as Observed by the RD3-B3 Radiometer-Dosimeter in July-September 2014. 29

Atanas Atanassov
Unification of "Pool of Threads" Control in the Frames of Different Parallel Solvers. 42

Atanas Atanassov
Situation Analysis Based on Spatiotemporal Situation Conditions. 47

Daniela Boneva, Lachezar Filipov
Analysis of Disc's Models and Active States Indications of Accreting Compact Binary Stars. 52

Красимира Янкова
Развитие на механизъма на адвекция в ОТО. 58

Красимира Янкова
Development on the Boundary in the System Disk-Corona, Evolution on the System. 62

Игорь Шибаев
Реконструкция минимума Дальтона по 150-летней гармонике и характеристикам циклов достоверного ряда чисел Вольфа. 68

Александр Шибаев
Сравнение характеристик солнечных циклов новой и старой версий ряда чисел Вольфа и динамика длиннопериодных компонент рядов. 73

Veneta Guineva, Irina Despirak, Boris Kozelov, Rolf Werner
Study of the Substorms Observed over Apatity in 2015/2016 Season. 77

Peter Tonev
Electrostatic Response of Atmospheric Regions by Fair-Weather Conditions to Distant Cloud-to-Ground Lightning Discharges. 83

Велко Велков
Разширяването на Вселената – реалност или илюзия. 87

Велко Велков
Относно регистрирането на гравитационни вълни. 90

Елисавета Александрова, Анушка Станчева, Александър Латев, Максим Заяков
Българското участие и резултати от Радиоасамблеята (RA-15) и световната радиоконференция (WRC-15). 94

Session 2
Aerospace Technologies and Biotechnologies

Михаил Владов, Георги Сотиров, Дмитрий Добров
Энергетический расчет и определение требований к фильтру датчика солнечной ориентации. 103

Димитър Йорданов
Проектиране и изследване на система "Безпилотен самолет – автопилот". 108

Димитър Йорданов, Стефан Гецов
Изследване ролята на системата за управление за безопасността на полетите. 114

Зоя Хубенова, Константин Методиев
Обучение и оценка на оператори на безпилотни летателни апарати с тренажор Simlat. 120

Пламен Трендафилов
Относно работата на системите за близка радиолокация, използващи непрекъснат честотно модулиран сондиращ сигнал. 127

Христо Христов
Алгоритъм за определяне на персоналните анатомични коефициенти в система за непрекъснато следене на състолното и диастолно налягане по метода на Pulse transit time. 131

Константин Методиев
Изследване на движението на автомат – наклонител система „Hiller–Bell" в среда Autodesk Inventor. 136

Христофор Скандалиев, Калин Крумов, Нели Сивева, Томислав Скандалиев
Експериментални изследователски ракети „Био". 142

Session 3
Remote Sensing and Geoinformation Systems

Любка Пашова, Божидар Сребров
Определяне границата на Мохоровичич за територията на България по спътникови гравиметрични данни. 151

Румяна Кънчева
Погрешности в българската употреба на термини от областта на дистанционните изследвания. 157

Александър Гиков
Изследване на многогодишната динамика на ландшафтите в Северозападна Рила планина с дистанционни методи. 165

Иван Янев
Методи за определяне на температурата на земната повърхност от топлинни инфрачервени спътникови изображения. 177

Мая Григорова
Дистанционни методи в търсенето и проучването на нефт и газ. 187

Венцеслав Димитров
Осигуряване и контрол на качеството на данни за земното покритие, получени от спътникови изображения. 192

Мария Димитрова, Деян Гочев, Пламен Тренчев
Сравнение на отражателните характеристики на основни обекти, получени по данни от спектрометрите TM, ETM+ и OLI и по Sentinel 2. 199

Мария Димитрова, Пламен Тренчев, Деян Гочев
Сравнение на NDVI и NDWI индексите на широколистна гора за периода 1984-2016 г., получени по данни от спектрометрите TM, ETM+ и OLI. 209

Мария Димитрова, Пламен Тренчев, Деян Гочев
Отражателни характеристики, NDVI и NDWI индекси на иглолистна гора и променяща се тревна растителност по данни от TM, ETM+ и OLI. 217

Мария Димитрова, Деян Гочев, Пламен Тренчев
Сезонно изменение на отражателните характеристики, NDVI и NDWI индексите на широколистна, иглолистна гора и тревна растителност по данни от TM и OLI. 224

Веселин Ташев, Ролф Вернер, Ангел Манев, Мариана Горанова
Измерване на слънчевата енергия попадаща на Земята за различни периоди от време с помощта на метеостанция Vantage Pro2 Plus. 231

Веселин Ташев, Ролф Вернер, Ангел Манев, Мариана Горанова, Ана Шишкова
Измерване и обработка на дългосрочни данни за температурата на атмосферата в район Стара Загора. 240

Иван Димитров
Перспективни археологически обекти край Никулицел. 247

Valentin Atanassov, Denitsa Borisova, Hristo Lukarski
Multitasking Applications of Hyperspectral Imagers. 253

Златомир Димитров
Потенциал на радарните поляриметрия и интерферометрия в изследване на горски територии. 259

Session 4
Ecology and Risk Management

Boyko Ranguelov, Edelvays Spassov
The “Paradox” Earthquakes – Possible Explanations. 271

Бойко Рангелов, Емил Ойнаков
Дълбочинни неоднородности в района на сеизмоактивната Калабрийска арка, установени по метода на микросеизмичния шум. 285

Димитър Димитров, Емил Ботев
Приложение на космически технологии за изследване и мониторинг на сеизмогенни зони. . . .291

Илия Трифонов
Статистическо прецизиране на глобални климатични модели и прогнозиране на температурата на въздуха в района на българското Черноморско крайбрежие. 297

Ekaterina Serafimova, Vilma Petkova
Global Problems with Deforestation. Evaluation of Sustainable Forest Management in Bulgaria. . . .301

Иван Димитров
Пожари в близост до обекти от критичната инфраструктура. 308

Наталия Станкова, Румен Недков, Ива Иванова
Изследване на последствията и състоянието на горски екосистеми след пожар чрез използване на дистанционни аерокосмически методи и данни. 314

Геннадий Маклаков
Перспективи за използване на ГРВ-биоелектрографията в аерокосмическите изследвания. . .321

Геннадий Маклаков
Възможности за използване на ГРВ-технологията за мониторинг на околната среда. 327

Ралица Берберова, Рангел Гюров, Биляна Костова
Интерпретация на статистически данни за наводнения и свлачища в България. 335

Антон Сотиров, Христофор Скандалиев, Томислав Скандалиев, Нели Сивева
Влияние на сметищата върху екосистемата на река Бистрица, Кюстендилско. 340

Stojan Velkoski, Marina Malish, Vesna Mirjanoska, Jane Velkoski,
Mihail Velkoski, Aleksandar Mirjanoski
Degradation of the Cultural Heritage in Republic of Macedonia Due to Inadequate Protection. 344

Stojan Velkoski, Jane Velkoski, Mihail Velkoski
Cosmopathology and the Occurrence of Cancer. 351

Mirjana Despotovic Jovanovska, Jane Velkoski
Use of Minerals in the Environment and Their Role in Healthcare. 357

Valeria Stoyanova, Radost Pascova, Annie Shoumkova, Adelina Miteva
Atmospheric Pressure Synthesis Route for Utilization of Municipal and Agriculture Wastes
Into a Useful Zeolitic Product. 362

Светла Димитрова
Защо са необходими за широката общественост научните ежедневни прогнози
за геомагнитни бури?. 370

Радина Николова, Вилма Петкова
Органични молекули в Космоса. 376

Session 5
Space Material Science and Nanotechnology

Zdravka Karaguiozova, Adelina Miteva, Aleksander Ciski, Grzegorz Cieślak
Magnesium Application in Aerospace Industry. 385

Zdravka Karaguiozova
Hydrogen Peroxide/Sulphuric Acid Etching Solution. 391

Аделина Митева
Сравнение на отместванията на Щарк на електронните състояния в някои единични
правоъгълни и неправоъгълни (параболични и линейни) квантови ями: пресмятания
с метода на силната връзка. 397

Анна Бузекова-Пенкова, Юлиян Караджов, Яна Евстатиева,
Диляна Николова, Валентин Савов
Изследване на микробната обсемененост на проби изложени за 30 месеца
в открития Космос. 404

Мила Илиева-Обретенова
Върху някои аспекти на наноинформатиката. Основни изисквания. 410

Plenary Session

БЪЛГАРСКИТЕ КОСМИЧЕСКИ ИЗСЛЕДВАНИЯ В КОНТЕКСТА НА ЧЛЕНСТВОТО НА БЪЛГАРИЯ В ЕВРОПЕЙСКАТА КОСМИЧЕСКА АГЕНЦИЯ

Петър Гецов

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

***Резюме*:** *В доклада са разгледани накратко основните текущи проекти на Института за космически изследвания и технологии (ИКИТ-БАН). Основно внимание е отделено на четирите проекта финансирани от Европейската космическа агенция (ЕКА) по Плана за европейските кооперирващи държави (PECS), някои проекти по договори на Европейския съюз (ЕС), както и от и други международни организации.*

BULGARIAN SPACE RESEARCH IN THE CONTEXT OF BULGARIAN MEMBERSHIP IN EUROPEAN SPACE AGENCY

Petar Getsov

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

Abstract: *The report discussed briefly the major ongoing projects of the Space Research and Technology Institute (SRTI-BAS). Special attention is paid to the four projects funded by the European Space Agency (ESA), Plan for European Cooperating States (PECS), some projects under contracts of the European Union (EU) and other international organizations.*

В съответствие със своята мисия и предмет на дейност Институтът за космически изследвания и технологии при Българска академия на науките (ИКИТ-БАН) (фиг. 1) продължава да допринася за устойчивото развитие на обществото и обогатяване на човешките познания в сферата на научните си приоритети и области на компетентност.



Фиг. 1. Структура на ИКИТ-БАН

Постигнатите резултати от дейността на Института са увеличеният брой подготвени и подадени проекти по обявения конкурс на Европейската космическа агенция (ЕКА), програмите на ЕС - “Хоризонт 2020”, Оперативна програма „Наука и образование за интелегентен растеж” и други програми както и участието в конкурсите на Фонд “Научни изследвания” на МОН и други. През 2016 г. ИКИТ –БАН беше сертифициран от TUV – SUD Германия по изискванията на станадарт ISO 9001:2008 за създаване и прилагане на системата за управление на качеството (фиг. 2).



Фиг. 2

Основни направления на научните изследвания на ИКИТ-БАН

Националната стратегия за развитие на научните изследвания 2020.

И през 2016 г. ИКИТ-БАН продължи дейността по изпълнение на приоритетните области на Националната стратегия за развитие на научните изследвания 2020, свързани със следните приоритетни направления:

„Информационните и комуникационните технологии”. Реализирани са научноизследователски задачи в областта на разработване, развитие и трансфер на технологии за дистанционно наблюдение на Земята, геоинформационни системи и наземни методи за изследване на природната среда, туризма и културно-историческото наследство.

„Здраве и качество на живота, биотехнологии и екологично чисти храни”. Разработват се адаптивна система за контрол на вегетационната среда и технологии за отглеждане на растения в Космическа оранжерия „Свет-3”.

Нови материали и технологии за получаване на композити чрез взривно пресоване на метални прахове и изследване на механизмите на фазовите преходи на въглеродосъдържащи съединения при импулсно натоварване също са приоритет на ИКИТ-БАН. Успехите в тази изследователска дейност са предпоставка за участието ни в проекти и договори от Европейските програми и с Русия.

Авангардни технологии от конверсията на аерокосмическата техника са обект на договори с български фирми и предприятия. През 2016 г. влезе в сила споразумението за европейска кооперираща държава между правителството на Република България и Европейската космическа агенция (ЕКА). През второто полугодие на отчетния период в ИКИТ започна изпълнението на одобрените четири конкурсни проекти. Те са финансирани от Правителството на Република България по договори, сключени между Института и Европейската космическа агенция в рамките на Плана за европейските кооперащи държави (PECS).

Общият брой на **текущите проекти** на ИКИТ-БАН е 129. Те са разпределени както следва:.

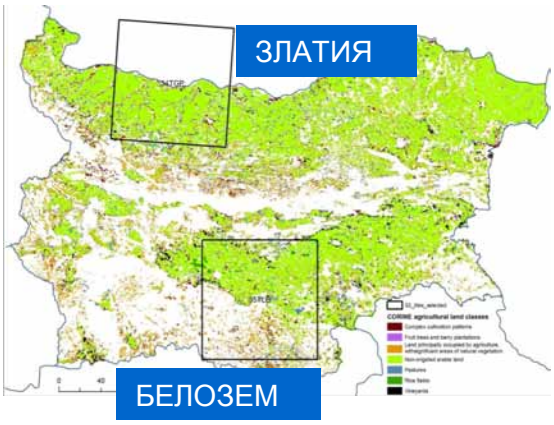
- финансирани от ЕКА - 4 бр.;
- финансирани по договори и програми на ЕС и други международни организации - 15 бр.;
- финансирани от бюджета на БАН - 30 бр.;
- финансирани от Фонд “Научни изследвания - 23 бр.;

- финансирани от министерства, държавни организации и частни компании от страната - 12 бр.;
- финансирани по междуакадемичен обмен и рамкови програми - 33 бр.;
- договори от външно финансиране, вкл. държавни и частни компании от страната и чужбина - 20 бр.

Проектът **„Тестване на вегетационни индекси от Sentinel-2 за оценка на състоянието на зимни култури в България (TS2AgroBg)”** е финансиран от Правителството на Република България по договор (4000117474/16/NL/NDe) с Европейската космическа агенция в рамките на Плана за европейските кооперирващи държави (PECS). Партньори на ИКИТ-БАН са Институтът по почвознание, агротехнологии и защита на растенията „Никола Пушкаров” и Фламандския институт за технологични изследвания (VITO) – Белгия (фиг. 3). Продължителността на проекта е 2 години.

Фиг. 3

Тестови райони по проект TS2AgroBG са “Златия” и “Белозем” (фиг. 4).



Фиг. 4

Основни цели на проект TS2AgroBG са:

1. Изработване на методика за съставяне на оценъчни карти на състоянието на посеви от зимна пшеница чрез данни от спътниците Sentinel-2 (фиг. 5а).
2. Картографиране на земеделските култури на национално ниво чрез данни от спътника PROBA-V (фиг. 5б).

А)  Б) 

Фиг. 5: А) Sentinel-2, Б) PROBA-V

Проектът **"Образование по наблюдение на Земята за българските средни училища (EEOBSS)“** (фиг. 6) се изпълнява съвместно с учени от Marine Physics Group, Institute of Physics (IoP), “Carl Von Ossietzky” Universität

Oldenburg (UOL) – гр. Олденбург, Германия и Information Technologies Institute (ITI), Centre for Research and Technology Hellas (CERTH) – гр. Солун, Гърция.

Проектът е финансиран от Правителството на Република България по договор (4000117592/16/NL/NDe) с Европейската космическа агенция в рамките на Плана за европейските кооперирващи държави (PECS). Продължителността на договора е 24 месеца (07.2016-07.2018).

Изпълнители са: Секция „Дистанционни изследвания и ГИС“, ИКИТ-БАН – главен изпълнител; Information Technologies Institute (ITI), Centre for Research and Technology Hellas (CERTH) – (Гърция) - подизпълнител; Marine Physics Group, Institute of Physics (IoP), “Carl Von Ossietzky” Universität Oldenburg (UOL) – (Германия) - подизпълнител (фиг. 6).

Фиг. 6

Уебсайт на проекта: (www.eeobss.space) с MOODLE eeobss; https://www.facebook.com/eeobss/

Цели на проекта:

1) Разработване и публикуване на лекционни материали по наблюдение на земята за българските средни училища (онлайн в MOODLE и офлайн – учебно помагало);

2) Демонстрационни и комуникационни дейности: обучение по наблюдение на земята (лятно училище, уъркшоп, ден на отворени врати) (фиг. 7)



Фиг. 7

Проектът **EMOWAF (PECS ESA)** има за цели (фиг. 8):

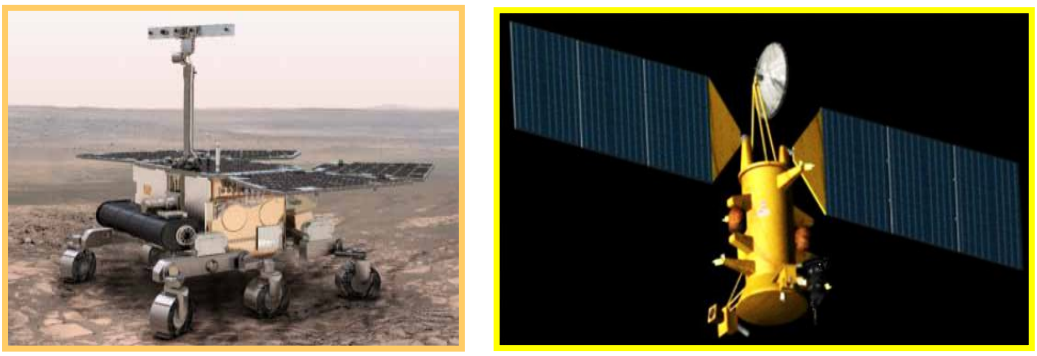
- Да се създадат услуги базирани на аерокосмическо наблюдение, които да подпомагат българските власти отговорни за мониторинга на водите в езерата и да прилагат Рамкова директива за водите на ЕС.
- Да се разработят нови услуги за уеб базирана геоинформационна система, която да подпомогне прилагането на програмата Коперникус (България).



Фиг. 8

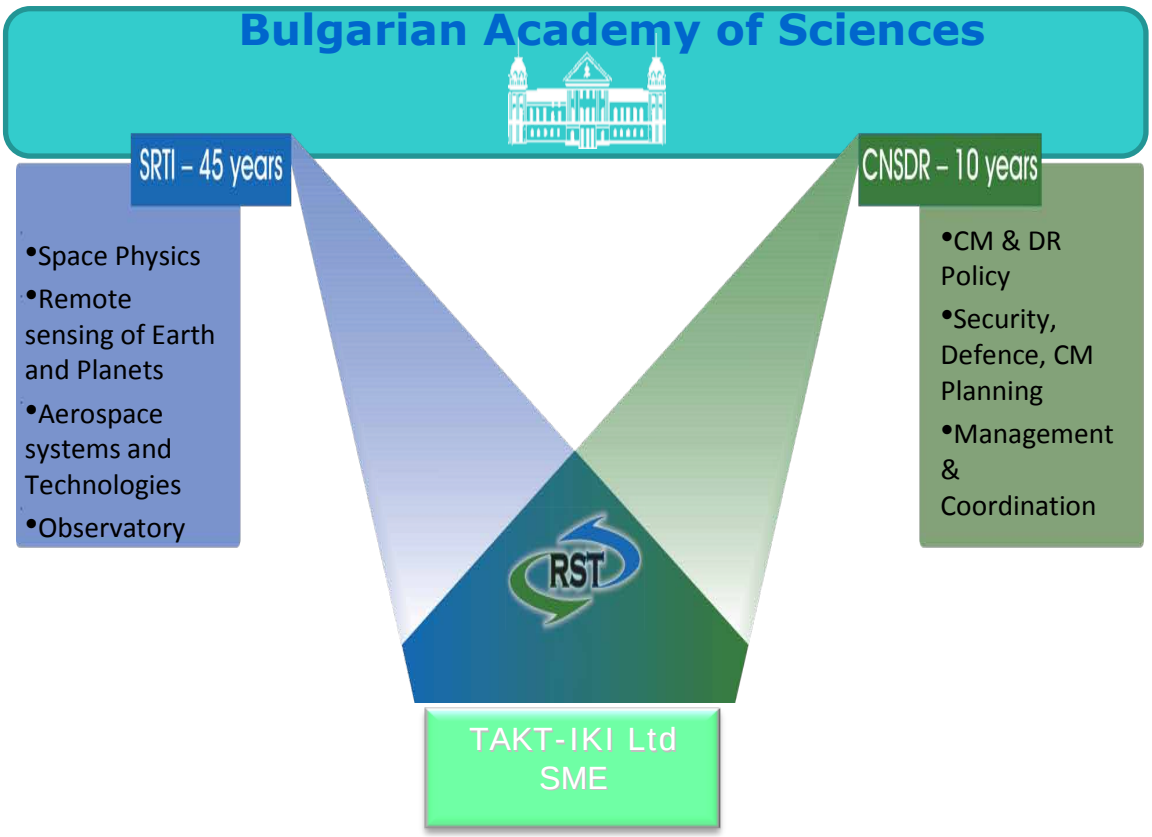
Проект “**Дозиметрични научни прибори за ExoMars TGO и Повърхностната платформа. Обединена уеб-базирана база данни с информация от приборите Люлин за космическата радиация“**
Договор с ЕКА “DOSIMETRY е с продължителност от 01.07.2016 до 31.12.2018. Основните цели на проекта са:

- Разработване, производство и тестване в съответните среди на геометричната маса, термичния еквивалент, инженеринг, квалификация и самолетни модели на дозиметъра (Люлин-ML) на Неутронен спектрометър и дозиметър (ADRON-EM) инструмент на ExoMars 2018 повърхност платформа науката полезен товар.
- Летателната експлоатация и обработка на данните на дозиметъра Люлин-МО на инструмента FRAND на ExoMars 2016 TGO.
- Разработване на единна унифицирана уеб-базирана база данни с данните от “Люлин”.



Фиг. 9

Проектът **Офис за технологичен трансфер** е създаден по Оперативна програма „Развитие на конкурентоспособността на българската икономика”



Фиг. 10

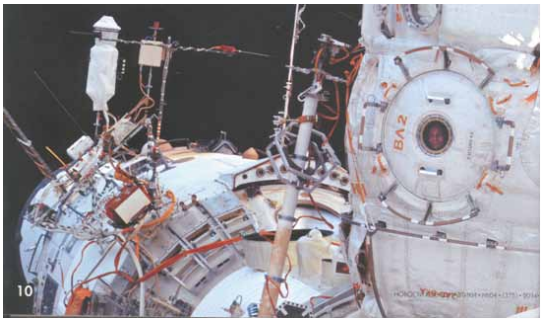


Фиг. 11

Експерименти на борда на Международната космическа станция (МКС)

След повече от двадесет и седем месечен престой в открития Космос, на борда на Технологичния модул към руския сегмент на МКС, в края на 2015 г. бе върнат на Земята блок ДП-ПМ с образци от материали, изработени по оригинални технологии от учени от ИКИТ-БАН. Това е първият български технологичен експеримент в открития космос, реализиран в рамките на международният космическия проект „ОБСТАНОВКА", в който Институтът участва и с блок ДП-ПМ. Целта на експеримента е изследване влиянието на открития космос, характеризиращ се с резки температурни промени (от -120 до +150 С), интензивно радиационно облъчване, бомбандиране с микрометорити, висок° вакуум и др., върху качествата на нови материали, след продължителен престой в такива условия.





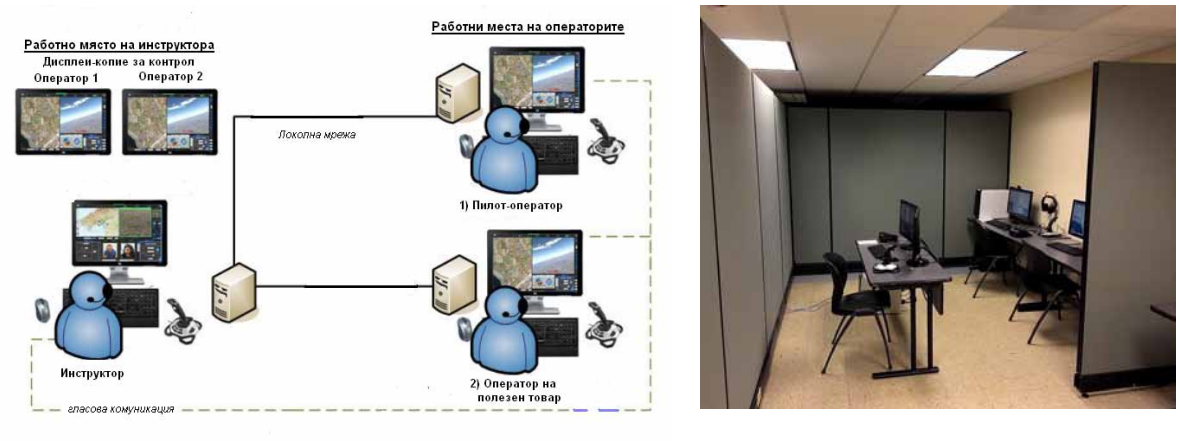
Фиг. 12

В ИКИТ-БАН е създадена **Лаборатория за обработка на сателитни изображения.** Използва се софтуер за обработка на изображения *ArcGIS 10.x, ERDAS Imagine 9.x, PCI Geomatica 11.x, PIX4D.*



Фиг. 13

Институтът разполага с **Тренажор за обучение на оператори на Безпилотни летателни апарати** на фирмата „Симлат“.



Фиг. 14

За обучение на оператори се използват БЛА: “Maya”, “eBee” и “LHK” (фиг. 15).



Фиг. 15

Инициативата **„Космическо училище“** е насочена към ученици от прогимназиален и гимназиален етап на средните училища. Инициативата е подкрепена от Българското астронавтическо дружество (БАД).



Фиг. 16

Целта е да запознае учениците с новостите и достиженията в областта на аерокосмическите технологии. основните тематики са:

- Космическите полети като наука и индустрия;
- Космическа физика и нейното приложение в помощ на обществото;
- Космически биотехнологии - достижения и приложения;
- Наблюдение и изследване на Земята от Космоса - наука и бизнес;
- Географските информационни системи и ролята им в науката и бизнеса;
- Летателни апарати за изследване от Космоса - пилотируеми и безпилотни.

Литература:

1. Годишен отчет за 2016 г. на ИКИТ-БАН. София, 2017 г., 122 с.
2. Jordanka Semkova, Rositza Koleva, Tsvetan Dachev at all. Bulgarian Participation in ESA-ROSKOSMOS ExoMars Missions. Radiation Characteristics onboard ExoMars TGO during the Cruise to Mars according to Liulin-MO Data. Proceedings SES 2016, Sofia 2017, pp. 16-25.

BULGARIAN PARTICIPATION IN ESA-ROSCOSMOS EXOMARS MISSIONS. RADIATION CHARACTERISTICS ONBOARD EXOMARS TGO DURING THE CRUISE TO MARS ACCORDING TO LIULIN-MO DATA

Jordanka Semkova[1], Rositza Koleva[1], Tsvetan Dachev[1], Yuri Matviichuk[1], Borislav Tomov[1], Krasimir Krastev[1], Stephan Maltchev[1], Plamen Dimitrov[1], Igor Mitrofanov[2], Alexey Malahov[2], Dmitry Golovin[2], Maxim Mokrousov[2], Anton Sanin[2], Maxim Litvak[2], Andrey Kozyrev[2], Vladislav Tretyakov[2], Sergey Nikiforov[2], Andrey Vostrukhin[2], Fedor Fedosov[2], Natalia Grebennikova[2], Lev Zelenyi[2], Victor Benghin[3], Vyacheslav Shurshakov[3]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Space Research Institute, Russian Academy of Sciences
[3]Institute of Biomedical Problems, Russian Academy of Sciences
e-mail: jsemkova@stil.bas.bg

***Key words**: space radiation, space radiation dosimetry, ExoMars, galactic cosmic rays*

***Abstract:** ExoMars is a joint ESA - Rosscosmos programme for investigating Mars (http://exploration.esa.int/mars/46048-programme-overview/). Two missions are foreseen within this programme: one consisting of the Trace Gas Orbiter (TGO), that carries scientific instruments for the detection of trace gases in the Martian atmosphere, and for the location of their source regions, plus an Entry, Descent and landing demonstrator Module (EDM), launched on 14 March 2016; and the other, featuring a rover and a surface platform, with a launch date of 2020. SRTI-BAS participates in both missions with experiments for investigation of the space radiation environment, conducted by dosimeters of Liulin type instruments. The experiment Liulin-MO for measuring the radiation environment onboard the ExoMars 2016 TGO is a part of the Russian Fine Resolution Epithermal Neutron Detector (FREND) onboard TGO. The second envisaged experiment is the Liulin-ML experiment for investigation of the radiation environment on Mars surface. The experiment will be conducted with the Liulin-ML dosemeter as a module of the Russian active detector of neutrons and gamma rays (ADRON-EM) on the surface platform of ExoMars 2020 mission. Presented is the Liulin-MO dosimeter, results from measurements of the dosimetric parameters in the interplanetary space during the cruise of TGO to Mars and first results from dosimetric measurements in high elliptic Mars' orbit.*

БЪЛГАРСКО УЧАСТИЕ В МИСИИТЕ ЕКЗОМАРС НА ЕКА И РОСКОСМОС. РАДИАЦИОННИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА БОРДА НА СПЪТНИКА TGO ПО ПЪТЯ МУ ДО МАРС ПО ДАННИ ОТ ДОЗИМЕТЪРА "ЛЮЛИН-МО"

Йорданка Семкова[1], Росица Колева[1], Цветан Дачев[1], Юрий Матвийчук[1], Борислав Томов[1], Стефан Малчев[1], Красимир Кръстев[1], Пламен Димитров[1], Игор Митрофанов[2], Алексей Малахов[2], Дмитрий Головин[2], Максим Мокроусов[2], Антон Санин[2], Максим Литвак[2], Андрей Козирев[2], Владислав Третяков[2], Сергей Никифоров[2], Андрей Вострухин[2], Фьодор Федосов[2], Наталия Гребенникова[2], Лев Зеленый[2], Виктор Бенгин[3], Вячеслав Шуршаков[3]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Институт за космически изследвания – РАН
[3]Институт по медико-биологични проблеми – РАН
e-mail: jsemkova@stil.bas.bg

***Ключови думи**: космическа радиационна дозиметрия, ЕкзоМарс, галактични космически лъчи*

***Резюме:** ЕкзоМарс е съвместен проект за изследване на Марс на Европейската и Руската космически агенции (http://exploration.esa.int/mars/46048-programme-overview/). ЕкзоМарс включва две*

космически мисии: 1) една, включваща изпращането на орбитален спътник TGO за изследване на малки атмосферни съставки (метан и др.), които могат да имат биологически или геологически произход и на десантен, и демонстрационен модул към Марс, която беше изстреляна на 14.03.2016г; 2) втора, която ще включва спускаема платформа на повърхността на Марс и марсоход, и която е планирана за изстрелване през 2020г. ИКИТ-БАН участвува и в двете мисии с експерименти за изслезване на радиационните условия в космоса, провеждани с дозиметри от серията "Люлин". Дозиметричният телескоп "Люлин-МО" е един от модулите на руския детектор на неутрони ФРЕНД на борда на спътника TGO. С "Люлин-МО" се провеждат изследвания на радиационните условия на борда на TGO по време на полета му към Марс и в орбита около Марс. Вторият предвиден експеримент е "Люлин-МЛ" за изучаване на радиационните условия на повърхността на Марс. Той ще се провежда с дозиметъра "Люлин-МЛ", един от модулите на руския детектор на неутрони и гама лъчи АДРОН-ЕМ на спускаемата платформа на повърхността на Марс. Представен е дозиметърът "Люлин-МО", рзултати от измерванията му на дозиметричните параметри в междупланетното пространство по време на пътуването на TGO към Марс и първи резултати от измерванията във високо елиптична орбита около Марс .

Introduction

Mars, like each celestial body, is unceasingly bombarded by energetic particles of galactic cosmic rays (GCR) and sporadically - by particles of solar particle events (SPE). These ionising particles modify the escape rates and the chemistry of Mars atmosphere; affect the evolution of the climate. Mars is known to have no strong magnetic field and very thin atmosphere. Particles of GCR penetrate down to the Martian surface, affect the chemistry at ground and can destroy complex organic materials if existing [1] and references therein). Secondary neutrons are produced within an upper most layer about 1 m thick. These neutrons easily leak out to the near-Mars space and contribute into the local radiation environment of Mars. They also bear important information about the abundances and distributions of light elements, especially hydrogen. GCR and SEP events affect the operation of satellites, and the human exploration of the planet.

GCR represent a continuous radiation source and they are the most penetrating among the major types of ionising radiation. The distribution of GCR is believed to be isotropic throughout the interstellar and interplanetary space. The energies of GCR particles can reach 10^{20} eV/nucleon. Most of the deleterious effects with regard to health produced by this radiation are associated with nuclei in the energy range from several hundred MeV/nucleon to a few GeV/nucleon. The flux and spectra of GCR show modulation that anti-correlates with the solar activity. The GCR flux consists [2]) mainly of protons (85% 90%) and helium (about 11%), with about 1% electrons and another 1% heavy ions. The latter are sometimes referred to as **"**HZE" particles, for high charge (Z) and energy (E). These are defined as the bare nuclei of lithium (Z = 3) and all heavier elements, fully stripped of their electrons. The HZE particles play a particularly important role in the space dosimetry [3]) as they are highly penetrating and affect strongly the biological objects and humans in space [4]).

Solar energetic particles (SEP) are randomly distributed events, but they may deliver very high doses over short periods and that is why they could be associated with the lethal equivalent doses. It is now widely agreed that SEPs come from two different sources with different acceleration mechanisms working: the flares themselves release impulsive events while the coronal mass ejection (CME) shocks produce gradual events [5]). High fluxes of charged particles (mostly protons, some helium and heavier ions) with energies up to several GeV and intensity up to 10^4 cm^{-2} s^{-1} sr^{-1} are emitted. The time profile of a typical SEP event starts with a rapid increase in flux, reaching a peak in minutes to hours. Although SEPs are more likely to occur around solar maximum, such events are at present unpredictable with regard to their times of occurrence and it cannot be assumed that SEPs will not occur under solar minimum. The most intense solar proton fluencies observed were those on August 1972 and October 1989. The flare containing the largest peak flux of highly penetrating particles was in February 1956. On this basis the so-called worst-case flare is composed, that is thought to occur once a century, but statistics are extremely poor.

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

The estimation of the radiation effects for a long-duration manned space mission requires three distinct procedures: i) Knowledge and modeling of the particle radiation environment; ii) Calculation of primary and secondary particle transport through shielding materials; and iii) Assessment of the biological effect of the dose

i) ***Direct measurements*** of the radiation environment in the interplanetary space and at celestial bodies other than Earth are quite sparse. The first evaluation of the radiation field at Mars orbit was performed by the experiments on board of Mars Odyssey orbiter [6]) using data of three

different instruments: MARIE, a dedicated energetic charged particle spectrometer; the Gamma Ray Spectrometer GRS and the scintillator component of the High Energy Neutron Detector HEND. The time period analysed data cover the time span from early 2002 through the end of May 2007, encompassing the maximum, the declining of Solar cycle 23 and most of the extraordinarily deep solar minimum. During a quiet period in 2002 the GCR flux was evaluated to be 0.135 cm^{-2} sr^{-1} s^{-1}. Weakening of the interplanetary magnetic field over this period of time led to an observed doubling of the galactic cosmic ray flux. 23 SEP events (with 25 peaks) were recorded during the period, the large majority of events were quite weak. Peak SEP fluxes between 50 and 100 cm^{-2} sr^{-1} s^{-1} were seen only twice (July 2002 and October 2002), and only in the large event of October 2003 was a flux above 1000 cm^{-2} sr^{-1} s^{-1} recorded. According to HEND data [7] the flux of the secondary (epithermal) neutrons from the Mars surface, produced by GCR only, has increased during this time period in about 1.5 times from 0.73 up to 1.1 cm^{-2} s^{-1}.

During the deep solar minimum at the end of 2008 - first half of 2009 - the RADOM dosimeter-spectrometer on the Chandrayaan-1 satellite [8] registered during lunar transfer trajectory (4th to 6th November 2008) an average GCR flux of ~ 3.14 cm^{-2} s^{-1}, producing an average dose rate of ~13 μGy h^{-1} in the silicon detector of the instrument. In a 100 km circular orbit around the Moon the GCR dose rates fall down because of the Moon shielding to about 9.46 μGy h^{-1} and stayed stable around this value. The average flux was 2.45 cm^{-2} s^{-1}.

The CRaTER experiment on board the Lunar Reconnaissance Orbiter spacecraft provided another evaluation of GCR doses in Moon orbit during an adjacent period of the same deep and prolonged minimum between the 23rd and the 24th solar cycles [9]. Using a validated radiation transport models of the instrument for the period from 16 September 2009 through 6 March 2010 they estimated a direct GCR dose in silicon of ~ 320 μGy d^{-1}. The Moon albedo particles complemented the dose rate to 372 μGy d^{-1}. Thanks to the sophisticated instrument model they succeeded to estimate the contribution of the different GCR components: ~43% of the total dose is delivered by protons, 18.5% by alpha particle and ~30% by all other heavier ions. The albedo particles contribute another 8.5% to the total dose rate.

The most recent measurements of the interplanetary radiation environment were performed aboard of NASA Mars Science Laboratory (MSL, Curiosity) during its cruise to Mars by the RAD instrument [10]. For the period from 6 December 2011 to 14 July 2012 – conditions of increasing solar activity - for solar quiet times (without SEPs) they report an average daily dose rate in silicon is 332 ± 23 μGy/day. The fluence rate of GCR was 3.87 ± 0.34 cm^{-2} s^{-1} [11]. The 4 SEP events during this period produced ~ 25 mGy, from 1.2 to 19.5 mGy/event. The integral particle fluxes for penetrating ion species (protons and other) with Z = 1, estimated from RAD during the transit of MSL to Mars from June 11 to July 14, 2012 is 0.225 ± 0.018 cm^{-2} s^{-1} sr^{-1} [12].

RAD on MSL is the only experiment measuring the complex radiation environment on Mars' surface. From 7 August 2012 to 1 June 2013 (solar maximum) the average dose rate (in water) from GCR was 210 μGy/day, the only SEP event delivered a dose of 25 μGy [11].

ii) ***Biological effect of the dose***. Energy deposition by charged particles is dominantly due to ionization energy loss, dE/dx. A commonly used term in radiobiology is Linear Energy Transfer (LET) in water. In practice to account for the varying biological effects of different types of radiation is used the quantity dose equivalent H given in units of Seiverts (Sv). It is estimated by means of the quality factor Q, a strictly function of LET. Both CRaTER and RAD experiments provide the possibility to calculate LET and estimate the dose equivalent. They give well comparable values of H though measured under different conditions.

During the period near the last solar minimum, when GCR intensities were greatest, the dose equivalent rate measured by CRaTER in Moon orbit at the altitudes of the Lunar Reconnaissance Orbiter (~50 km) is estimated to be ~ 2.88 mSv d^{-1} or an annual dose equivalent of ~ 1.05 Sv [9].

The dose equivalent rate measured by MSL/RAD near the maximum of the present solar cycle was estimated to 0.64 ± 0.12 mSv d^{-1} on Mars surface and 1.84 ± 0.30 mSv d^{-1} during cruise [10, 11]. This gives a total mission dose equivalent of ~ 1.01 Sv for a round trip Mars surface mission with 180 days (each way) cruise, and 500 days on the Martian surface for the 2012–2013 weak solar maximum. The larger part of that dose (662 ± 108 mSv), which approaches two-thirds of the career exposure limit recognized at NASA to carry a 3% increased risk of fatal cancer at the upper 95% confidence level would be accumulated during the cruise phase. That dose is also two-thirds of the career exposure limit recognized by the Russian Space Agency, European Space Agency, and Canadian Space Agency. It was noted that only about 5.4% of the contribution to the estimated total dose equivalent from both GCR and SEP events of 466 ± 84 mSv during the 253 days MSL's cruise to Mars was due to SEPs and it was surmised (given the relatively low activity profile of solar cycle 24) that the SEP contribution could have been many times larger had it been measured in a different time frame.

Since 1989 the Liulin type dosemeters-spectrometers have been conducting measurements of the radiation environment characteristics onboard a number of manned and unmanned spacecrafts in low Earth orbits or in the interplanetary space [13]. The total number of the built instruments and conducted experiments is 28. Liulin type instruments have been used onboard Mir Space Station, in many experiments on ISS, Foton M2/M3/M4, Chandrayaan-1, Phobos-Grunt, and BION satellites.

New Liulin type instrumentation is used for radiation investigations during the ExoMars TGO mission. The dosimetry experiment Liulin-MO is a part of the Russian Fine Resolution Epithermal Neutron Detector (FREND) onboard the TGO. Main goal of FREND is to map neutron fluxes coming from Mars, which are good indicator of hydrogen abundance in the shallow layer (up to 1 m deep) in the regolith (https://np.cosmos.ru/en-us/instruments/frend). FREND contains four ^{3}He counters for neutrons with energies from 0.4 keV to 500 keV, one stilbene-based scintilator for high energy neutrons (up to 10 MeV) and the dosimetry module Liulin-MO. Liulin-MO has been developed in SRTI-Bulgaria with participation of IMBP-RAS and IKI-RAS.

Liulin-MO scientific objectives

The main goal of the Liulin-MO dosemetric experiments is investigation of the radiation conditions in the heliosphere at distances from 1 to 1.5 AU from the Sun.

The primary science objectives of the Liulin-MO investigation are:

- To measure dose and determine dose equivalent rates for human explorers during the interplanetary cruise and in Mars orbit.
- Measurement of the fluxes of GCRs, SEPs, secondary charged particles and gamma rays during the cruise and in Mars orbit.
- Together with other detectors of FREND instrument to provide data for verification and benchmarking of the radiation environment models and assessment of the radiation risk to the crewmembers of future exploratory flights. ExoMars TGO mission represents the unique opportunity to conduct measurements of the radiation characteristics during the declining phase of the 24th Solar Cycle.More detailed science objectives are to provide during the cruise and on Mars orbit:
- Continuous measurements of the energy deposition spectra, dose rate and particle flux. Investigation of their changes over time (e.g., over the course of the solar activity cycle). Estimation of the absorbed dose D.Measurements of dE/dx (energy loss per path length) spectra in silicon that can be related to the Linear Energy Transfer (LET) spectra in water and then calculation of the radiation quality factor *Q* according to the *Q(LET)* relationship given in ICRP – 60 [14]. Estimation of the dose equivalent *H* as $H = D \bullet Q$.
- Measurements of GCR flux and dose rate in dependence on the heliocentric distance.
- Investigation of the dependence of the GCR radiation parameters in Mars orbit on the distance to Mars.
- Simultaneous registration of SEP events together with other space instruments providing radiation data, including HEND instrument on Mars Odyssey and DAN on Curiosity.
- Assessment of both the charged particle and the neutron fluxes and dose rates during periods of quiet Sun and during SEP events combining data from the dosimeter and the neutron detectors of FREND. Liulin-MO has no capabilities to measure the contributions to dose and dose equivalent from neutral particles, but the neutron detectors of FREND may provide these data [15].
- An additional goal of the Liulin-MO experiment is to increase the accuracy of the neutron measurements by providing information about radiation fluctuations from charged particles that can have an impact on the signals from the neutron detectors of the FREND instrument.
- Comparison of orbital and ground data as measured by the FREND's dosimeter on TGO and the dosimeter Liulin-ML of ADRON instrument on the ExoMars 2020 Surface Platform.

Liulin-MO relies on previous and recent flight heritage of Liulin type dosimetric instruments. It is a further development of the Liulin-5 and Liulin-Phobos dosimetric telescopes already flown in space [16, 17].

Description of Liulin-MO

The dosimeter Liulin-MO contains two dosimetric telescopes - A&B, and C&D arranged at two perpendicular directions. Each pair of dosimetric telescopes consists of two 300 μm thick, 20x10 mm area rectangular Si PIN photodiodes. The distance between the parallel Si PIN photodiodes is 20.8 mm. A schematic view of the location of the detectors is presented in Fig. 1, the block diagram of the instrument is shown in Fig 2. The geometry factor of the telescope for isotropic radiation is ~ 1,38 cm^{2}sr. The geometry factor of a single detector is ~ 12,56 cm^2 sr. The external view of FREND with its dosimeter Liulin-MO is shown in Fig. 3.

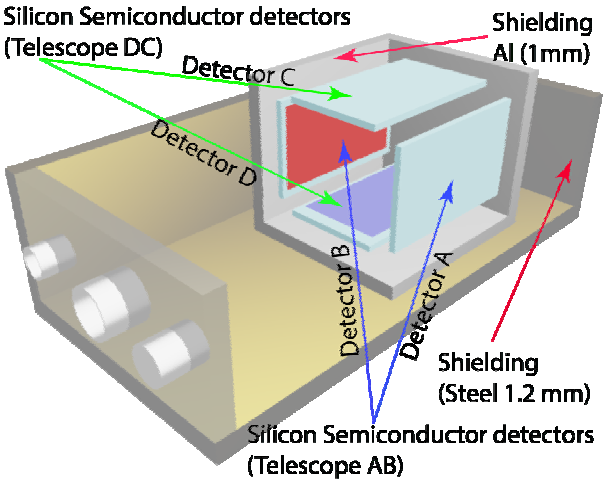


Fig. 1. A schematic view of the location of Liulin-MO detectors

The primary measured parameters are the amplitudes of voltage pulses at the outputs of charge-sensitive preamplifiers - shaping amplifiers CSA1 to CSA4, connected to the detectors. The amplitude of a voltage pulse is proportional to the energy deposited in the corresponding detector by a charged particle or a photon crossing the detector, and to the respective dose. These amplitudes are digitized with an 8-bit ADC and organized in a deposited 256 channel's energy deposition spectrum for each of the detectors. The energy deposition spectrum in a single detector A (or B) is obtained by summing the energy deposition spectrum measured by B - CSA2 in the range ~ 0.08 ÷ 15.9 MeV with the energy deposition spectrum measured by A - CSA1 in the range ~ 16 ÷ 190 MeV. The same procedure is used to obtain the energy deposition spectrum in single detectors C and D. In that way each pair of two parallel detectors and their corresponding CSAs provide data in the energy deposition range ~ 0.08 ÷ 190 MeV. The energy deposition spectra measured in A and B (C and D) detectors in coincidence mode are recorded separately and used to obtain the linear energy transfer (LET) spectrum in the direction of A - B (C - D). The LET is used for calculation of the radiation quality factor Q, according to the Q(LET) relationship given in ICRP – 60. Totally 9 energy deposition spectra in anti-coincidence and coincidence modes are measured and provided in Liulin-MO output data.

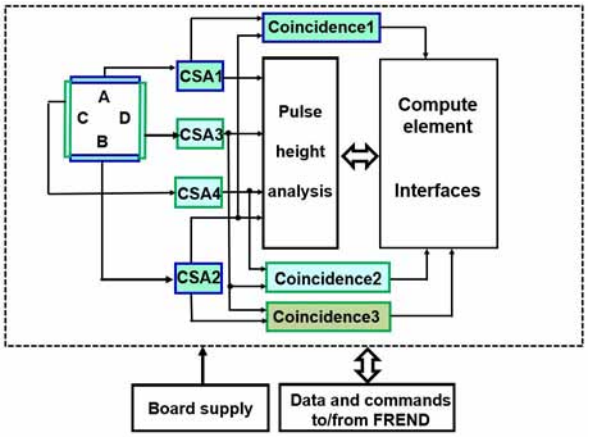


Fig. 2. Block diagram of Liulin-MO dosimetry module

The parameters, provided by Liulin-MO simultaneously for two perpendicular directions have the following ranges: absorbed dose rate in the range 10^{-7} Gy h^{-1} ÷ 0.1 Gy h^{-1}; particle flux in the range 0 ÷ 10^{4} cm^{-2} s^{-1}; energy deposition spectrum and coincidence energy deposition spectrum in the range 0.08 ÷ 190 MeV. The large dynamic ranges of the flux and the dose rate measurements allows Liulin-MO to measure the fluxes and dose rates both of the relatively low–intensity GCR and the occasional high–intensity powerful SEP events. The dynamic range of the energy deposition spectrum allows assessment of the contribution to the absorbed dose, LET, and dose equivalent of the gamma rays, electrons, protons and heavy ions of GCR, including the

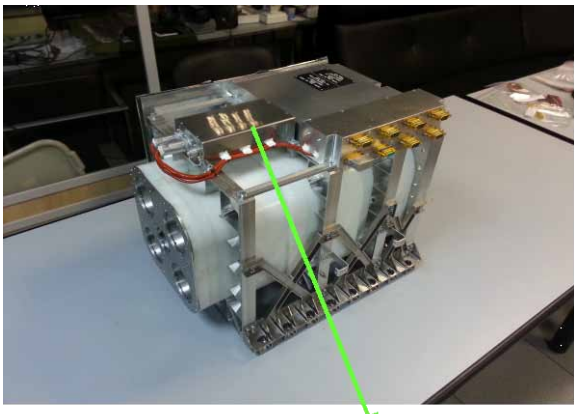


Fig. 3. FREND instrument. The arrow shows Liulin-MO module. *Credit: ESA/Roscosmos/FREND/IKI*.

most dangerous iron ions.The dose rates and the fluxes are resolved every minute, while the energy deposition spectra and the LET spectra are resolved every hour.

The dosimeter receives power directly from TGO, but sends all acquired data to FREND. The data transferred to FREND is 2 Mbits/day. FREND then retransmits it together with its own scientific data.

The entire package Liulin-MO has a mass of 0.7 kg and consumes 2.2 W.

More detailed description of Liulin-MO dosimeter can be found in [18].

Liulin-MO data during the TGO cruise and discussion

FREND and its dosimeter Liulin-MO were turned on for the first time on 06.04.2016 during initial check of the science instruments onboard TGO. All modules of FREND performed nominally.

From 22.04.2016 to 18.07.2016 one of the ^{3}He and the scintillate detectors of FREND, as well as Liulin-MO were turned on almost continuously. From 19.07.2016 to 11.08.2016 during Deep Space Maneuvers of TGO all FREND modules were turned off. From 11.08.2016 to 15.09.2016 Liulin-MO was turned on periodically. During the TGO cruise the dosimeter has measured the dosimetric parameters of GCR. No SPE were registered.

On 15.09.2016 FREND was turned off for the period during the operations for Mars orbit insertion and EDM release. TGO was inserted into Mars orbit on 19.10.2016. FREND, including Liulin-MO, were turned on again on 31.10.2016 already in Mars high elliptic orbit.

In Fig. 4 the fluxes and dose rates recorded in the perpendicular detectors B(A) and D(C) of Liulin-MO from 22.04 to 18.07.2016 during the interplanetary cruise are shown. A good correlation between the flux and dose rate data is observed. The average dose rate in B(A) is 15.45 μGy h^{-1}, in D(C) it is 16.23 μGy h^{-1}. The average flux is 3.12 cm^{-2} s^{-1} in B(A) and 3.29 cm^{-2} s^{-1} in D(C). The linear approximations of the dose rates are also shown. The difference between the corresponding values of

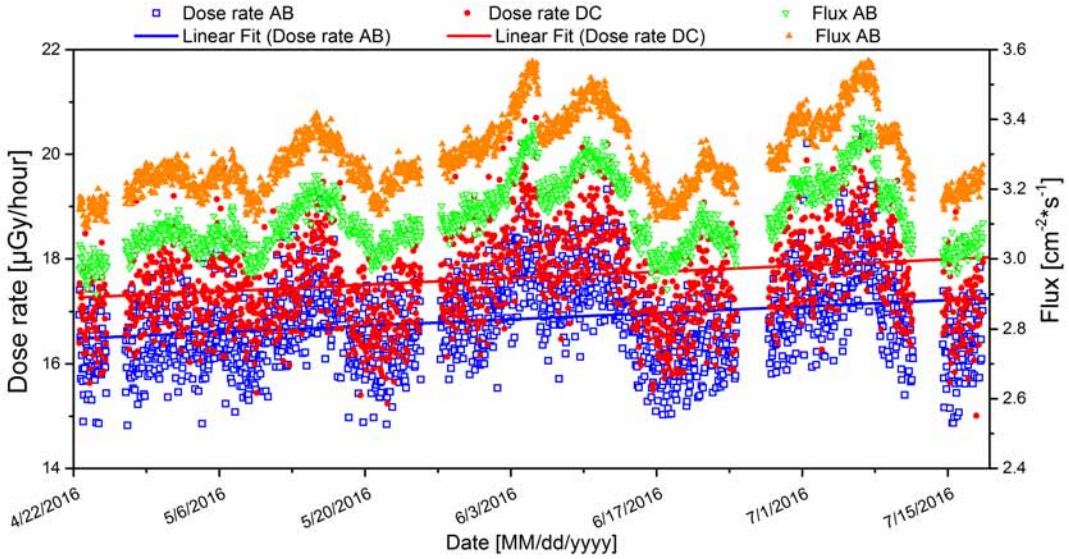


Fig. 4. Particle fluxes and dose rates recorded in the perpendicular detectors B(A) and D(C) of Liulin-MO from 22.04 to 18.07.2016. The straight lines are the linear approximations of the dose rates.

the dose rates and fluxes in B(A) and D(C) is due to the different shielding of the detectors in two perpendicular directions.shows the dose rates recorded in detectors B(A) and D(C) from 22.04 to 18.07.2016 and count rates of the Oulu neutron monitor for the same period (https://cosmicrays.oulu.fi/). A good agreement of the variations in Liulin-MO dose rates with the neutron monitor count rate over the time is observed. The increase of the dose rates and particle fluxes with time correlates with the decreasing of the solar activity in the declining phase of the 24-th solar cycle and the increase of GCR fluxes.

Table 1. Comparison of the dose rates in silicon, measured by RAD and Liulin-MO

RAD (MSL cruise)	**Liulin-MO (TGO cruise)**
GCR dose rate (06.12.2011-14.07.2012)	GCR dose rate (22.04-18.07.2016)
332±23 μGy d^{-1}	372±30 μGy d^{-1} in B(A) 390±31 μGy d^{-1} in D(C)

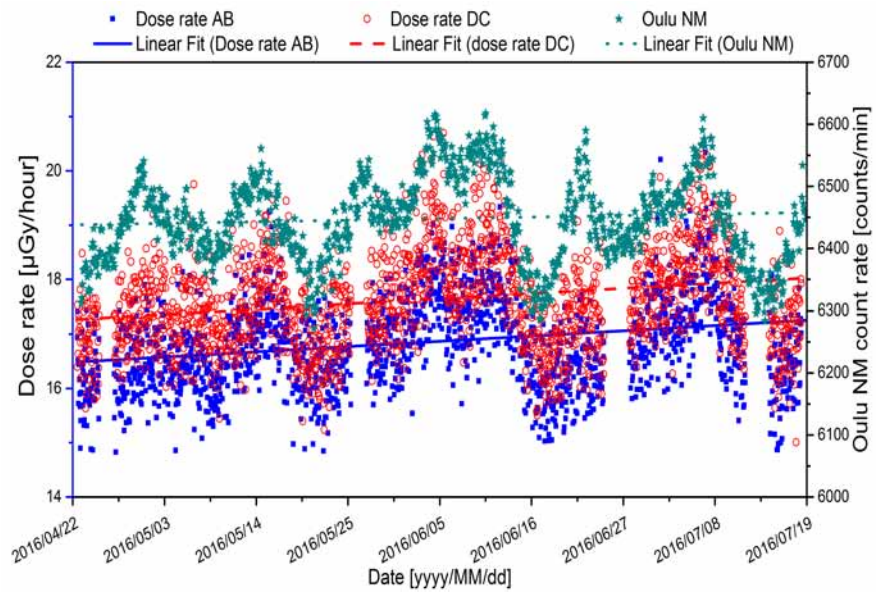


Fig. 5. Dose rates recorded in detectors B(A) and D(C) from 22.04 to 18.07.2016 and count rates of the Oulu neutron monitor for the same period. Shown are also the linear approximations of the measured values.

Table 1 presents a comparison of the dose rates in silicon, measured by RAD instrument onboard Mars Science Laboratory (MSL, Curiosity rover) during the cruise to Mars in 2011-2012 year [10] and by Liulin-MO from 22.04 to 18.07.2016 during the cruise of TGO to Mars. The daily doses measured by the two instruments in the interplanetary space differ by about 10-15%. This is due to the different shielding of the instruments, but also to the increased GCR flux in 2016 compared to the GCR flux in 2012.

The LET spectra and the preliminary results for the radiation quality factors were evaluated, and the dose equivalent rates in the interplanetary space were obtained. Fig. 6. shows the LET spectra in directions B-A and D-C and the comparison with the LET spectra obtained by RAD instrument during In B-A direction Q = 3.97; in D-C direction Q = 4.27 for GCRs, H (BA) = 1.8 ± 0.3 mSv d^{-1}, H (DC) = 2 ±0.3 mSv d^{-1}. RAD estimated H = 1.84 ± 0.30 mSv d^{-1} in the interplanetary space.

Fig. 7 shows the charged particle counts (in arbitrary units) by 4 different instruments located at different location in the heliosphere, taken from 22.04 to 18.07.2016: 1) the Solar Isotope Spectrometer (SIS) protons with energies ≥ 30 MeV on the Advanced Composition Explorer (ACE satellite) located at L1 libration point at about 1.5 million km from Earth (http://www.srl.caltech.edu/ACE/ASC/level2/lvl2DATA_SIS.html); 2) Liulin-MO FREND dosimeter on

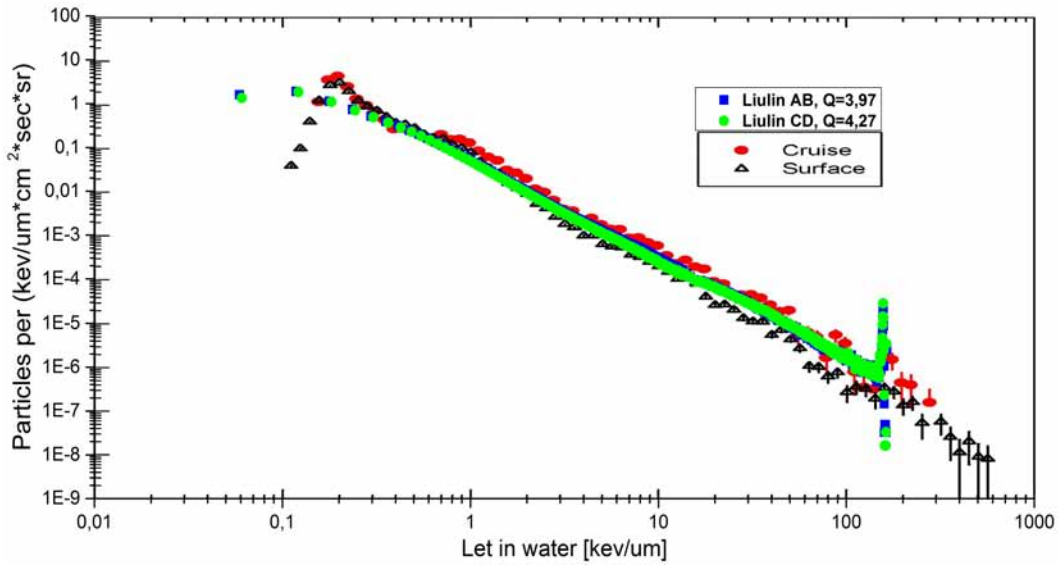


Fig. 6. GCR LET spectrum in the interplanetary space measured from 22.04 to 18.07.2016. Comparison with RAD data for GCR LET spectrum during the transit and on Mars surface.

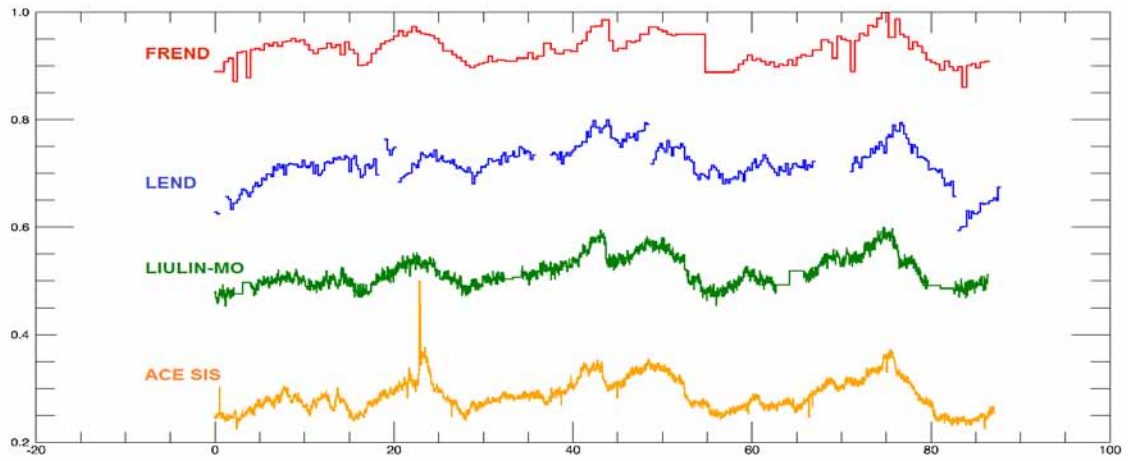


Fig. 7. Charged particle counts (in arbitrary units) by : 1) SIS-ACE protons with energies ≥ 30, 2) Liulin-MO-TGO protons with energies ≥ 30 MeV and other charged particles 3) LEND - LRO GCR on (in blue), 4) FREND -TGO GCR

TGO - electrons with energies ≥ 2.5 MeV, protons with energies ≥ 30 MeV, heavy charged particles; 3) the ^{3}He detector of LEND instrument on Lunar Reconnaissance Orbiter LRO (https://np.cosmos.ru/en-us/instruments/lend) and 4) FREND He1 detector on TGO – particles fitted counts (https://np.cosmos.ru/en-us/instruments/frend). A good agreement of all 4 instruments GCR counts is observed, particularly of SIS and Liulin-MO.

First Liulun-MO data in high elliptic Mars' orbit

On 19.10.2016 TGO was captured in high elliptic Mars' orbit with apocenter about 101 000 km and pericenter about 250 km.

In Fig.8 the particle flux measured by Liulin-MO on 01.11.2016 immediately after switching on

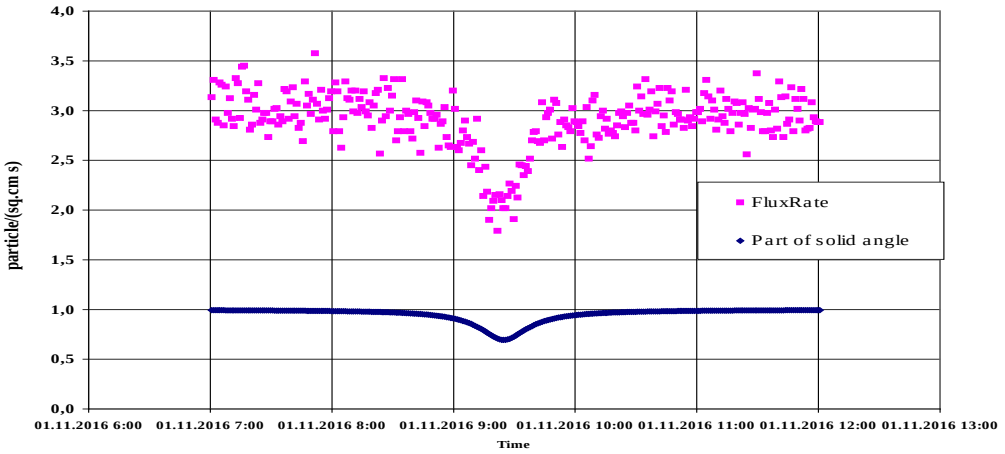


Fig. 8. Top- data for the particle flux rate near the pericenter. Bottom-part of the TGO solid angle not shadowed by Mars.

of all FREND detectors in high elliptic Mars orbit is plotted. The observed decrease of the GCR particle flux is due to the shadowing of Liulin-MO field of view by the planet when TGO is close to or in pericenter. Simultaneously in the same figure the part of the TGO solid angle not shadowed by Mars is plotted. A good correlation between the trend of the measured particle flux and the part of the TGO solid angle not shadowed by Mars is observed.

In Fig. 9. the scheme for calculation of the TGO shadowing by Mars is presented, where Rm is the Mars radii, D is the distance of TGO to Mars, Θ is half of the TGO solid

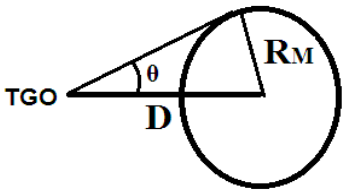


Fig. 9. Scheme for calculation of the TGO shadow by Mars

angle shadowed by Mars. The part η of the angle not shadowed by Mars is calculated as: η =[1 - cos(Θ)]/2 (1).

The effect of the shadowing of the particle flux by Mars is observed from the pericenter to TGO altitudes of 1500-3000 km from the planet.

Conclusion

New dosimetric telescope Liulin-MO for measuring the radiation environment as a module of FREND neutron instrument has been launched onboard the ExoMars 2016 Trace Gas Orbiter satellite.The average measured dose rate in Si from GCR during the transit to Mars for the period 22.04-18.07.2016 is 372 ± 30 mGy d^{-1} and 390 ± 31 mGy d^{-1} in two perpendicular directions. The average flux in the interplanetary space is 3.12 cm^{-2} s^{-1} and 3.29 cm^{-2} s^{-1} in two perpendicular directions.

This is in good agreement with previous radiation dose measurements in the interplanetary space and with current solar activity.

The preliminary data shows dose equivalent rates for the same period 1.8 ± 0.3 mSv d^{-1} and 2 ± 0.3 mSv d^{-1} in two perpendicular directions.

A good agreement between the measurements of GCR count rates taken during the TGO transit by all FREND detectors and measurements taken by other instruments in different locations in the heliosphere is observed.

The first dosimetric measurements in high elliptic Mars' orbit demonstrate strong dependence of the GCR fluxes near the TGO pericenter on the part of the TGO solid angle not shadowed by Mars.

A similar to Liulin-MO module, called Liulin-ML for investigation of the radiation environment on Mars' surface as a part of the active detector of neutrons and gamma rays (ADRON-EM) on the Surface Platform is under preparation for ExoMars 2020 mission.

Acknowledgements

This work is partly supported by: Contracts N 503/2-13 and 63/4-14 between IKI-RAS and SRTI-BAS; Agreement between RAS and BAS on fundamental space research; Contract No. 4000117692/16/NL/NDe Funded by the Government of Bulgaria through an ESA Contract under the PECS (Plan for European Cooperating States).

References:

1. Gronoff, G., R. Norman, C. Mertens. Computation of cosmic ray ionization and dose at Mars. I: A comparison of HZETRN and Planetocosmics for proton and alpha particles. Adv. Space Res. 55, 1799–1805, (2015). DOI: 10.1016/j.asr.2015.01.028
2. Badhwar, G. D., P. M. O'Neill. An improved model of galactic cosmic radiation for space exploration missions. Nucl. Tracks Radiat. Meas., 20, 403–410, (1992). DOI: 10.1016/1359-0189(92)90024-P
3. Benton, E. R., E. V. Benton. Space radiation dosimetry in low-Earth orbit and beyond. Nucl. Instrum. and Methods in Physics Research, B, 184, No 1-2, 255-294 (2001)
4. Cucinotta, F. A., W. Schimmerling, J. W. Wilson, et al. Uncertainties in estimates of the risks of late effects from space radiation. Adv. Space Res,. 34, 1383–1389 (2004).
5. Cliver, E. W., H. V. Cane. Gradual and impulsive Solar energetic particle events. Eos Trans. AGU, 83, 61–68. (2002). DOI: 10.1029/2002EO000084
6. Zeitlin, C., W. Boynton, I. Mitrofanov, et al. Mars Odyssey measurements of galactic cosmic rays and solar particles in Mars orbit, 2002–2008, Space Weather, 8, S00E06, (2010). DOI: 10.1029/2009SW000563.
7. Mitrofanov, I., M. Litvak, V. Tretyakov, et al. Neutron components of radiation environment in the near-Earth and near-Mars space. Planet. Space Sci., 57, 1993-1995, (2009). DOI: 10.1016/j.pss.2009.08.005
8. Dachev, Ts. P., B. T. Tomov, Yu. N. Matviichuk, et al. An overview of RADOM results for Earth and Moon radiation environment on Chandrayyan-1 satellite. Adv. Space Res., 48, 5, 779-791, (2011). DOI: 10.1016/j.asr.2011.05.009
9. Spence, H. E., M. J. Golightly, C. J. Joyce, et al. Relative contributions of galactic cosmic rays and lunar proton "albedo" to dose and dose rates near the Moon. Space Weather, 11, 643–650, (2013). DOI: 10.1002/2013SW000995
10. Zeitlin, C., D. M. Hassler, F. A. Cucinotta, et al. Measurements of energetic particle radiation in transit to Mars on the Mars Science Laboratory. Science 340, 1080, (2013). DOI: 10.1126/science.1235989.
11. Hassler, D. M., C. Zeitlin, R. F. Wimmer-Schweingruber, et al. Mars' surface radiation environment measured with the Mars Science Laboratory's Curiosity rover, Science, 343 (6169), (2014). DOI: 10.1126/Science.1244797

12. Ehresmann, B., D. M. Hassler, C. Zeitlin, et al. Charged particle spectra measured during the transit to Mars with the Mars Science Laboratory Radiation Assessment Detector (MSL/RAD), Life Sci. Space Res., (2016). DOI: 10.1016/j.lssr.2016.07.001

13. Dachev, T. P., J. V. Semkova, B. T. Tomov, et al. Overview of the Liulin type instruments for space radiation measurement and their scientific results, Life Sci. Space Res., 4, 92–114, (2015). DOI: 10.1016/j.lssr.2015.01.005

14. ICRP, Report No. 60, Pergamon Press, Oxford, 1991

15. Tretyakov, V. I., A. S. Kozyrev, M. L. Litvak, et al. Comparison of neutron environment and neutron component of radiation doze for space around Earth and Mars from data of instruments HEND/Mars Odyssey and BTN/ISS, in 40th Lunar and Planetary Science Conference (2009), paper #1292

16. Semkova, J., St. Maltchev, B. Tomov, et al. Charged particle telescope Liulin-Phobos for radiation environment study during upcoming Phobos Sample Return Mission,. Proceedings of the International Conference on Fundamental Space Research, Sunny Beach, Bulgaria, 351 – 354, (2008), ISBN 978-954-322-316-9.

17. Semkova, J., R. Koleva, St. Maltchev, et al. Depth dose measurements with the Liulin-5 experiment inside the spherical phantom of the Matroshka-R project onboard the International Space Station, Adv. Space Res., 49, 471–478, (2012), http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2011.10.005

18. Semkova, J., T. Dachev, St. Maltchev, et al. Radiation environment investigations during Exomars missions to Mars – objectives, experiments and instrumentation, Comptes rendus de l'Academie Bulgare des Sciences, 68, (4), ISSN 1310-1331 (Print), ISSN 2367-5535, http://www.proceedings.bas.bg, (2015).

Session 1

Space Physics

Chairmen: Prof. Tsvetan Dachev
Corr. Member Peter Velinov
Secretaries: Assoc. Prof. Maria Dimitrova
Assoc. Prof. Daniela Boneva

"FOTON-M" №4 SPACECRAFT RADIATION ENVIRONMENT AS OBSERVED BY THE RD3-B3 RADIOMETER-DOSIMETER IN JULY-SEPTEMBER 2014

Tsvetan Dachev[1], Borislav Tomov[1], Yury Matviichuk[1], Plamen Dimitrov[1], Nikolay Bankov[1], Vyacheslav Shurshakov[2], Olga Ivanova[2], Donat-Peter Häder[3], Gerda Horneck[4]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
tdachev@bas.bg, btomov@bas.bg, ymat@bas.bg, pdimitrov1957@abv.bg, ngb43@abv.bg,
[2]Institute of Biomedical problems, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
shurshakov@inbox.ru, olivette@mail.ru
[3]Neue Str. 9, 91096 Möhrendorf, Germany
donat@dphaeder.de
[4]DLR, Institute of Aerospace Medicine, Köln, Germany
gerda.horneck@dlr.de

Keywords: *Space radiation, Space weather, Dosimetry, Spectrometry*

Abstract: *Space radiation was monitored using the РДЗ-Б3 (in the following we use the Latin transcription RD3-B3) spectrometer-dosimeter on board a recent space flight of the Russian recoverable satellite "Foton-M" № 4. The instrument was mounted inside the satellite in a pressurized volume together with biological objects and samples. The RD3-B3 instrument is a battery operated version of the spare model of the R3D-B3 instrument developed and built for the ESA BIOPAN-6 facility on Foton M3 satellite launched on September 2007 [1]. It is a low mass, small dimension automated device that measures solar radiation in four channels and ionizing radiation in 256 channels of a Liulin-type energy deposition spectrometer [2]. The paper summarizes the results for the Earth radiation environment at the altitude of 252–573 km.*

АНАЛИЗ НА РАДИАЦИОННАТА ОБСТАНОВКА НА СПЪТНИКА "ФОТОН-М" №4 ИЗМЕРЕНА С РАДИОМЕТЪРА-ДОЗИМЕТЪРА РДЗ-БЗ ПРЕЗ ЮЛИ-СЕПТЕМВРИ 2014

Цветан Дачев[1], Борислав Томов[1], Юрий Матвийчук[1], Пламен Димитров[1], Николай Банков[1] Вячеслав Шуршаков[2], Олга Иванова[2], Донат Хедар[3], Герда Хорнек[4]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
tdachev@bas.bg, btomov@bas.bg, ymat@bas.bg, pdimitrov1957@abv.bg, ngb43@abv.bg
[2]Институт за медико-биологически науки, Руска академия на науките, Москва, Русия
shurshakov@inbox.ru, olivette@mail.ru
[3]Neue Str. 9, 91096 Möhrendorf, Germany
donat@dphaeder.de
[4]DLR, Институт по авиационна медицина, Кьолн, Германия
gerda.horneck@dlr.de

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

Резюме: *Космическата радиация е наблюдавана с помощта на спектрометъра-дозиметъра РДЗ-БЗ (латинската транскрипция е RD3-B3) на борда на руския спътник "Фотон-М" № 4. Инструментът е монтиран в херметичния отсек на спътника заедно с биологични обекти и проби. Инструментът RD3-B3 е, работеща на батерии версия на резервния модел на инструмента за R3D-B3, разработен и изработен за платформата на ESA BIOPAN-6. Същият е летял на спътника Фотон М3 през м. септември 2007 г. и на спътника „БИОН-М" № 1 през м. септември 2013 г. RD3-B3 е автоматизирано устройство с малка маса и малък размер, което измерва слънчевата радиация в четири канала и йонизиращото лъчение в 256 канала в спектрометър с 1 детектор от типа „Люлин". Статията обобщава резултатите за радиационната обстановка на Земята на височина от 252–573 km.*

1. Introduction

"Foton-M" №4 was a Low Earth Orbit (LEO) satellite that orbited the Earth with a period of 89.9 min, an inclination of 65°, and with an initial altitude above the Earth surface in the range 260–574 km, which because of the drag in the neutral atmosphere slowly degraded to altitude range 252–542 km in the last days of the mission.

This paper analyses the results for the radiation environment inside the "Foton-M" №4 spacecraft generated by different radiation sources, including: Galactic Cosmic Rays (GCRs), Inner Radiation Belt (IRB) trapped protons in the region of the South Atlantic Anomaly (SAA) and Outer Radiation Belt (ORB) relativistic electrons. The satellite was launched on 18 July 2014 at 20:50 UTC from the Cosmodrome of Baikonur (Kazakhstan). On 1 September at 9:18 UTC the landing module of "Foton-M" № 4 spacecraft successfully touched down at the Orenburg region, after 45 days in orbit.

There are three principal sources of primary ionizing radiation inside the "Foton-M" №4 spacecraft: (1) Galactic cosmic rays; (2) Energetic electrons and protons are trapped in the geomagnetic field and make up the Earth's radiation belts and (3) Solar energetic particles are high fluxes of charged particles encountered during rare but intense solar flares and coronal mass ejections. Also there exist secondary radiation produced in the shielding materials of the spacecraft and biological objects. Dose characteristics in "Foton-M" №4 spacecraft also depend on many other variables such as the spacecraft orbit parameters, solar cycle phase and current helio-and geophysical activity.

1.1. Galactic cosmic rays

The dominant radiation component in the "Foton-M" №4 radiation environment consists of GCR modulated by the altitude and geomagnetic coordinates of the spacecraft. GCR are charged particles that originate mostly from our Galaxy, the "Milky way". Being accelerated at high energetic sources such as neutron stars and supernovae, GCR are the most penetrating of the 3 major types of primary ionizing radiation [3]. The fluxes and spectra of GCR particles show modulation that is anti-correlated with solar activity. The distribution of GCRs is believed to be isotropic throughout the interstellar space. The energies of GCR particles range from several tens up to 10^{12} 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 [3]. Up to 1 GeV the flux and spectra of GCR particles are strongly influenced by the solar activity and hence show modulations that are anti-correlated with solar activity.

The biological impact of space radiation to humans depends strongly on the particle's linear energy transfer (LET) and is dominated by high LET radiation. Especially important is the effect of the high energy heavy ion component of GCRs (typically referred to as high Z and energy (HZE) particles). Consequently, HZE particles possess high LET and are highly penetrating in the human body, which provides them with a large potential for radiobiological damage [4-6]. The deep and prolonged minimum of the descent phase of solar cycle 23 produced a high flux level of GCR, including a flux of iron ions nearly 20% higher than that observed in the previous solar minima [7].

The daily average GCR absorbed dose rates measured with the R3DE instrument [8] outside of the ISS at about 360 km altitude vary in the range 77-102 μGy day^{-1} with an average of 91 μGy day^{-1}. The measured daily average "Foton-M" №4 GCR dose rates were higher because of the higher altitude and inclination of the spacecraft.

1.2. Trapped radiation belts

Other components of the incident radiation field at "Foton-M" №4 orbit are the trapped protons and electrons of Earth's radiation belts [9]. The trapped protons of the inner radiation belt (IRB) have energies up to several hundreds of MeV and are located between about 1.1 to 2 Earth radii above the magnetic equator. The trapped protons are encountered by "Foton-M" №4 in the region of the South Atlantic Anomaly (SAA) where IRB comes closer to the Earth's surface due to a displacement of the magnetic dipole axes from the Earth's center.

The value of the daily SAA dose rate inside the Russian segment of the ISS measured with an unshielded detector (No 4) of the DB-8 system in the period March-June 2009 [35]; see slide No 15) is estimated to be about 105 μGy d^{-1}. The daily average SAA absorbed dose rates measured with the R3DE instrument [8] outside of the ISS at about 360 km altitude vary in the range 110–685 μGy day^{-1} with an average of 426 μGy day^{-1}. The maximum hourly SAA absorbed dose rates reached 1500–1600 μGy h^{-1}. It was found [10] that the docking of the 78-ton body of US Space Shuttle with the ISS strongly decreases the SAA doses. This is explained by the additional shielding, that the Space Shuttle provides, against the IRB protons. The measured "Foton-M" №4 IRB daily average dose rates are higher because of the higher altitude of the spacecraft and because the smaller effective

aluminum shielding, which is estimated to be about 5 g cm^{-2}. The shielding of the Russian segment of the ISS is higher (~10 g cm^{-2}).

The outer radiation belt (ORB) starts from about four Earth radii and extends to about nine to ten Earth radii in the direction opposite to the sun. The outer belt mostly consists of electrons whose energy is not larger than ~10 MeV. At high latitudes, respectively high L values [11], where the "Foton-M" №4 spacecraft reached the "horns" of the ORB, the dose rates are enhanced by relativistic electrons trapped in the ORB. Relativistic electron enhancements in the ORB are one of the major manifestations of space weather near Earth's orbit. These enhancements occur mainly after magnetic storms. The electron flux may cause problems for components located outside a spacecraft (e.g., solar cell degradation).

The average daily ORB dose rate measured with the R3DE instrument at less than 0.6 g cm^{-2} shielding [8], outside of the ISS at about 360 km altitude is 8.64 μGy day^{-1}, and ranges between 0.25 and 212 μGy day^{-1}. Rare sporadic fluxes of relativistic electrons were measured with the R3DR2 instrument to deliver absorbed doses as high as 3,000 μGy day^{-1} [12]. The measured "Foton-M" №4 average daily dose rates inside the ORB are lower because of the higher shielding of the RD3-R3 instrument inside the "Foton-M" №4 capsule.

1.3. Solar energetic particles (SEP)

A sporadic radiation component in the "Foton-M" №4 orbit is the SEPs. They consist of protons, electrons, helium ions, and HZE ions with energy ranging from a few tens of keV to GeV and the intensity can reach hundreds of particles per cm^{-2} s^{-1} sr^{-1}. It is now widely agreed that SEPs come from two different sources with different acceleration mechanisms working: solar flares themselves release impulsive short-duration events while the coronal mass ejection (CME) shocks produce gradual events [13]. The most intense long-duration SEP events, also with the highest energies, are produced by CME-driven shocks [14]. Electrons with energies of ~0.5 to 1 MeV arrive at the Earth, usually traveling along interplanetary field lines, within tens of minutes to tens of hours. Protons with energies of 20–80 MeV arrive within a few to ~10 h, although some high energy protons can arrive in as early as 20 min. Lantos (1993) in [15] underlined that SEP events are relatively rare and occur most often during the solar maximum phase of the 11-year solar cycle.

2. Instrumentation

In order to determine and quantify the radiation field outside the Foton M2/M3 satellite a radiation environment spectrometer-dosimeters R3D-B2/B3 was developed through collaboration of the Bulgarian and German teams and integrated into the Biopan-5/6 facilities [1, 16]. Both of them worked successfully during the Foton M2/M3 missions. The RD3-B3 spectrometer-dosimeter used at the "Foton-M" №4 mission is a battery operated version of the spare model of the R3D-B3 instrument developed and built for the ESA Biopan-6 facility on Foton M3 satellite in September 2007 [17, 18].



Fig. 1a. RADIUS-MD instrument external view

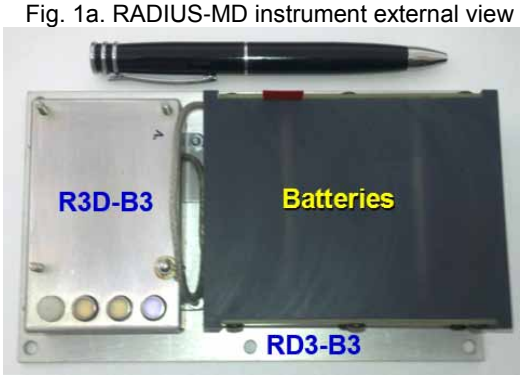


Fig. 1b. External view of R3DE instrument

The scientific objectives of the RD3-B3 spectrometer-dosimeter were in first order connected with the quantification of the global distribution of the radiation field inside the "Foton-M" №4 satellite. Another 22 scientific instruments were also housed inside the satellite related to different scientific disciplines. For many of the experiments on board the knowledge of the space radiation properties is highly important for the interpretation of the data collected during the mission.

The RD3-B3 instrument is a Liulin-type single detector instrument which were successfully flown: 1) In ISS in May-August 1991 [19-22]; 2) Outside ESA Biopan 5/6 facilities on Foton M2/M3 satellites in 2005/2007 [16, 18]; 3) Inside the ESA EXPOSE-E/R/R2 facilities outside ISS in 2008–2010 [8, 12, 23]. Very similar to the "Foton-M" № 4 experiment, using the same RD3-B3 spectrometer-dosimeter, was performed between 18 July and 1 September 2014 in the "BION-M" № 1 spacecraft [24].

Fig. 1a presents the RD3-B3 instrument as situated inside the “Foton-M” №4 capsule, while Fig. 1b gives the external view. On the right side of the Fig 1b the two Lithium-ion battery housing are seen, while on the left side there is the R3D-B3 instrument. The RD3-B3 instrument is a low mass, small dimension automatic device that measures solar radiation in four channels and ionizing radiation in 256 channels of a Liulin-type energy deposition spectrometer. The four solar UV and visible radiation photodiodes are seen as small cylinders on the surface of the R3D-B3 instrument in the right part of Fig. 1b. They were active during the flight of the “Foton-M” №4 satellite but because of the darkness inside the capsule the obtained values were equal to zero. The ionizing radiation detector is situated behind the aluminum wall of the instrument and is not seen on the figure. The aluminum box of R3D-B3 instruments has a size of 53x82x28 mm and 120 g weight.

The cosmic radiation is determined using a semiconductor detector (2 cm^2 area and 0.3 mm thick). After passing through a charge-sensitive preamplifier the signal is digitized (12 bit A/D). A pulse height analysis technique is used to measure the deposited energies (doses) in the detector. Charge pulses generated in the detector are preamplified and then passed to the discriminator. The amplitudes of the pulses are detected and converted into digital signals, which are subsequently sorted into 256 channels according to their amplitudes by a multi-channel analyzer. One energy deposition spectrum is accumulated over 60 s. The highest energy channel stores all pulses with amplitudes higher than the sensitivity range (19.5 mV–5.0 V) of the detector, which response to the energy deposition range (0.081-20.83 MeV). Incoming space radiation sources are characterized using the methods described by Dachev (2009) in [28].

The RD3-R3 instrument is a Liulin-type instrument. These instruments were calibrated in a wide range of radiation fields. First, they were irradiated in gamma and neutron (^{137}Cs, ^{60}Co, AmBe and ^{252}Cf) isotope source radiation fields and at the CERN-EC high energy reference field [25, 26]. The calibrations revealed that except for charged energetic particles, the detector has a high effectiveness for detecting gamma rays. The detectors’ neutron effectiveness depends on the energy of the neutrons. The absolute dosimetric calibrations with a standard ^{137}Cs gamma source give better than 10% accuracy of the dose rate measured by a Liulin spectrometer [26].

Next, the spectrometers were calibrated at the cyclotron at Universite Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgium [26], and by using proton and heavy ion beams from the NIRS Cyclotron facility and the HIMAC heavy ion synchrotron facility at NIRS, Chiba, Japan [27]. All calibration results and also the GEANT-4 and PHITS code simulations revealed very good coincidence between measured and predicted energy depositions spectra and proved the effectiveness of the Liulin spectrometers for the purposes of characterization of the space radiation field [28].

The total external shielding in front of the detector of the RD3-B3 instrument is not well known but very rough estimations give values between 2 and 70 g cm^{-2} aluminum material for different angles of view of the instrument, with a minimal value toward the wall of the capsule (see Figure 1) and maximal value toward the internal instrumentation package of the capsule. The calculated stopping energy of normally incident particles to the detector of the instrument behind 2 g cm^{-2} aluminum material is 3.25 MeV for electrons and 41 MeV for protons [29]. This means that only protons and electrons with energies higher than those mentioned above could reach the detector of the RD3-B3 instrument. The instrument registered bremsstrahlung radiation from the electrons impacting the walls of the “Foton-M” №4 capsule but this source is not possible to be distinguished from the primary electron flux because both sources delivered similar small specific doses.

3. Data analysis and results

3.1. All data presentation

“Foton-M” №4 mission took place in the declining phase of the 24th solar cycle, and the satellite flew during a period characterized by moderate solar activity. One relatively small SEP event were measured by GOES 13 satellite, which maximum occurred about midday on 25 August 2014. No real enhancement in the proton flux with energies above 100 MeV was observed in the GOES-13 data. That is why the R3D-B3 instrument being behind thick shielding was not able to register it.

The geomagnetic field during the “Foton-M” №4 flight was also at a moderate level with a 3 small magnetic storms on 6, 21 and 27 August. The last one is the most powerful and the Dst index reaches of about -90 nT.

The absorbed doses and satellite altitude during the whole space monitoring period in the Silicon detector of the RD3-B3 instrument (18 August to 1 September 2014) are plotted in Fig. 2. The red points against the left side axis in the upper part of the figure correspond to the dose rates in μGy h^{-1}. The satellite altitude variations are presented only with the linear approximation, plotted with blue line against the right side axis and showing the average altitude degrade from about 410 km down to 400 km above the Earth surface at the end of the mission.

The recorded maxima in the upper part of Fig. 2 were obtained during the crossings of the maxima of IRB in the SAA region where the inner radiation belt populated with high-energy protons is encountered. More detailed look on the maximal IRB dose rates shows that they degraded from about 3500 11 μGy h^{-1} down to 2200 μGy h^{-1}.

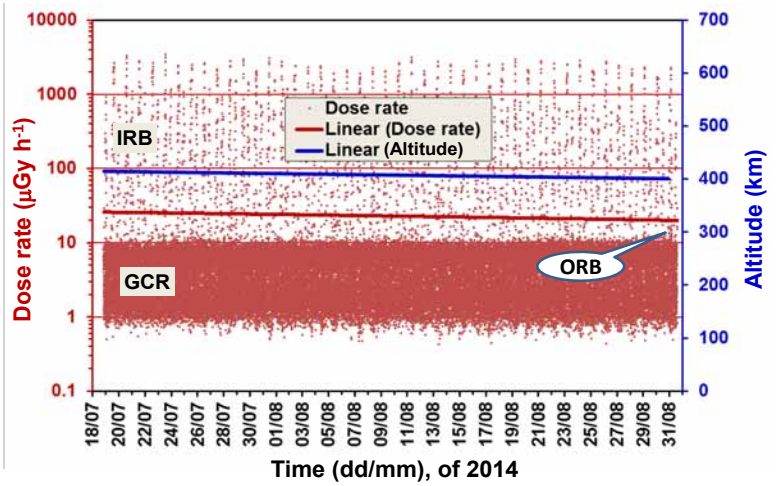


Fig. 2. Absorbed dose rate and altitude variations during the whole in space monitoring period of the RD3-B3 instrument (18 July to 1 September 2014)

The area with dose rates between 0.5 and 10-11 μGy h^{-1} is generated by the variations of GCR values when the satellite crosses the geomagnetic equator (~0.5 μGy h^{-1}) and returns back to high latitudes in the polar regions (~11 μGy h^{-1}). Few small maxima In the lower right angle of the figure up to about 22 μGy h^{-1} is generated after the magnetic storm on 26 August relativistic electrons in the other radiation belt [30].

The total (GCR+IRB+ORB) absorbed dose rates were presented by linear approximation seen with red line in the range 27-20 μGy h^{-1}. The comparison of the slope of linear approximation of the absorbed dose rate with altitude linear approximation slope reveal the conclusion that the dose rate degradation is due to the satellite altitude degradation. Keeping in mind that the GCR dose rates seen in Fig. 2 don't show any altitudinal dependence and that the ORB input in the total dose rate is negligible. The main contribution to the altitudinal effect is from the IRB variations.

3.2. Analysis of the recorded space radiation sources

During the analysis of the data from ISS a selection procedure was established to distinguish between the three expected radiation sources: (i) GCR particles, (ii) protons in the SAA region of the IRB and (iii) relativistic electrons in the ORB [28, 31]; It was shown that the dose to flux ratio or specific dose (SD) can characterize the type of the predominant radiation source in Liulin-type instruments in the near-Earth radiation field. The SAA and ORB data, which have relatively high fluxes, can be split into two parts by the simple relation of the SD. This split is based on the fact that one IRB proton with an energy in the range of few tens to a few hundred MeV can deposit between 6.5 and 1.12 nGy cm^2 $part^{-1}$ in the detector, whereas one outer radiation belt relativistic electron with an energy in the range 1–10 MeV because of the much smaller mass, can only deposit between 0.3 and 0.35 nGy cm^2 $part^{-1}$. GCR protons in equatorial and low latitude regions have very small fluxes of less than 1 particle cm^{-2} s^{-1}, which is why the dose rate to flux ratio (D/F) is not stable and varies in the range from 0.03 to 30 nGy cm^2 $part^{-1}$ (please refer to Figure 5 of Dachev et al., 2012b). This variation makes the SD inapplicable for characterization of the GCR radiation source.

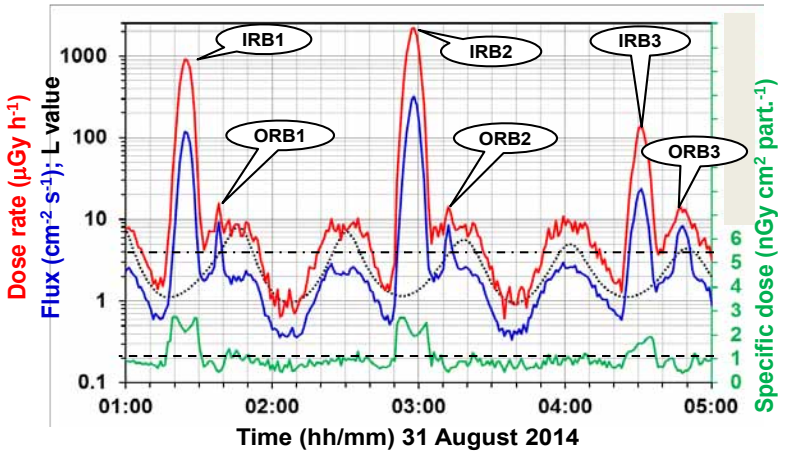


Fig. 3. Presentation of the RD3-R3 data along the orbit of the satellite with higher resolution than on Figure 2

Figure 3 presents, with better resolution than Figure 2, the measured data at 6 UT hours along the orbit of the satellite on 31 August 2014. Dose rate in μGy h^{-1}, flux in cm^{-2} s^{-1} and the McIlwain parameter L (dotted curve) are plotted with different colors against the left Y axes. The calculated SD in nGy cm^2 $part^{-1}$ [28, 31] are plotted with green curve against the right Y axes. The dashed horizontal line at SD=1 nGy cm^2 $part^{-1}$ and the dot-dashed horizontal line at L=4 are plotted also to help with better understanding of the figure.

The observations start at the left side of the figure with part of descending orbit, which first crosses the magnetic equator and then goes through the Eastern part of the SAA region seen as a maxima of the flux and dose rate (IRB1) and -as a maximum of the SD value. Further the satellite reaches higher latitudes in the Southern hemisphere at L value of about 4 which is seen as a maxima of dose rate and flux. In the same place a well seen minimum of the SD value below 1 nGy cm^2 $part^{-1}$ is observed; the SD value confirms that the maximum (ORB1) is populated by energetic electrons. Further the satellite crosses the highest L value of about 8 and returns to the equator. The crossing of northern hemisphere L values about 4 around 02:30 UTC is connected with two small maxima in the dose rate and flux. The lack of well seen minimum in the SD below 1 nGy cm^2 $part^{-1}$ brings controversial information and we are not able to conclude that these are ORB maxima. In the next part of Figure 3 the described sequence of the satellite movements is repeated 1.5 times. Each next crossing of the equator is shifted with 15° to the West that is why the middle maximum seen in the figure crosses close to the central part of the SAA.

More precisely the observed peculiarities of the space radiation can be described as follows:

1) There are three passes across the SAA region, which are seen as large maxima in the dose rates reaching values of 900, 2100 and 150 μGy h^{-1} from left to right. Flux values in these maxima are also high and reach 110, 300 and 24 cm^{-2} s^{-1}. The SD values in all three cases are larger than 1 nGy cm^2 $part^{-1}$.

2) Five maxima corresponding to passes across the high latitude GCR regions in both hemispheres are well seen in the dose rate curve in Fig 3. The flux curve presented with a blue line forms three prominent maxima at L values around 4. The dose rate curve in the L~4 region corresponds to the flux maxima but with smaller amplitudes. These maximums have to be attributed to the crossings of the Southern outer radiation belts regions where relativistic electron fluxes are observed (Zheng et al., 2006; Wrenn, 2009; Dachev et al., 2009 and 2012ab). In the L~4 regions the RD3-R3 instrument registered bremsstrahlung radiation from the energetic electrons impacting the walls of the capsule but this source cannot be distinguished from the primary electron flux because both sources deliver similar small specific doses. The SD values inside the three flux maxima at L~4 are less than 1 nGy cm^2 $part^{-1}$ and confirm the expectations made by Heffner (1971) and Dachev (2009)
[28, 31].

3) There are also five passes across the magnetic equator, where deep dose rate minima around 1 μGy h^{-1} are observed. The flux values are around 0.3-0.4 cm^{-2} s^{-1}.

Figure 4 summarizes all RD3-B3 data to analyze the peculiarities of the space radiation sources. The abscissa plots the measured fluxes in cm^{-2} s^{-1}, while the ordinate shows the dose rate in μGy h^{-1} and SD in nGy cm^2 $part^{-1}$ for the period 18 July-1 September 2014. The large amount of points in the diagonal of the figure (please see the ovals labeled with "GCR", "Inner belt protons" and "Outer belt electrons") is responsible for the dose rate values, which, as expected, are in linear dependence from the flux, while the almost horizontally plotted blue points present the SD values.

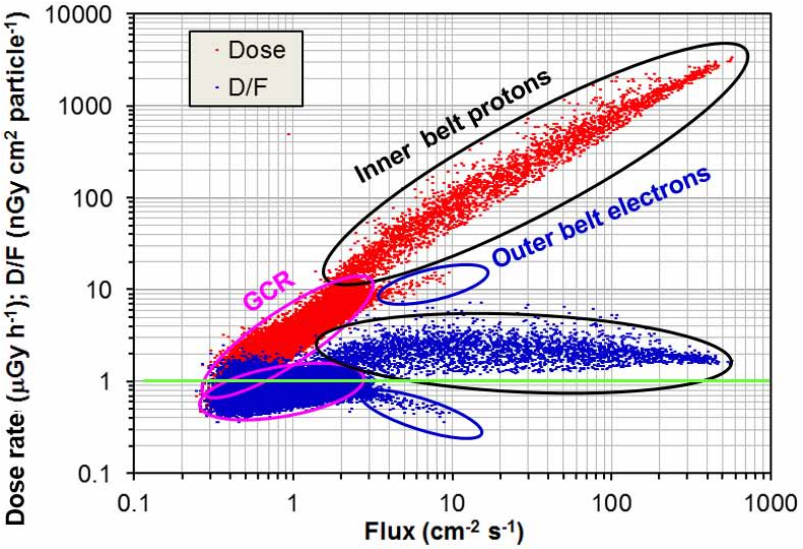


Fig. 4. Characterization of the RD3-B3 predominant radiation sources by the dose rate from flux and specific dose dependencies

Three branches in each graphic are differentiated in Figure 4. The highly populated part in the diagonal array of points: 1) shows a large amount in the range 0.3–15 μGy h^{-1}; (2) for a fixed flux a wide range of doses is observed. These two features could be explained only by the GCR particles, which, being of small statistical relevance and high LET, are able to deposit various doses for a fixed flux value. The smallest dose rates (0.3–0.4 μGy h^{-1}) are observed close to the magnetic equator, while the largest are at high latitudes. In the horizontal graphic this part of the data is represented with a similar large amount of points, which on a large scale they overlap the dose rate points in the diagonal. They are distributed on both sides of the solid horizontal (green) line representing the SD value of 1 nGy cm^2 $part^{-1}$, with a small trend toward higher SD values when the dose rate increases.

The amount of points in the diagonal graphics within the dose rate range 9–18 μGy h^{-1}, represented in the horizontal graphic with points, which extend up to 10 cm^{-2} s^{-1} are with SD values below 1 nGy cm^2 $part^{-1}$ (the (green) horizontal line). This amount of points is based on low LET particles and could be formed only by the relativistic electrons or bremsstrahlung [28] in the outer radiation belt. Here, because of higher shielding (more than 5 g cm^{-2} aluminum), the relativistic electrons fluxes and dose rates measured with the RD3-R3 instrument are much lower than those presented in the above referenced papers.

The amount of points in the diagonal graphics within the dose rate range 20–3300 μGy h^{-1} has a different source compared to the previous two. This amount of points could be formed only by protons from the IRB (The region of the South Atlantic Anomaly (SAA)) whose dose depositions depend on the energy. The smaller energy protons are depositing higher doses. In the horizontal direction, the graphic of these points has a similar form and is situated in the range 1.2–8.5 nGy cm^2 $part^{-1}$. Both IRB and ORB amount of points can be approximated by straight lines. From these approximations we conclude that 1 proton in IRB produces a dose of 1.4 nGy on average in the silicon detector, while 1 electron in ORB produces a dose of 0.33 nGy, which is in good agreement with Heffner's formulas [31].

The black text in Table 1 summarizes the observations during "BION-M" No. 1 mission, while the red text presented the "Foton-M" №4 spacecraft data. In the last 2 columns of Table 1 the selecting requirements are presented. The number of measurements, the hourly and daily average

Table1. The black text in Table 1 summarizes the observations during "BION-M" No. 1 mission, while the red text presented the "Foton-M" №4 spacecraft data

Source	Number of Meas./ Days [No]/ [Days]	Aver. Dose Rate/ Aver. Flux/ Aver. daily dose [μGy h^{-1}]/ [cm^{-2} s^{-1}]/ [μGy day^{-1}]	Min. Dose Rate/Min. Flux/Min. daily dose [μGy h^{-1}]/ [cm^{-2} s^{-1}]/ [μGy day^{-1}]	Max. Dose Rate/Max. Flux/Max. daily dose [μGy h^{-1}] / [cm^{-2} s^{-1}]/ [μGy day^{-1}]	Total Dose Rate/Fluen. [mGy]/ [No of events/particles]	Aver. Altitude [km]	Aver. Lat./L [Deg.]/L Value	Aver. Long. [Deg.]	Selecting requirements	
									Dose Rate/Flux [μGy h^{-1}]/ [cm^{-2} s^{-1}]	SD/B [nGy cm^2 $part^{-1}$]/ [Gauss]
All data	34391/ 64108 23.883/ 44.52	41.03/22.8 6.05/3.76 985/546	0.4/0.42 0.26/0.24 495/436	4530/3413 700/563 1139/662	23.52/ 24.35 4,159,420/ 4,815,080	561/407	-0.06/-1.12 3.0/	0.08/ 0.013	No	No
GCR	28977/ 60997 20.123/4 2.36	5.1/4.4 1.47/1.32 102.8/100.6	0.4/0.42 0.26/0.24 93.6/97.3	14.8/15 10.12/2.9 111.6/105.3	2.366/4.47 850,045/ 1,611,340	559/400	3.5/1.6 3.1/3.1	5.5/3.7	Flux<2.9	B>0.23/ Dose<15
IRB (SAA)	1762/ 2705 1.228/ 1.88	700/439 88.7/59 908/443	20.04/20.02 1.63/1.96 815/330	4530/3413 700/563 1017/562	20.57/19.7 3,125,640/ 3,133,000	565/497	-24.9/ -28.2 1.39/1.5	-44.6/ -43.12	Dose>20	SD>1.12
ORB	462/96 0.32/ 0.066	11.2/9.93 5.33/4.79 4.2/ 0.018	6.7/6.2 2.9/2.9 0.0/0.0	22.61/15.66 14.53/9.36 10.4/0.54	0.087/0.019 49,220/ 14,400	581/491	-22.5/ -45.2 4.08/ 4.15	11.3/ 12.7	Flux>2.9	SD<0.7

and total accumulated dose rates and fluencies are calculated and presented for all data and for each of the three major sources. The averaged coordinates: longitude, latitude, L value and altitude where the averaged values are obtained and also presented in 3 columns. The presented values in the "All data" row of the table cover all data in the period 18/07/2014 - 01/09/2014.

GCR data were selected using three requirements: 1) The flux values to be less than 2.9 cm^{-2} s^{-1}, which cuts the high flux level in the ORB (cf. Figure 4); 2) The total magnetic field strength to be greater than 0.23 Gauss, which cuts the data obtained inside the SAA region; 3) The dose rate to be less than 15 μGy h^{-1}. The average daily value was obtained by averaging all observed GCR single measurements for each full day.

The IRB (SAA) data in Table 1 were selected by two requirements. The first is that the dose rate values to be higher than 20 μGy h^{-1}. This cuts the GCR dose rates, which usually deposited smaller values. The second requirement is the SD value to be higher than 1.12 nGy cm^2 $part^{-1}$. According to Heffner's formulas (Heffner, 1971) this selects only depositions by protons excluding relativistic electrons and/or bremsstrahlung dose rates higher than 20 μGy h^{-1}. The values presented in Table 1 for "BION-M" No. 1 mission cover the circular orbit data from 22 April to 12 May 2013. The average daily values were obtained by averaging all observed IRB single measurements for each full day.

The ORB data in Table 1 were selected by: 1) The flux values to be higher than 2.9 cm^{-2} s^{-1}, which cuts the low flux level in the GCR; 2) SD value to be less than 0.7 nGy cm^2 $part^{-1}$. This according to Heffner's formulas [31] selects only depositions by relativistic electrons and/or bremsstrahlung excluding proton depositions from GCR or IRB. The average daily values were obtained by averaging all observed ORB single measurements for each full day.

3.3. – Comparison of the "BION-M" No. 1 and "Foton-M" №4 data

The comparison of the values obtained with the RD3-R3 instrument on spacecraft with the values on "BION-M" No. 1 mission and analog values obtained at the International space station (ISS) reveal the following results:

1) The total dose of 24.36 mGy obtained at the "Foton-M" №4 satellite is almost the same as that observed on "BION-M" No. 1 of 23.52 mGy, nevertheless the total amount of days at the "Foton-M" №4 satellite of 44.52 days is close to 2 times larger than on "BION-M" No. 1 (23.883 days). The main reason is that "Foton-M" №4 satellite spent all the time on elliptical orbit with average altitude of 407 km, which accumulates less IRB doses than the circular orbit at 561 km of "BION-M" No. 1 satellite.

2) The GCR average daily dose rate of 100.6 μGy day^{-1} obtained at the "Foton-M" №4 satellite is almost the same as that observed on "BION-M" No. 1 and higher than that measured at the ISS [8] of 91.1 μGy day^{-1} because the "Foton-M" №4 altitude and inclination of the orbit are higher than the respective ISS parameters (360 km altitude and 51.6° inclination). In addition, the ISS data are obtained behind less shielding (0.45 g cm^{-2}) than those on "Foton-M" №4 satellite.

3) The IRB average daily dose rate of 443 μGy day^{-1} obtained at the "Foton-M" №4 satellite is smaller than observed on "BION-M" No. 1 (908 μGy d^{-1}), mainly because smaller average altitude of the IRB measurements (565 km on "BION" and 497 km on "Foton"). In same time both values are higher than that measured in the ISS. The value of the daily SAA dose rate inside the Russian segment of the ISS, measured with an unshielded detector (No 4) of the DB-8 system in the period March-June 2009 (Benghin et al., 2010; see slide No 15) is estimated to be about 105 μGy d^{-1}, which is much less than the averaged values obtained by us on the "Foton-M" №4 where the dose rate is more than 4 times higher reaching 443 μGy day^{-1}. Gaza et al. (2010) [36] presented the whole dynamics of the daily dose rate dependence on the location in the station. Their slide No 5 shows that the total daily dose rate (GCR+SAA) measured by 22 passive dosimeters (ISS Radiation Area Monitors) vary from about 160 μGy d^{-1} in the well-shielded locations up to 360 μGy d^{-1} in the less shielded locations.

4) As already mentioned, the outer radiation belt relativistic electron dose rates on "Foton-M" №4 satellite are very small because of large shielding. They are practically not comparable with data obtained outside the ISS. The ORB data were enhanced after 26 August small magnetic storm.

The analysis of the fluence data shows that the whole amount of more than 4.8 million events (particles) in the detector of the RD3-R3 instrument during the flight the "Foton-M" №4 is distributed as follows: a) The largest amount (more than 3 million) of protons was registered in the IRB source, which produces the largest hourly and daily absorbed dose rates. b) The GCR dose was produced by more than 1.6 million events (particles). c) The amount of ORB relativistic electrons and/or bremsstrahlung events is the smallest with of a value a little higher than 14 thousand.

The average specific doses show the following values: All data - 1.008 nGy cm^2 $part^{-1}$; GCR - 0.941 nGy cm^2 $part^{-1}$; IRB - 2.31 nGy cm^2 $part^{-1}$; ORB - 0.61 nGy cm^2 $part^{-1}$. The IRB values correspond well with Heffner's formulas [31]. The ORB average SD value is larger than that expected from Heffner's formulas because the 1-min spectra are mixed by GCR, relativistic electrons and/or bremsstrahlung events. The presence of GCR particles increases the SD value.

3.4. Latitudinal distributions of the data

Figure 5 presents the distribution of the obtained dose and flux data and the calculated SD values in nGy cm^2 $part^{-1}$ against the L value up to 7 [11]. The whole range of L values data is between 0.985 and 34.95. The dose rate, flux and SD values are practically constant above an L value of 7 that is why they are not shown in the graphic.

The dose rate and flux data in Fig. 5 show two obvious maxima – one at L values of about 1.25 and another at about 4. The lower L value maximum corresponds to the inner (proton) radiation belt, which is populated mainly by protons with energies from a few tens to a few hundred MeV. Because of differences in the altitude of the ascending and descending orbits, which will be studied further in the paper, the IRB maximum is divided by 2 maxima: the first one with maximal dose rate of 3412 μGy h^{-1}, at average L=1.2 and average altitude of 523 km is generated during the descending orbits of the satellite; The second one with maximal dose rate of 1525 μGy h^{-1} at average L=1.45 and average altitude of 424 km is generated during the ascending orbits of the satellite

The poor seen maximum at L=4.2 corresponds with the outer (electron) radiation belt, which is populated mainly by electrons with energies from hundreds of keV to a few MeV. As already mentioned, the calculated stopping energy of normally incident particles to the detector of the RD3-R3 instrument is 3.55 MeV for electrons and 41 MeV for protons (Berger et al., 2013). This means that only protons and electrons with energies higher than those mentioned above outside the satellite could reach the detector inside.

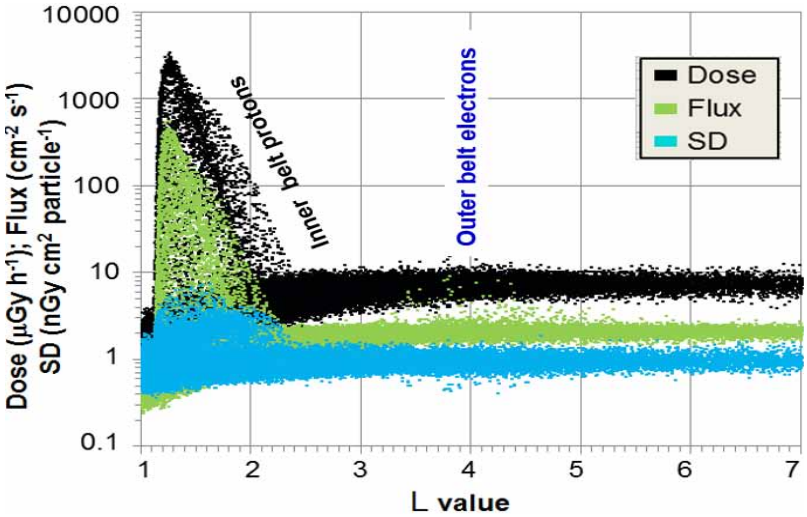


Fig. 5. Distribution of dose and flux and SD data against the L value

The large amount of measurements in Fig. 5 with more than 1000 points per day is concentrated in the zone of GCR, which is seen as an area with many points in L-values between 1 and 7. The covered dose rate range is between 0.3 and 10-15 μGy h^{-1}. The lowest rates are at low L values, close to the magnetic equator, while the highest are at high latitudes equatorward from both magnetic poles. The GCR radiation source has a ''knee" at L value about 3. The large amount of SD points close to 1 nGy cm^2 $part^{-1}$ is produced by GCR, representing high LET particles which are able to delivery different doses with the same flux values. The GCR had very small fluxes and Heffner's formulas are not applicable for them.

The specific dose (SD) value is provisionally divided into two parts – below and above 1 nGy cm^2 $part^{-1}$. This value divides the range of SD delivered by relativistic electrons and/or bremsstrahlung below about 0.6 nGy cm^2 $part^{-1}$ and by protons above 1.12 nGy cm^2 $part^{-1}$.

The amount of flux points with values above 2 cm^{-2} s^{-1} in the region of L values 3-5 is visually larger than the corresponding amount of dose rate points. This is because the doses delivered by relativistic electrons and/or bremsstrahlung are very small and their contribution in the predominated by GCR deposited energy spectra is practically not seen.

Generally, the radiation sources and SD variations on the "Foton-M" №4 satellite are with small dynamics in comparison with analog distributions obtained on Foton-M2/M3 satellites and on the ISS with instruments outside the pressurized volume.

3.5. Daily average data

Fig. 6 presents the time variations of the daily averaged data for the different radiation sources on Foton-M No4 satellite. On the vertical axes is the daily average dose rate in μGy day^{-1} and the daily averaged altitude, while on the horizontal axes is the UTC time from 19 July to 2 September 2014.

The total daily, IRB daily and GCR daily are presented with continues curves. The ORB daily being sporadic is presented with single points, which maximum is in the data after the magnetic storm on 26th August 2014. The GCR daily values are also affected by the magnetic storm and show clear Forbush decrease [32] after 26th August 2014. The very slow upward trend of the daily GCR dose rates is due to solar modulation, which predict rise of the GCR flux and respectively dose rate when the solar activity fall down.

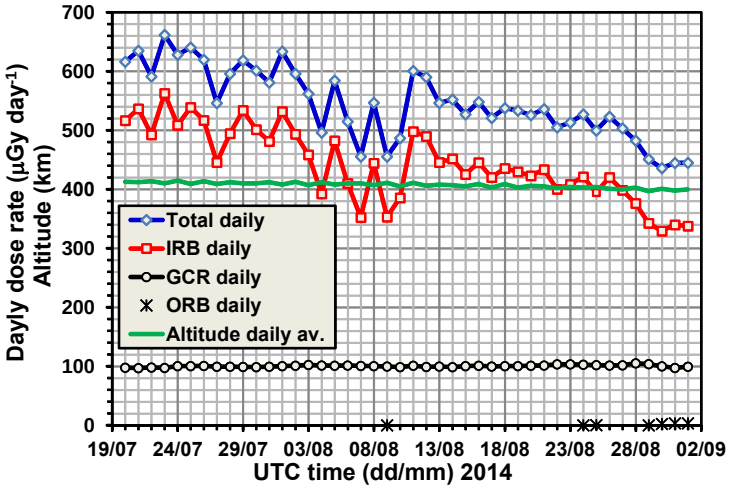


Fig. 6. Daily average data for the different radiation sources on Foton-M No4 satellite

Most affected by the relative small daily average altitude decrease from about 412 km down to 400 km are the IRB daily dose rates, which fall from about 600 μGy day^{-1} down to 340 μGy day^{-1}. The

"Foton-M №4" satellite measurements is performed at the bottom side of the IRB altitudinal profile where the dependence of the flux rate and dose rate respectively is in exponential low function from the altitude. The altitudinal dependence in the bottom part of the IRB is a well-known phenomenon which has been competently described elsewhere [33, 34]. Therefore, it will not be discussed further.

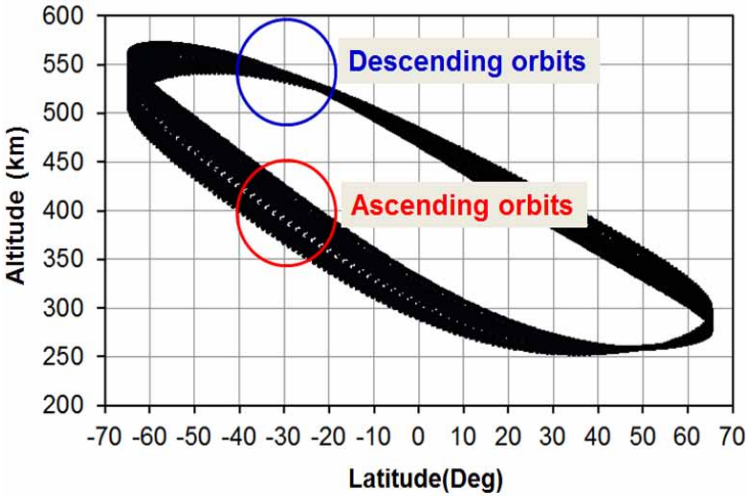


Fig. 7. The altitude of the descending orbits crossings of the expected places of the SAA maximum is more than 100 km higher than the ascending

3.6. Ascending/descending orbit dependence

Fig.7 presents the whole time evaluation of the "Foton-M №4" satellite altitude. It is seen that the altitude of the descending orbits crossings of the expected places of the SAA maximum is more than 100 km higher than the ascending. This implement strong altitudinal dependence, which influence all kind of space distributions of the data. Example has been already shown in the paragraph 3.3. "Latitudinal distributions of the data". Same is truth for the global distributions, which is studied in next paragraph.

3.7 Global distributions of the data

Figures 8b and 8c present the averaged contour view of the global distribution of the RD3-R3 dose rate data for the descending (Fig. 8a) and ascending (Fig. 8b) orbits of the "Foton-M №4" satellite, which are compared with the predicted ones at an altitude of 573 km by the AP/AE-8 MAX models (http://www.spenvis.oma.be/); Vette, 1991) proton fluxes above 100 MeV and electron fluxes above 5 MeV in Fig. 8a.

In Fig. 8b/c, except the global map of the flux, the isolines of the L value for the 2005 epoch (McIlwain, 1961; Heynderickx et al., 1996) at the altitude of the "Foton-M" №4 satellite are also presented with dashed lines. The exact values of the dashed isolines are for the following L values: 1, 1.2, 1.6, 2, 4, 8 and 16. The L=4 isoline is presented with a heavy line. It is seen that the lines of equal dose rates in the north and south high latitude regions follow very well the L-shell isolines as expected.

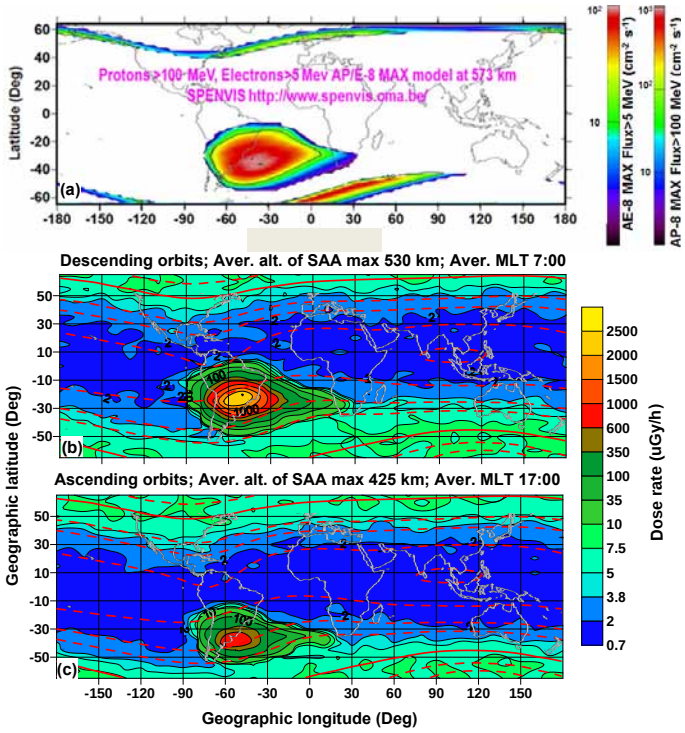


Fig. 8. Figures 8b and 8c present the global distribution of the RD3-R3 dose rate data for descending orbits (8a) and for ascending orbits (8c), which are compared with the predicted ones by the AP-8/AE-8 MAX models proton fluxes above 100 MeV and electron fluxes above 5 MeV in Fig. 8a

In Figure 7b the areas outside the SAA region present the averaged GCR dose rate distribution, forming a wide minimum close to the geomagnetic equator and rise toward the magnetic poles in both hemispheres. The observed almost dose rate maximum close to L=4 shows the position and shape of the ORB, which coincides relatively well with the one predicted by the AE-8 MAX model.

The external oval of the SAA RD3-R3 data in Fig, 8b and the ones predicted by the AP-8 MAX model in Figure 8a are similar, but the position of the maximum of the SAA observed in 2014 is moved to the west in comparison to the model, which is calculated for the epoch of 1970, for the maximum of

the solar activity at altitude of 573 km and for protons with energies larger than 100 MeV. The geographic coordinates of the SAA maximum is influenced by the secular drift of the geomagnetic field (Fraser-Smith, 1987), which leads to a movement of the SAA maximum in the North-West direction. This phenomenon will be more precisely studied in future investigations of the "Foton-M" № 4 data.

4. Conclusions

This paper analyses the results for the radiation environment obtained by the RD3-R3 instrument inside the "Foton-M" №4 spacecraft and generated by different radiation sources, including: galactic cosmic rays (GCRs), inner radiation belt (IRB) trapped protons in the region of the South Atlantic Anomaly (SAA) and outer radiation belt (ORB) relativistic electrons. The satellite was launched on 18 July 2014 at 20:50 UTC from the Cosmodrome of Baikonur (Kazakhstan). On 1 September at 9:18 UTC the landing module of "Foton-M" №4 spacecraft successfully touched down at the Orenburg region, after 45 days in orbit.

The observed hourly and daily IRB dose rates at the "Foton-M" №4 satellite are the highest seen by us during our measurements on "Mir" and the ISS space station and on Foton-M2/M3 satellites because the altitude of the "Foton-M" №4 obit was the highest in comparison with all missions mentioned above. The same is valid for the GCR doses. The observed ORB doses are smaller than the ones measured outside the ISS because of the higher shielding on the "Foton-M" № 4 satellite.

The comparison of the "Foton-M" №4 satellite data with the similar data obtained on "BION-M" No. 1 satellite shows that: 1) The GCR average daily dose rate of 100.6 μGy day^{-1} obtained at the "Foton-M" №4 satellite is almost the same as that observed on "BION-M" No. 1; 2) The IRB average daily dose rate of 443 μGy day^{-1} obtained at the "Foton-M" №4 satellite is smaller than observed on "BION-M" No. 1 (908 μGy d^{-1}), mainly because smaller average altitude of the IRB measurements (565 km on "BION" and 497 km on "Foton"); 3) The total dose of 24.36 mGy obtained at the "Foton-M" №4 satellite is almost the same as that observed on "BION-M" No. 1 of 23.52 mGy, never the less that the total amount of days at the "Foton-M" №4 satellite of 44.52 days is close to 2 times larger than on "BION-M" No. 1 (23.883 days). The main reason is that "Foton-M" №4 satellite spent all the time on elliptical orbit with average altitude of 407 km, which accumulates less IRB doses than the circular orbit at 561 km of "BION-M" No. 1 satellite.

The difference of more than 100 km between the ascending and descending IRB altitudes implement strong altitudinal dependence, which influence all kind of space distributions of the "Foton-M" №4 data. The phenomenon was studied for the L value and global distributions of the dose rate data.

As mentioned above, one of the purposes of the RD3-R3 measurement is to provide information on the diurnal variation of the space radiation to the scientists from other "Foton-M" №4 experiments. The detector of the RD3-R3 instrument was located behind about 5 g cm^{-2} shielding that is why the obtained IRB and ORB dose rate is applicable only for other experiments behind a similar shielding. Experiments located deeper inside the "Foton-M" №4 capsule experience smaller IRB and ORB daily dose rate doses than those shown in Table 1.

The daily average global GCR dose rate is valid for almost all depths and positions of the "Foton-M" №4 experiments. To obtain the total accumulated dose from GCR, it is necessary to multiply the average daily dose rate in Table 1 by the number of exposition days. Some small increase of the GCR doses can be expected behind thicker shielding because additional doses from secondary particles will be generated in the shielding [21] (see Fig. 14).

Despite its very small size and low power consumption the RD3-B3 instrument has been proven to reliably characterize the radiation environment in the "Foton-M" №4 satellite, including the relativistic electron precipitations. This was achieved mainly with the analysis of the deposited energy spectra, obtained at each measurement cycle of 60 s. The obtained daily and hourly values for the space radiation are the input to other experiments on the capsule with a precise history of their accumulation and can contribute to a better understanding of the results from the biological experiments.

5. Acknowledgements

This work is partially supported by the Bulgarian Academy of Sciences, Agreement between BAS and RAS on fundamental space research.

References:

1. Häder, D.-P. and Dachev, T. P. Measurement of solar and cosmic radiation during spaceflight. Kluwer Press, Surveys in Geophysics, 24, 229-246. 2003.

2. Dachev, T. P., J. V. Semkova, B. T. Tomov, Yu. N. Matviichuk, Pl. G. S. Maltchev, R. Koleva, Pl., Dimitrov, N. G. Bankov, V. V., Shurshakov, V. V., Benghin, E. N., Yarmanova, O. A. Ivanova, D.-P. Häder, M. T. Schuster, G. Reitz, G. Horneck, Y. Uchihori, H. Kitamura, O. Ploc, J. Kubancak, I. Nikolaev. Overview of the Liulin type instruments for space radiation measurement and their scientific results, 92–114, 2015, http://dx.doi.org/10.1016/j.lssr.2015.01.005.
3. Simpson, 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.
4. Kim, M.-H.Y., Angelis, G. De., Cucinotta, F. A. Probabilistic assessment of radiation risk for astronauts in space missions. Acta Astronaut. 68 (7–8), 747–759. April–May 2011, 2010.
5. Benton E. R. and Benton E. V. Space radiation dosimetry in low-Earth orbit and beyond, Nucl. Instrum. and Methods in Physics Research, B, 184, (1-2), 255-294, 2001.
6. Horneck, G. HZE particle effects in space. Acta Astronautica, 32:749–755, 1994.
7. Mewaldt, R. A. Cosmic Rays, available online at http://www.srl.caltech.edu/personnel/dick/cos_encyc.html, 1996.
8. Dachev, Ts., Horneck, G., Häder, D.-P., Lebert, M., Richter, P., Schuster, M., Demets, R. Time profile of cosmic radiation exposure during the EXPOSE-emission: the R3D instrument. Journal of Astrobiology 12 (5), 403–411, 2012, http://eea.spaceflight.esa.int/attachments/spacestations/ID501800a9c26c2.pdf.
9. Vette, J. I. The NASA/National Space Science Data Center Trapped Radiation Environment Model Program (1964–1991). NSSDC/WDCA-R&S, pp. 91–92, 1991.
10. Dachev, T. P., Semkova, J., Tomov, B., Matviichuk, Yu., Dimitrov, Pl., Koleva, R., Malchev, St., Reitz, G., Horneck, G., De Angelis, G., Häder, D.-P., Petrov, V., Shurshakov, V., Benghin, V., Chernykh, I., Drobyshev, S., and Bankov. N. G. 2011. Space shuttle drops down the SAA doses on ISS. Adv Space Res. 11:2030–2038, http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2011.01.034.
11. Heynderickx, D., Lemaire, J. and Daly, E. J. 1996, Historical review of the different procedures used to compute the L-Parameter. Radiation Measurements. 26, 325-331, 1996.
12. Dachev, T. P., B. T. Tomov, Yu. N. Matviichuk, Pl. G. Dimitrov, N. G. Bankov, G. Horneck; D.-P. Häder. Overview of the ISS radiation environment observed during EXPOSE-R2 mission in 2014-2016, Space weather, 2017. (Submitted)
13. Cliver, E. W., and Cane H. V. The last word: gradual and impulsive solar energetic particle events. Eos, Trans. AGU, 83, 61, 2002.
14. Mertens, C. J., Wilson, J. W., Blattnig, S. R., Solomon, S. C., Wiltberger, M. J., Kunches, J., Kress, B. T., Murray, J. J. Space Weather Nowcasting of Atmospheric Ionizing Radiation for Aviation Safety. NASA Langley Research Center 2007. Available online at: http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20070005803_2007005368.pdf, December 2013.
15. Lantos, P. 1993. The Sun and its effects on the terrestrial environment. Radiation Protection Dosimetry 48 (1), 27–32, 1993.
16. Häder, D.-P., Richter, P., Schuster, M., Dachev, Ts., Tomov, B., Dimitrov, P., Matviichuk, Yu. R3D-B2—Measurement of ionizing and solar radiation in open space in the BIOPAN 5 facility outside the Foton M2 satellite. Advances in Space Research, 43, 1200–1211, 2009, http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2009.01.021.
17. Dachev, Ts. P., Tomov, B. T., Matviichuk, Yu. N., Dimitrov, P. G., Bankov, N. G. Relativistic electrons high doses at international space station and Foton M2/M3 satellites. Adv. Space Res., 44 1433–1440, 2009, http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2009.09.023.
18. Damasso, M., Dachev Ts., Falzetta G., Giardi M. T., Rea G., Zanini A. The radiation environment observed by Liulin-Photo and R3D-B3 spectrum-dosimeters inside and outside Foton-M3 spacecraft, Radiation Measurements, V. 44, N0 3, 263-272, doi:10.1016/j.radmeas.2009.03.007, 2009.
19. Reitz, G., R. Beaujean, E. Benton, S. Burmeister, T. Dachev, S. Deme, M. Luszik-Bhadra, P. Olko Space radiation measurements on-board ISS-The DOSMAP experiment, Radiat. Prot. Dosim. 116 (1-4), 374-379, 2005.
20. Slaba, T. C., Blattnig S. R., Badavi F. F., Stoffle N. N., Rutledge R. DLee., K. T., Zapp E. N., Dachev T. P. and Tomov B.T. Statistical Validation of HZETRN as a Function of Vertical Cutoff Rigidity using ISS Measurements. Adv. Space Res., 47, 600-610, doi:10.1016/j.asr.2010.10.021, 2011.
21. Nealy, J. E., Cucinotta, F. A., Wilson, J. W., Badavi, F. F., Zapp, N., Dachev, T., Tomov, B. T., Semones, E., Walker, S. A., Angelis, G. De, Blattnig, S. R., Atwell, W., 2007. Pre-engineering spaceflight validation of environmental models and the 2005 HZETRN simulation code. Advances in Space Research 40 (11), 1593–1610, 2007, http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2006.12.030.
22. Badavi, F.F., 2014. Validation of the New Trapped Environment AE9/AP9/SPM at Low Earth Orbit, Advances in Space Research, 54, 917-928. http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2014.05.010.
23. Dachev, Ts., G. Horneck, D.-P. Häder, M. Schuster, and M. Lebert. EXPOSE-R cosmic radiation time profile, Journal of Astrobilogy, 14, 17-25, 2015. http://dx.doi.org/10.1017/S1473550414000093
24. Dachev, T. P., B.T. Tomov, Yu. N. Matviichuk, Pl. G. Dimitrov, N. G. Bankov, V. V. Shurshakov, O. A. Ivanova, D.-P. Häder, M.T. Schuster, G. Reitz, G. Horneck. “BION-M” №1 spacecraft radiation environment as

observed by the RD3-B3 radiometer-dosimeter in April-May 2013, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. 123, 82-91, 2015. http://dx.doi.org/10.1016/j.jastp.2014.12.011

25. Spurny, F., T. Dachev, On Board Aircrew Dosimetry with a Semiconductor Spectrometer, Radiat. Prot. Dosim. 100, pp 525-528, 2002, http://rpd.oxfordjournals.org/cgi/content/abstract/100/1-4/525.
26. Dachev, Ts., Tomov, B., Matviichuk, Yu., Dimitrov Pl., Lemaire, J., Gregoire, Gh., Cyamukungu, M., Schmitz, H., Fujitaka, K., Uchihori, Y., Kitamura, H., Reitz, G., Beaujean, R., Petrov, V., Shurshakov V., Benghin, V. Spurny, F. Calibration results obtained with Liulin-4 type dosimeters, Adv. Space Res. 30, 917-925, doi:10.1016/S0273-1177(02)00411-8, 2002.
27. Uchihori, Y., H. Kitamura, K. Fujitaka, Ts. P. Dachev, B. T. Tomov, P. G. Dimitrov, Y. Matviichuk. Analysis of the calibration results obtained with Liulin-4J spectrometer-dosimeter on protons and heavy ions, Radiation Measurements, 35, 127-134, 2002. doi:10.1016/S1350-4487(01)00286-4
28. Dachev, Ts. P. Characterization of near Earth radiation environment by Liulin type instruments, Adv. Space Res., 1441-1449, doi:10.1016/j.asr.2009.08.007, 2009.
29. Berger, M. J., Coursey, J. S., Zucker, M. A., Chang, J. Stopping-power and range tables for electrons, protons, and helium ions. NIST Standard Reference Database 124, Available online at: http://www.nist.gov/pml/data/star/index.cfm, October, 2013.
30. Zheng, Y., Lui, A. T. Y., Li, X., Fok, M.-C., 2006. Characteristics of 2–6 MeV electrons in the slot region and inner radiation belt. J. Geophys. Res. 111, A10204, 2006.
31. Haffner, J. Nuclear radiation and safety in space. M, Atomizdat, pp 115, 1971. (in Russian).
32. Forbush, S. E., World-wide cosmic ray variations, 1937–1952. Journal of Geophysical Research, 59(4), 525-542 1954.
33. Filz, R. & E. Holeman, Time and altitude dependence of 55-MeV trapped protons, August 1961 to June 1964. J. Geophys. Res. 70(23), 5807-5822, 1965.
34. Dachev, T. P., Profile of the ionizing radiation exposure between the Earth surface and free space, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 102, September 2013, 148–156, 2013, http://dx.doi.org/10.1016/j.jastp.2013.05.015.
35. Benghin, V. V., Petrov, V. M., Panasyuk, M. I., Volkov, A. N., Lyagushin, V. I., Nikolaev, I. V., Nechaev, O. Yu., Tel'tsov, M. V., Lichnevskii, A. E., 2010. Nine years of the radiation monitoring system operating in service module of ISS. Fifteenth WRMISS Workshop, Frascati, Italy, 7–9 September 2010. Available online at: http://wrmiss.org/workshops/fifteenth/Benghin.pdf , December 2013.
36. Gaza, R., Zhou, D., Roed,Y., Steenburgh,R., Lee,K., Flanders,J., Fry, D., Semones, E., Reitz, G., Berger, T., O'Sullivan, D., Zapp, N., 2010. ISS Measurements at Solar Minimum (2008–2010). Available online at http://wrmiss.org/workshops/fifteenth/Zapp.pdf.

UNIFICATION OF "POOL OF THREADS" CONTROL IN THE FRAMES OF DIFFERENT PARALLEL SOLVERS

Atanas Atanassov

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

Keywords: *parallel calculations, pool of threads model; multi-physic models simulations.*

Abstract: *Simulation of space missions at various stages of their preparation and implementation is essential. Possibilities for application of detailed models for presentation of various aspects of prepared experiments are created with development of computer technologies and the advent of multi-core processors. More versatile and more detailed computer simulations of space missions require the development and implementation of appropriate software for more efficient use of multicore processors.*

The application of computational threads is convenient approach to perform parallel computing. The "pool of threads" is a means for dynamic scheduling of calculations when solving irregular computational problems, related to complex calculation models, which vary in the course of simulation time. This programming model achieves optimal distribution of tasks among the threads, which assure high efficiency of computing systems.

Variants of "pool of threads" model for developed solvers are realized. An unified approach and program realization which are applicable in a variety of solvers are proposed in the present work. A simplification of the program code by development of complex program systems which include different solvers is attainable by this approach. This achieves a simplification of the programming code when develop complex software systems including various solvers.

УНИФИЦИРАНЕ НА УПРАВЛЕНИЕТО НА ПУЛ ОТ ТРЕДОВЕ ЗА РАЗЛИЧНИ ПАРАЛЕЛНИ ИЗЧИСЛИТЕЛНИ СРЕДСТВА

Атанас Атанасов

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: At_M_Atanassov@yahoo.com

Резюме: *Симулацията на космически мисии на различни етапи от тяхната подготовка и провеждане е от съществено значение. С развитието на компютърните технологии и навлизането на много-ядрените процесори се създава възможността за прилагане на детайлни модели за представяне на различни аспекти, системи (подсистеми) протичащите процеси. По-разностранното и по-детайлно описание на реалните елементи на космическите мисии и компютърното симелиране изисква разработката и прилагането на съответни програмни средства за по-ефективното използване на многоядрените процесори.*

Прилагането на изчислителни тредове е удобен подход за извършване на паралелни изчисления. Моделът "пул от тредове" е средство за динамично планиране на изчисленията при решаване на нерегулярни изчислителни проблеми, свързани с модели сложността на изчисленията по които се менят в симулационното време. С този програмен модел се постига оптимално разределение на задачите по тредовете с което се поддържа висока ефектимност на изчислителните системи.

Разработени са варианти на модела "пул от тредове" за разработените досега солвери. В настоящата работа се предлага единен подход и програмна реализация която е приложима при различни солвери. С това се постига упростяване на програмния код при разработка на сложни програмни системи включващи различни солвери.

Introduction

Computer simulations are important tool for design at different stages of space mission preparation and implementation [1, 2]. The modern solution of different kinds of problems demands detailed simulations and a lot of computer time.

The present development of computer technologies provides great possibilities for access to power multi-core processors. The use of these processors requires previously developed and appropriately parallelized an algorithms.

Parallelization based on threads is applied to problems having large dimensions. An effective control and dynamic scheduling of parallel calculations is achieved through application of pool of threads program model [3].

Algorithms and program tools for space mission end experiments simulation are under development at branch of SRTI, BAS in Stara Zagora. Parallel ordinary differential equation system integrator for satellite orbits propagation [4] and parallel satellite orbital situation problems solver [5] were developed. The two solvers are included in simulation program system which development is under progress [6]. The two solvers are based on pool of threads program model [3].

In the present article is shown an approach to universalization of the subroutine for pool of threads control.

Problem statement

Multi-satellites space mission simulations demand solving of different types of problems. Some of them are:

- integration of motion of satellites and other objects;
- situation analysis for establishing time intervals when different specific conditions are fulfilled, related to satellite experiments and other activities;
- simulation of the work of scientific instruments and measurements, active experiments;
- charged particles motion;
- thermodynamics and electro-discharging problems.

Numerical integration of satellites motions equations, as well as solving variety of multi-satellite situation problems are related to irregular calculations. The reasons are different:

- selection of different integration methods for different segments for each of satellite orbits depending on local orbital curvature and velocity;
- different force models for each of satellites depending on type of orbit;
- different situation conditions are met on different segments of the satellite orbits.

The efficiency of parallel calculations depends on partitioning of all task to subtask. A problem appears when calculations are irregular, because then subtasks are uneven. A good choice of parallel calculations scheduling is to apply pool of thread program model.

Due to the above reasons, the amount of calculations for every step in simulation time may be different. The analysis discloses the spatial and temporal modality of the irregularity of the calculations.

In addition to optimization, parallel algorithms are applied in case of large amount of calculations. Implementation of threads parallelism and dynamic scheduling of calculations based on pool of threads program model are effective approaches to irregular calculations.

The development of multi-physic applications includes different kind of solvers, based on “pool of threads” program model and their simultaneous execution leads to the presence in the processor cache storages of similar, close in semantics codes. For example, the developed program model “union of pools of threads” aims simultaneous execution of various solvers [7]. A minimization of the size of execution code is as important as its simplification. The application of universal tools is helpful on the stages of development and support.

The two developed solvers, the one for satellites motion integration and other for situation problems solving, use analogous subroutines for control of the threads of each solver/pool. Each solver is based on different code, organized with different subroutines and uses data with different structures and semantics. The list of actual variables for each solver reflects his specifics. Different numbers of subroutine names are given to actual solver, which additional expands his potentialities.

The developed “pool of threads” program model is synchronized with parent thread and works “step by step” in simulation time. Threads are started and work competitively while exhaust the available tasks. Then everything is repeated for the next step of simulation time. Several pools of threads are controlled in the frame of the model “union of pools” [7]. When one solver finishes attached problem “its” threads release processor cores, which are used further from additionally activated threads of other solver, which participates in the union. Subroutines for dynamic parallel calculations scheduling with almost equal codes are in the computer storage, when several solvers are executed simultaneously.This can lead to waste of memory and possibly affect the execution time.

The subroutines for dynamic scheduling and control of the threads are called from buffer subroutines, which transfer to solvers all data necessary for control and processing [4, 5]. Furthermore, these buffer subroutines pass to solvers one or more names of subroutines. One

additional name of subroutine, containing the code describing right hand equation system, is passed to parallel integrator of ordinary differential equation systems [4]. So, two actual integrators can work with different motion models. Furthermore, integration methods could be changed too.

New solution

The new solution is achieved through polymorphism - a possibility for using one subroutine name calling different subroutines according to specifics of their arguments. Figure 1a shows definition of the generic name UPC (Universal Pool Control) in the frame of fortran 95 standard. Two subroutine names **Pool_threads_Control_1** and **Pool_threads_Control_2** are used for the two developed solvers respectively - parallel ordinary differential equation systems integrator and parallel situation problems solver.

```
MODULE     RN
   …
 type     task_descriptor_template_integrator                b). user defined type containing parameters necessary
  integer      num_obj,num_equestions                             for integrator
  integer      adr1,adr2
  integer      adr_Grv_model,len_Grv_model
  character    izbor*1
 end type  task_descriptor_template_integrator
!
 type     task_descriptor_template_situations                c). user defined type containing parameters necessary
  integer      num_sat                                            for situation processor
  integer      t_adr,dt_adr,xvn_adr,xvk_adr
  integer      max_num_sit,num_sit_prob
  integer      sci_problem_adr,len_sci_task
  integer      TrajectParam_adr,TrajectParam_len
 end type  task_descriptor_template_situations
   …
  INTERFACE     UPC                                           a). definition of polymorphism
   SUBROUTINE     Pool_threads_Control_1(th_id_num,num_threads,ha_1,adr_glb_counter,thread_par_local,lgranul, &
                                         rkfasd_UPC,task_descriptor_adr,numobj,pertur)
    external                  rkfasd_UPC,pertur
    integer                   th_id_num,num_threads,ha_1,adr_glb_counter,thread_par_local(4),lgranul
    integer                        task_descriptor_adr,numobj
   END SUBROUTINE  Pool_threads_Control_1

  SUBROUTINE     Pool_threads_Control_2(th_id_num,num_threads,ha_1,adr_glb_counter,thread_par_local,lgranul, &
                    Psitanal_UPC,task_descriptor_adr,num_sit_prob)
    external                  Psitanal_UPC
    integer                   th_id_num,num_threads,ha_1,adr_glb_counter,thread_par_local(4),lgranul
    integer                        task_descriptor_adr,num_sit_prob
   END SUBROUTINE  Pool_threads_Control_2
 END INTERFACE  UPC
   …
END MODULE  RN
```

Fig. 1 a). Definition of polymorphic name UPC, which will substitute the names Pool_threads_Control_1 and Pool_threads_Control_2; b) and c) define templates of descriptors of two solvers.

The lists of arguments of subroutines **Pool_threads_Control_1** and **Pool_threads_Control_2** contain two groups of arguments. One of them is fully identical for the two solvers and it is used for pool's control. The other group of arguments is specific for each solver and varies in number and semantic. Instead the second group of arguments, structure containing them or their addresses is passed to subroutine **UPC**. Figure 1b,c shows versions of structures containing arguments for each of the two developed solvers. The name of particular solver is passed as argument to subroutine UPC too. Furthermore, each solver can receive additional subroutine name which must be used in specific current variant of the solver. This name is passed as additional argument to subroutine **UPC**. The possibility for using of additional subroutines is achieved by buffer subroutines [4, 5]. The names of these buffer subroutines are used as first subroutines by threads creation. The buffer subroutines accept values and addresses of all arguments necessary for each solver and contain specific for each solver additional subroutine names. While the application of structures, containing specific for solvers arguments, resolves part of the problem, the necessity to transmit a different number of subroutine names remains.

```
SUBROUTINE      SatelliteIntegratorUPC(th_id_num)
  USE  RN, only: perturb,UPC
    external              pertur,rkfasd_UPC, task_descriptor_template_integrator
    …
    type (task_descriptor_template_integrator) task_descriptor
    …
    task_descriptor%num_obj         = numobj;          task_descriptor%num_equestions= 6
    task_descriptor%adr1            = adr1;            task_descriptor%adr2          = adr2
    task_descriptor%adr_Grv_model= adr_Grv_model;  task_descriptor%len_Grv_model = len_Grv_model
    …
   CALL  UPC(th_id_num,num_threads,ha_1,adr_glb_counter,thread_par_local,lgranul, &
                          rkfasd_UPC,task_descriptor_adr,numobj,pertur)

 END SUBROUTINE  SatelliteIntegratorUPC ! Universal Pool of threads Control
```

```
SUBROUTINE      SituationProcessorUPC(th_id_num) _situations
 USE RN, only:UPC, task_descriptor_template_situations
   external      Psitanal_UPC
    …
    type (task_descriptor_template_situations) task_descriptor
    …
 task_descriptor%num_sat          = num_sat
 task_descriptor%t_adr            = t_adr;            task_descriptor% dt_adr          = dt_adr
 task_descriptor%xvn_adr          = xvn_adr;          task_descriptor%xvk_adr          = xvk_adr
 task_descriptor%max_num_sit      = max_num_sit;      task_descriptor%num_sit_prob     = num_sit_prob
 task_descriptor%sci_problem_adr = sci_problem_adr;  task_descriptor%len_sci_task     = sci_task_len
 task_descriptor%TrajectParam_adr= TrajectParam_adr; task_descriptor%TrajectParam_len= TrajectParam_len;

 CALL  UPC(th_id_num,num_threads,ha_1,adr_glb_counter,thread_par_local,granule, &
                Psitanal_UPC,local_task_descriptor_adr,local_num_sit_prob)

END SUBROUTINE  SituationProcessorUPC
```

Fig. 2. Buffer subroutines where the two solvers are called by polymorphic name UPC and using the two structures from figure 1, containing specific for each of the solvers arguments.

Figure 2 illustrates fragments of the buffer subroutines calling the two solvers. The calling of subroutine UPC in the two cases concerning each of the solvers is shown. In our case the names **Pool_threads_Control_1** and **Pool_threads_Control_2** are synonyms which are two entry points of same subroutine. The two entry points of the subroutine allow to be called with different number and semantic parameters. In our case the number of parameters is reduced through application of specific structure, explained above.

Other problem is related to calling of the given solver from pool of thread control subroutine, because every solver has specific list of actual arguments. One part of these arguments is related to pool of thread control and other part to processing data, model parameters or initial conditions. Third part of arguments represents names of subroutine passed to the solver. One of the names is mandatory - this is the name of the solver called from pool of threads control subroutine and the number of other names is according to the specifics of the solver. While the first groups of arguments from the list can be packed in user defined structure, this is not possible for the names of subroutines in the frame of fortran 95. Therefore, they are placed at the end of the list of actual parameters. Some variable names are reserved at the end of the list of arguments of the solver, which can be interpreted eventually from the solver as names of subroutines or functions.

The name “solver” is in the list of formal arguments of the subroutine for pool of threads control, shown on the figure 3. The actual name of the solver (after linker generates the executable) is address, set in the respective buffer subroutine (figure 2).

Conclusion

The proposed unification of the pool of thread control subroutine for application in different solvers simplifies the routines in the frame of multi-physic applications, reducing to only one subroutine for all different solvers.

Assigning a name of a subroutine (function) to the component of structure is possible in the newest versions of fortran (fortran 2003).

```
SUBROUTINE     Pool_threads_Control_1(th_id_num,num_threads,ha_1,adr_glb_counter,thread_par,granule, &
                                      Solver,task_descriptor_adr,num_tasks,RHFun)
 USE  DFmt
 USE  RN
ENTRY           Pool_threads_Control_2(th_id_num,num_threads,ha_1,adr_glb_counter,thread_par,granule, &
                                      Solver,task_descriptor_adr,num_tasks )
  integer              th_id_num,      ha_1,adr_glb_counter,thread_par(4),granule
  integer                                                   task_descriptor_adr
  integer, automatic ::  loc_ha_1,loc_counter,loc_counter0
  integer          glb_counter
 POINTER(adr_glb_counter,glb_counter)

        ha_beg= thread_par(3);          ha_end= thread_par(4)
      loc_ha_1= ha_1
DO WHILE(.true.);

         k=  WaitForSingleObject(ha_beg,WAIT_INFINITE) ! Event for running of the thread

  DO WHILE(glb_counter.LT. num_tasks)
    k= WaitForSingleObject(loc_ha_1,WAIT_INFINITE);
           obj_remain= num_tasks-glb_counter
        IF(obj_remain.GT.granule.AND.granule.GT.1) THEN
                loc_counte0= glb_counter+1;          ! increment for serial subtask
                glb_counter= glb_counter + granule
               k= SetEvent(loc_ha_1)                 ! Allows others threads to get tasks
          DO  loc_counter=loc_counte0,loc_counte0+ granule-1
            IF(loc_counter.GT. num_tasks) EXIT
                        loc_adr= adr + (loc_counter-1)*adr_len;
              CALL  Solver(loc_counter,task_descriptor_adr,num_tasks,th_id_num,RHFun)
          END DO
                                                  ELSE
                glb_counter= glb_counter + 1;       ! increment for serial subtask
                loc_counter= glb_counter;           ! remember in thread's local storage
                        k= SetEvent(loc_ha_1)       ! Allows others threads to get tasks
          IF(loc_counter.GT. num_tasks) EXIT
             loc_adr= adr + (loc_counter-1)*adr_len;
              CALL  Solver(loc_counter,task_descriptor_adr,num_tasks,th_id_num,RHFun)

          ENDIF
 END DO
          k= ResetEvent(ha_beg) ! Preparation of the event for next step in the time
          k=    SetEvent(ha_end) ! This event signals about finish of the thread
END DO;

END SUBROUTINE  Pool_threads_Control_1
```

Fig. 3. Unified subroutine which is used in the two developed solvers.

Additional investigations are necessary to determine the influence of the presented unification on run-time efficiency.

References:

1. Wertz, J.R., Larson, W.J., 1999. Space Mission Analysis and Design, third ed. Microcosm Press, Kluwer Academic Publishers.
2. Eickhoff, J., 2009. Simulating Spacecraft Systems, vol. 353. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
3. Rauber, T., and Gudula Rünger. *Parallel programming: For multicore and cluster systems*. Springer Science & Business Media, 2013.
4. Atanassov, A., 2014, Parallel, Adaptive, Multi-Object Trajectory Integrator for Space Simulation Applications, Adv. Sp. Res., v. 54, № 8, p. 1581–1589.
5. Atanassov, A.M., Parallel Satellite Orbital Situational Problems Solver for Space Missions Design and Control. Adv. Sp. Res., v. 58, № 9, p. 1819-1826.
6. Atanassov, A., Program System for Space Missions Simulation – First Stages of Projecting and Realization, In Proceedings of SES 2012, 209-214, 2013.
7. Atanassov, A., Method of Thread Management in a Multi-Pool of Threads Environments, In Proceedings of SES 2014, 241-246, 2015.

SITUATION ANALYSIS BASED ON SPATIOTEMPORAL SITUATION CONDITIONS

Atanas Atanassov

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

Keywords: *satellite situation analysis, situation condition, constraints satisfaction problems*

Abstract: *The situation analysis is important tool applied at different stages of preparation and implementation of space missions. The situation analysis establishes the time/temporal intervals, when specific conditions/constraints, (which are very important for every particular experiment, measurement, solving scientific or technological problem) are met.*

Spatiotemporal conditions are involved in the present work for more adequate definition of situation conditions, depending on specific characteristic temporal intervals, related to nature of investigated processes and phenomenons.

МНОГОСПЪТНИКОВ СИТУАЦИОНЕН АНАЛИЗ ВКЛЮЧВАЩ И ВРЕМЕТО КАТО ДОПЪЛНИТЕЛНО ОГРАНИЧЕНИЕ

Атанас Атанасов

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: At_M_Atanassov@yahoo.com

Резюме: *Ситуационния анализ е важно средство на различни етапи от подготовката и провеждането на космически експерименти. С него се установяват времевите интервали в рамките на които се изпълняват условия, съществени за провежданите експерименти и измервания и решаваните научни и технологични задачи.*

В настоящата работа се въвеждат пространствено-времеви ситуационни условия, чрез които се цели по-добро дефиниране на условията за провеждане на експерименти и измервания, в зависимост от времевите характеристики и природата на изучаваните процеси и явления.

Introduction

Situation analysis is substantial on different stages of space mission preparation and realization [1]. Analysis of potential orbital events with participation of satellites from different space missions can be very useful [2, 3]. Such analysis could be useful and after completion of various space missions, when data measured from instruments disposed on different satellites are collated.

Program system for analysis and simulations of multi-satellite space experiments is under development at branch of Space Research and Technology Institute, in Stara Zagora [4]. Parallel processor for situation problems solving is incorporated in frames of this system [5]. Possibilities for space-time situation conditions definition are shown in the present paper.

Essence of situation analysis

Situation analysis aims at finding of time intervals, when specific conditions are met, which are suitable for conducting observations, measurements, experiments and in general, satellite operations.

Situation conditions represent different constraints related to:

– observation conditions for the measurements; evaluation of possible side effects of disturb factors – Sun, Moon, radiation background.

– objects of observation, which can be (relatively) static or moving on Earth's surface.

– Измервания на параметрите на средата (атмосфера, йоносфера) (in-situ или с дистанционни методи).

– measurements of environmental parameters (of the atmosphere, ionosphere, magnetosphere) in-situ or by remote sensing.

In most cases, simultaneous realization of several conditions is necessary for one measurement related to specific scientific problem. These conditions can be presented through logical predicate functions and so, the check can give false or true. Then we can write down for general expression of situation problem:

$$\mathrm{SP} = \mathrm{s}_1(\alpha_1, \beta_1, \mathrm{t}) \vee \mathrm{s}_2(\alpha_2, \beta_2, \mathrm{t}) \vee \ldots \vee \mathrm{s}_N(\alpha_N, \beta_N, \mathrm{t}),$$

where {α} and {β} are sets of parameters and constraints for each of situation condition participating in the situation problem SP.

The aim of the situation analysis is determination of time intervals optimal for space experiments and measurements execution. The optimal time intervals are determined according to specific situation conditions having geometrical or physical nature and their appropriate parameters.

Sometime it is possible one object to be observed with instruments disposed on more than one satellite. Even satellites can be of different missions, which implementation coincides in time. The same measurements can be performed with different kind of instruments.

Some instances about introduction of time in situation conditions

Usually in multi-satellite situational analysis situational conditions for different satellites are checked against a single point in time. This is strong restriction, in some cases when the processes are relatively slow. It may be possible to compare data from different satellite missions obtained in the framework of a specific interval of time, during which the studied subject is changing slowly.

The following instances of insertion of the time in situation conditions are possible:

– two satellites pass over the same point on the Earth's surface (crossing of satellites traces) in frame of time interval $\tau = \left|\mathrm{t}_{s_1} - \mathrm{t}_{s_2}\right|$ shorter than some characteristic time τ^*.

– two satellites pass over circular area of Earth's surface, defined with center coordinates (φ,λ) and angular radius θ, one of the two satellite pass later with delaying τ.

– two satellites pass over two different circular areas on Earth's surface defined with geographic coordinates of their centers and angular radii $(\varphi_1, \lambda_1, \delta_1; \varphi_2, \lambda_2, \delta_2)$ in the term of time interval τ^*. This situation condition can be connected with geographic area, which are interesting from geophysical point of view (like areas over north and south cusps).

– traces of two satellites are close enough, so that the satellites pass over close points, at angular distance φ<φ* in the frame of time interval $\tau < \tau^*$.

The follow definition is possible to be writing down for the last example:

$$\gamma_1 = \begin{cases} \varphi_{t_1,t_2} < \varphi^* - \text{without delaying} \\ \min(\varphi_{t_1,t_2-k.\Delta t}, \varphi_{t_2,t_1-k.\Delta t}) < \varphi^*; \mathrm{k}_{\max} = \dfrac{\tau^*}{\Delta t}; \mathrm{k} = \overline{1, \dfrac{\tau^*}{\Delta t}}; \varphi_{t_1,t_2} > \varphi^* - \text{with delaying} \end{cases}$$

Where $\mathrm{t}_1 - \mathrm{k}.\Delta\mathrm{t}$ and $\mathrm{t}_2 - \mathrm{k}.\Delta\mathrm{t}$ are series of sequential moments for the two satellites respectively, φ^* is maximal angular distance, which appear as angular constraint for the particular situation condition. Applying "delaying" in the time, angular distance φ_{tt} (where t- current time) is larger

than threshold constraint angular distance φ^*. Δt is step in time and τ^* maximal delaying time for one of the two satellites.

Specifics in development of space-time situation conditions

These conditions need memory storage, where values of appropriate variable in consequent moments in time are stored. These values are analyzed at every step in the time. A lot of situation problems may contain conditions, which have same template but different parameters and constraints. All of these parameters and constraints are stored according to situation condition definition model. Characteristic time τ^* is also specific for each space-time situation condition. This time determines the size of allocated array. Dynamic storage with appropriate size is allocated for each spatial-timed situation condition in one situation problem. The address and size of this memory are stored in two specific parameter of the situation condition (fig. 1b). The working data necessary for one situational condition included in one situational problem are placed in specific place (address) in dynamic storage, which is allocated from operation system after request, at suitable place in the program.

```
type    sit_task
 UNION
  MAP            ! Only for control- contains number of situation conditions
    …            !
  END MAP
  MAP
    type (SitCond) sit_cond     ! situation conditions description templete- parameters
  END MAP
 END UNION
end type sit_task                                                    (a)
```

```
type     SitCond
   integer      sit_code      ! code of the situation condition; every situation have some code
   integer      sat_num       ! which satellite concern this situation task
   logical      flag          ! satisfied sit.cond: .false. or .true.
   logical      begin_sit     ! local sit.cond parameter
   logical      fl_rezults    ! if .true. - flag for end of situation and ready results
   real*8       t12(2,3)      ! contains the last time interval when the sit.cond was satisfied
   real         duration      ! duration of a current situational condition/event
   real         dt_sit        ! local sit.cond parameter- accumulates duration of sit.cond before ending duration
   real         t_cond_total  ! local sit.cond parameter- accumulates total durations for the hole observational period
 UNION
  MAP                ! Sit__1: Pass over circular region of Earth surfase with centre (lati,longi)
  …
  END MAP
  …
  MAP                ! Sit__15: two satellites pass over close points on the Earth surface with delaying τ
   integer     sec_sat_4          ! secondary satellite
   real          lati_4           ! latitude of circular region
   real         longi_4           ! longitude
   real         angle_4           ! angle of region
   Integer    address_4,   num_4  ! local storage for condition and length (moments stored)
   real        angle_4,delay_t_4
   logical      flag_4
  END MAP
  MAP                ! another situation condition descriptions
  …
  END MAP
 END UNION                                                          (b)
end type  SitCond
```

Fig. 1. a). general template for situation condition; b) attributes of a presented situation condition

Source code of situation condition

Situation condition related to closeness of satellites' trajectories (traces on Earth's surface) is explained in the present paper. Description model of situation condition and program realization, containing different attributes (parameters and constraints), are shown. Other situation conditions containing a time as parameter could be developed in a similar manner.

Figure 1a illustrates general template for definition of situation conditions [4]. Figure 1b illustrates template of the given situation conditions. The template contains attributes general for all

```
FUNCTION     Sit__15(t,dt,xv1,adr_xv2,angle,delay_t,address,num,fl_rezults,duration,begin_sit,dt_sit,t12)
 USE  DFlib
  logical        Sit__4,                                          fl_rezults,          begin_sit
  integer                    adr_xv2,                  address
  real                                  angle,delay_t,                          duration
  real*8                t,   xv1(3),xv2(3),                                                          t12(2,3)
!_____________________________________
 logical    flag
 integer    addressx1,addressx2,addresst1,addresst2
 real*8    x1(3,num),x2(3,num),t1(num),t2(num),t1_min,t2_min,dt,dt_min, mul,a1,a2,a3,b1,b2,b3,  a(3),b(3)
 real*8,parameter ::  Rz=6371.D3,pi=3.141592654,  grrad= pi/180.D0
 AUTOMATIC  cos_angle_s1,cos_angle_s2,cos_angle,t_min1,t_min2,flag,cosmax1,cosmax2
  POINTER(addressx1,x1); POINTER(addresst1,t1); POINTER(addressex,index)
  POINTER(addressx2,x2); POINTER(addresst2,t2); POINTER(addressek,indek); POINTER(adr_xv2,xv2)
    mul(a1,a2,a3,b1,b2,b3)= a1*b1 + a2*b2 + a3*b3
       addressx1= address
       addressx2= address    + 8*3*num;     addresst1= addressx2 + 8*3*num
       addresst2= addresst1 + 8    *num;     addressex= addresst2 + 8     *num;          addressek= addressex + 4;
L1:  IF(index.EQ.num) THEN
      x1(:,1:num-1)= x1  (:,2:num); x2(:,1:num-1)= x2 (:,2:num); t1(  1:num-1)= t1 (  2:num); t2(  1:num-1)= t2 (2:num)
      x1(:,     index)= xv1(:);          x2(:,    index)= xv2(:);          t1(      index)= t;                t2(      index)= t
 ELSEIF(index.LT.num) THEN;
     index=            index + 1; indek= index
      x1(:,     index)= xv1(:);          x2(:,    index)= xv2(:);          t1(  index)= t;                  t2(      index)= t
 ENDIF  L1; flag=.false.
              i= index; cos_angle_s2= COS(angle*grrad); t_min2= t; cosmax1=.0
L2:  DO  j=indek,1,-1
       cos_angle= (mul(x1(1,i),x1(2,i),x1(3,i),x2(1,j),x2(2,j),x2(3,j)))/   &
            (SQRT(mul(x1(1,i),x1(2,i),x1(3,i),x1(1,i),x1(2,i),x1(3,i)) * mul(x2(1,j),x2(2,j),x2(3,j),x2(1,j),x2(2,j),x2(3,j))))
        IF(cos_angle.GT.cos_angle_s2.AND.ABS(t-t2(j)).LE.delay_t) THEN
                          cos_angle_s2=   cos_angle; t_min2=   t2(j); flag=.true.
          ENDIF
    END DO  L2
      j= indek; cos_angle_s1= COS(angle*grrad); t_min1= t
L3:  DO  i=index,1,-1
       cos_angle= (mul(x1(1,i),x1(2,i),x1(3,i),x2(1,j),x2(2,j),x2(3,j)))/   &
            (SQRT(mul(x1(1,i), x1(2,i),x1(3,i),x1(1,i),x1(2,i),x1(3,i)) * mul(x2(1,j),x2(2,j),x2(3,j),x2(1,j),x2(2,j),x2(3,j))))
        IF(cos_angle.GT.cos_angle_s1.AND.ABS(t-t1(i)).LE.delay_t) THEN
                          cos_angle_s1=   cos_angle; t_min1=   t1(i); flag=.true.
          ENDIF
    END DO  L3
L3:IF(flag) THEN
      IF(.NOT.begin_sit) THEN
                        begin_sit=.true.; fl_rezults=.false.
                   IF(cos_angle_s2.GT.cos_angle_s1) THEN
                        begin_sit=.true
                          t12(1,1)= t_min2; t12(1,2)= t_min1; t12(1,3)= t_min2;
                                  ELSE
                          t12(1,1)= t_min1; t12(1,2)= t_min1; t12(1,3)= t_min2
                     ENDIF; dt_sit=.0
                            ELSE
                          t12(2,1)= t; t12(2,2)= t_min1; t12(2,3)= t_min2
        ENDIF
          Sit__4=.true.; dt_sit= dt_sit + dt
            ELSE
     IF(begin_sit) THEN
         begin_sit=.false.;  fl_rezults=.true.; duration= dt_sit-dt; dt_sit=.0
              ELSE
                            fl_rezults=.false.; duration=.0;
        ENDIF
          Sit__4=.false.;
     ENDIF  L4
END FUNCTION  Sit__15
```

Fig. 2. Source code of the subroutine Sit__15 for calculation situation condition

situation conditions as well as specific one. Such specific attributes are identification numbers of satellites, addresses of allocable storage containing coordinates and angular distance between points of the traces (look above).

Allocated storage contains coordinates of the two satellites for series of last M moments in the time. For the number of moments M we may write down:

$$M = \frac{\tau}{\Delta t},$$

where τ is delay time, and Δt is step in the simulation time. The dialogues for definition of situation and dynamic problems as well as step in simulation time are two mutually independent acts. Because of that, determination of the values M_i for all situation problems, which contain delayed situation conditions, must be made before start of simulation.

Figure 2 illustrates source code about presented situation condition. Operators from type pointer are used for connecting working data to specific addresses. IF - THEN construction, labeled with L1, is used for accumulation of working data. DO operators, labeled with L2 and L3, check situation condition on series of data for each of satellites $\min(\varphi_{t_1,t_2-k.\Delta t}) < \varphi^*$ or $\min(\varphi_{t_2,t_1-k.\Delta t}) < \varphi^*$ The last IF – ENDIF construction, labeled with L4, is used for lock - unlock situation analysis control and fixation of initial and final moments of time.

Conclusion

The introduction of the time as a parameter in the situation analysis and its connection with temporal parameters reflecting dynamical characteristics about the nature of the studied objects is an interesting problem. Such an analysis would increase the possibilities as regards the experiment (searching and finding of the additional time intervals appropriate for the measurement, the extraction of further information), and in terms of a fuller use of data from completed missions.

Joint measurements made with instruments located on different satellites can be facilitated by the proposed analysis. Other situation conditions containing time constraint from types listed above will be realized. Widening of the class of space-time situation conditions from geometric to physical nature is upcoming.

References:

1. Wertz, J. R., Larson, W. J., 1999. Space Mission Analysis and Design, third ed. Microcosm Press, Kluwer Academic Publishers.
2. Nazirov, R., & Prokhorenko, V., 1996. The Multi-Satellite Space Missions and Campaigns Long-Term Planning. In *Space Mission Operations and Ground Data Systems-SpaceOps' 96* (Vol. 394, p. 441).
3. Nazirov, R. R. and Prokhorenko, V.I., 1998. Situation analysis in the problems of space physics, *Kosm. Issl.*, vol. 36, no. 3, pp. 311–322. [*Cosmic Research*, pp. 292–303].
4. Atanassov, A., Program System for Space Missions Simulation – First Stages of Projecting and Realization, In Proceedings of SES 2012, 209-214, 2013.
5. Atanassov, A. M., Parallel Satellite Orbital Situational Problems Solver for Space Missions Design and Control. Adv. Sp. Res., v. 58, № 9, p. 1819-1826.

ANALYSIS OF DISC'S MODELS AND ACTIVE STATES INDICATIONS OF ACCRETING COMPACT BINARY STARS

Daniela Boneva, Lachezar Filipov

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: danvasan@space.bas.bg, lfilipov@space.bas.bg

Keywords: *Stars: Binary stars; Accretion; polarization;*

Abstract: *We investigate the relationship between brighten-up events, respectively light curve shape's behavior, disc's models and polarization states in accreting compact binary stars. Indications of binary star's activity, by employing theoretical and observational data on their main parameters and conditions are presented.*
Using online data of the base accreting flow parameters, the disc's structure models are created for two types of stars.
We suggest some observational results, which demonstrate the existence of the brightness variability in three binary stars with compact objects: V592 Cas (Cassiopeia), CH Cyg (Cygnus) and V471 Tau (Taurus). The methods of polarimetry to probe the stars conditions during the active states are also applied. The results show variations in the polarization parameters of selected binaries for the flares activity period.

АНАЛИЗ НА МОДЕЛИ НА ДИСКОВЕ И ИНДИКАЦИИ НА АКТИВНИ СЪСТОЯНИЯ В АКРЕТИРАЩИ КОМПАКТНИ ДВОЙНИ ЗВЕЗДИ

Даниела Бонева, Лъчезар Филипов

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: danvasan@space.bas.bg, lfilipov@space.bas.bg

Ключови думи: *Звезди: Двойни звезди; Акреция; Поляризация;*

Резюме: *В тази статия ние изследваме връзката между активност на просветвания, съответните форми на кривите на блясъка, дисковите модели и поляризационното състояние на акретиращи компактни обекти в двойни звездни системи. Представени са индикации за тези активности в двойните чрез теоретични и наблюдателни данни.*
Чрез използване на онлайн данни за основните параметри на акретиращия поток, са конструирани модели на дисковете за два типа звезди.
Използвани са наблюдателни данни, които демонстрират наличието на вариации в светимостта в три двойни звезди с компактни обекти: V592 Cas (Cassiopeia), CH Cyg (Cygnus) and V471 Tau (Taurus). Приложени са и методи на поляриметрията за изучаване на състоянията на тези звезди по време на периоди на активности. Резултатите показват вариации в поляризационните параметри на избраните двойни по време на периодите на промени в светимостта.

Introduction

The main aim of this survey is to show the variations in stars' physical conditions by indications of different models and methods. Active states in astrophysical objects are usually associated with the phenomena like bursts, flickerings, flares or jets (from protoplanets to active galactic nuclei), or the scattering of radiation in highly aspherical distributions of matter. Let's first distinguish the events "bursts", "flares" and "flickerings". In Cataclysmic Variable (CV) stars outbursts can occur when the accretion rate exceeds the upper limit of the steady burning range (Mitsumoto et al. 2005). The bursts' brightness exceeds the value of 1 magnitude and they behave as rapid, sudden and energetic outflows. Bisikalo et al. (2001) have detected significant brightness oscillations in CVs with aperiodic nature in part of them, the so call "flickering". This part is characterized by small

magnitude and short timescale. On the other hand they have found that light curves in CVs demonstrate periodic or quasi-periodic photometric modulations with a typical period of ~ 0.1..0.2 P_{orb}. The flickering is stochastic light variations on timescales of a few minutes with amplitude of a few magnitudes (0.01 ÷ 1). This variability is observed in the three main types of binaries that contain white dwarfs accreting material from a companion mass-donor star: cataclysmic variables, supersoft X-ray binaries, and symbiotic stars (Sokoloski 2003).

The flares appear normally in systems with accretion discs in time scales of hours to days, with amplitudes in a range of 1 ÷ 3 magnitudes. On the other hand, van Paradijs et al. (1989), performed five-colour observation and demonstrated that the flares occur throughout the whole orbital period with the rise time ~ 100 ÷ 200s. They found that the light curve of AE Aqr (CV star) exhibits large flares on timescales of about 10 minutes. Bruch and Grutter (1997) found that the strong flares could be also phase dependent.

In this survey we investigate the features of polarization modeling on the emission properties of flares and bursts in binary stars. Churazov et al. (2002) have suggested that a repeated variability in the brightness could affect to the degree of polarization. They proposed X-ray polarization as a mechanism to probe the flarings and the resulting, reprocessed X-ray should be polarized. The result, applicable to this paper's case, is that synchrotrons produce coherent, circularly polarized radiation.
Very little polarization in nearby stars was found by Piirola (1977), Tinbergen (1982) and Leroy (1993a,b, 1999). The mean measured polarization degree of the stars is less than 2×10^{-5}. As an example, the polarization level of BS 7001 (Vega) has a value of $\sim 17 \times 10^{-6}$ and it is most likely in the result of scattering in its dust disc. We apply the observational data of V592 Cas (Cassiopeia), CH Cyg (Cygnus) and V471 Tau. To create the light curves and indicate the existence of flares we used the data from AAVSO (American Association of Variable Star Observers) and SWIFT generator, as well as for their energy spectrum production. The polarization data are taken from PolarBase (A DataBase of high resolution spectropolarimetric stellar observations) (Petit et al. 2014).

Disc's models and basic parameters

We investigate a disc's configuration around the primary star after the mass transfer being started and as a result of interacting processes between the close components. In this case, it is necessary to include physical essence of the flow dynamics. The nature of this interaction allows employment of gas-dynamics equations presented in their applicable vector form, in (Boneva & Filipov 2012, Boneva & Kaygorodov 2016). The equations are as follows: equation of mass conservation; the existence of viscous processes in the accretion flow, as well as influence of forces and rotation could be performed by the following Navier-Stokes equations; energy balance equation for a viscous non-ideal fluid and equation of state for compressible flow.

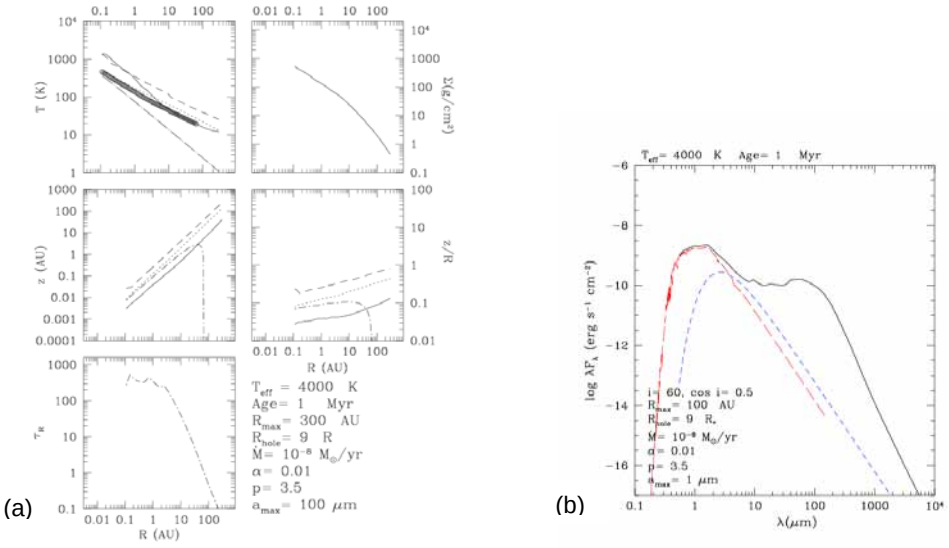


Fig. 1. Disc models for cool objects with values of T_{eff} ~ 4000K and R_{hole} (Inner radius of the disc). The plots show: Disc's model and parameters v/s variations in radius (Fig. 1a); changes in values of temperature, surface density, heights, ratios of heights over radius and the Rosseland mean opacity with variations of disc radius. Spectral Energy Distribution (Fig. 1b); the model flux in ergs/cm^2/s1 against wavelength in micron in thin black line; the model flux for the central star in dashed red line; It illustrates the emission from the star.

To define the conditions for further modeling, it is necessary to create discs structure models for the different stars type. Based on the models of D'Alessio et al. (2004) and Merin B. et al. (2004) we generate sets for K and B types, with different parameters. They are shown at the Figures (1a,b and 2a,b).

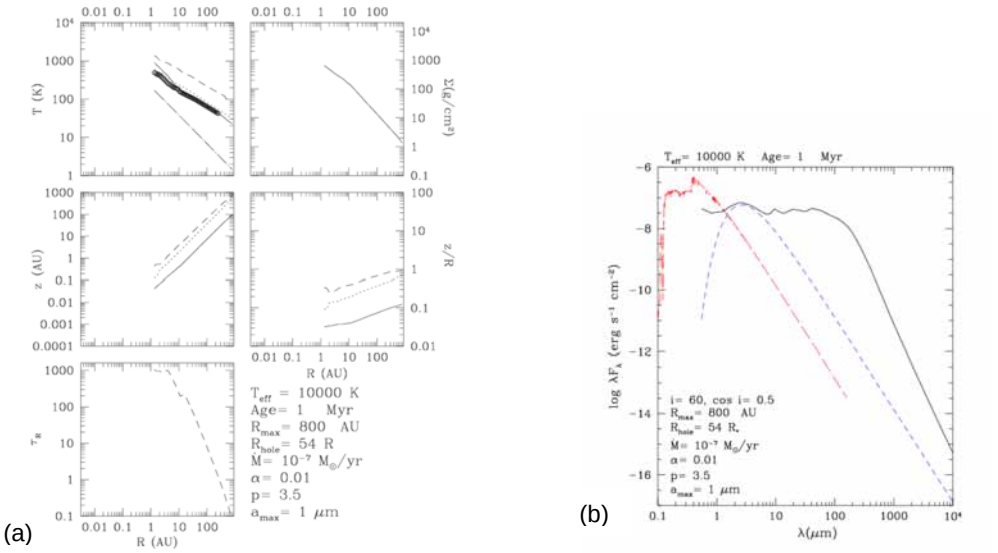


Fig. 2. Disc models for objects with values of T_{eff} ~ 10000K and R_{hole} (Inner radius of the disc). The plots show: Disc's model and parameters v/s variations in radius (Fig. 2a); changes in values of temperature, surface density, heights, ratios of heights over radius and the Rosseland mean opacity with variations of disc radius. Spectral Energy Distribution (Fig. 2b); the model flux in ergs/cm^2/s1 against wavelength in micron in thin black line; the model flux for the central star in dashed red line; It illustrates the emission from the star.

In the cool stars (K type) model we have a different temperature range and density values, compared to the models of B stars, and how it is seen at the Figures 1 and 2. This difference in the flow's parameters has an influence on the physical models of burst activity development (Boneva et al. 2009), as well as of flickerings and flares, suggested in (Boneva & Kaygarodov 2016, Boneva 2016). In the next section we can see the variations in brightness, expressed in the light curves shape behavior, obtained by the observation data of the studied binaries.

Results of observational data and their indications of active states

In this section, the observational exhibition of active states of three binary stars is presented. With the aim of comparing the results between objects, they are chose to be of different classes or types: CV star, Be star and a cool binary star. Let's first give short basic description for each of the targets.

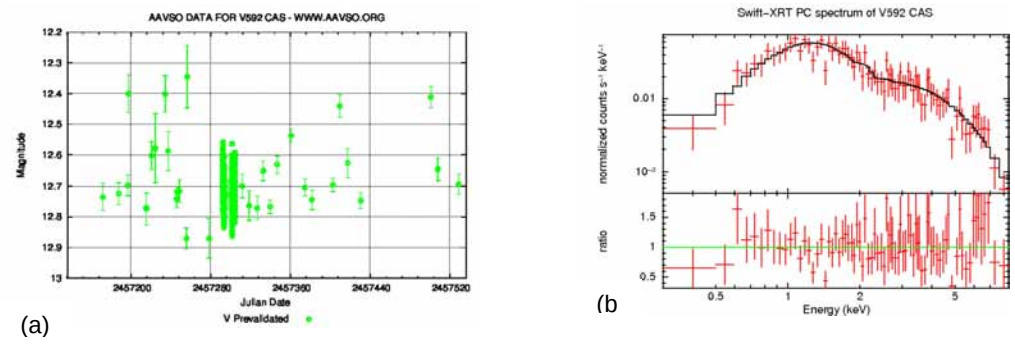
- V592 Cas (Cassiopeia): This OB spectral type CV star is suitable for our recent study, because of its observed flares activity and accretion discs existence, discovered by Greenstein et al. (1970). It behaves as a typical accreting nova like CV, exhibiting a single-peaked Hα emission line (Kafka et al. 2009). The low inclination angle (Huber et al. 1998) makes possible to take the real emissions from the object.

Its WD is about 0.75 M☼ with a temperature of 45,000K (Hoard et al. 2009) and a mass accretion rate around 1×10^{-8} M☼ yr^{-1} (Taylor et al. 1998; Hoard et al. 2009). We choose this object from the Simbad Astronomical database.

- The next binary is CH Cyg (Cygnus), which is of M7IIIab+Be spectral type. CH Cyg behaves as a Semi-regular variable (SR) star. Those types are usually giants or supergiants of intermediate and late spectral types showing perceivable periodicity in their light changes, accompanied by various irregularities. Periods are in the range from 20 to even more than 2000 days, while the shapes of the light curves are rather different and variable, and the amplitudes may be from several hundredths to several magnitudes (usually 1-2 mag. in V (Visual)). The combined brightness displays irregular variations with amplitudes up to 4 mag. in V.

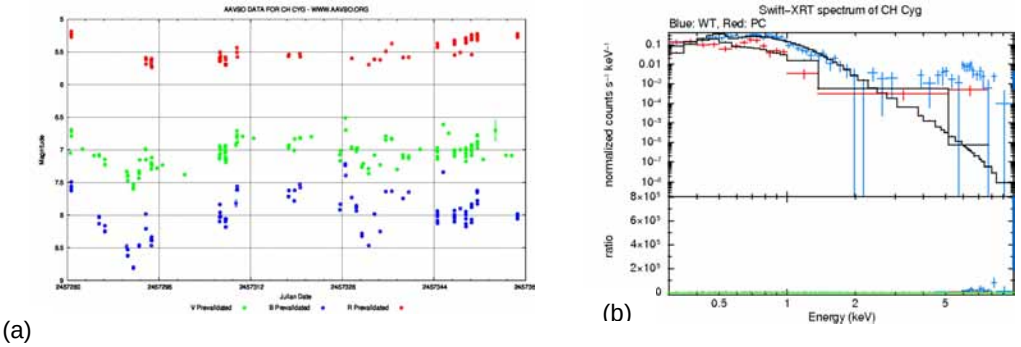
- V471 Tau is a binary pre-cataclysmic system consisting of a cool white dwarf and main sequence star with an orbital period of 0.52 days. This is an eclipsing binary system and the change in brightness takes only 55 seconds (Hric 2011). The light curves of V471Tau show the typical flares behavior.

Using data from the on-line light curve generators of AAVSO and SWIFT, we created the light curves and received the energy spectrum to detect the existence of flares of those three binaries (see Figures 3-5). The energy spectrum is in pc (photon counter) mode: since the high count rate of the photon flux is necessary for the better polarization sensitivity in the calculations. The indications of active states are presented as follows.



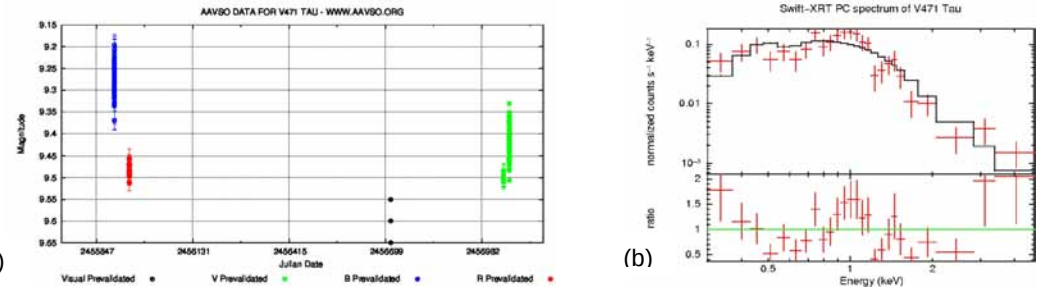
(a) (b

Fig. 3. Active states of the CV star V592 Cas. Indications of flare-ups in V592 Cas light curve (AAVSO data generator)(Fig.3a). Energy spectrum, in PC mode, shows the most active part of the energy range (Fig. 3b).



(a) (b)

Fig. 4. Indications of active states in CH Cyg. Light curve of CH Cyg shows variations in brightness with amplitude in a range of 1 to 2 magnitudes (VBR observations) and time scales of ~ 10 days. (AAVSO light curve generator).



(a) (b)

Fig. 5. Light curve of binary with cool white dwarf V471 Tau (Fig. 5a). It is seen flares activity at the time of observations. Fig. 5b shows the count rates in the energy spectrum, in PC and WT modes, are active for the most part at low ranges. (Swift-XRT generator, Evans et al. 2009)

In these three classes of binaries the different behavior of the brighten-up effects is detected. The difference could be caused by physical properties of the accreting flow, as well as by the dominating mechanism or their orbital periods.

The higher luminosity rate, in the result of flares could affect on the polarization degree. The next step is to find any relation between brightness variability and polarization parameters. We reduce

the data from PolarBase for our two binaries and we apply them in the calculation of the polarization degree and to create the emission polarization profile. This measurement is in a relation with radial velocity and wavelength in wide broad-bands. The next figures (Figures 6-7) present the polarization profiles of CH Cyg and V592 Cas (Boneva & Filipov 2016, Boneva 2016).

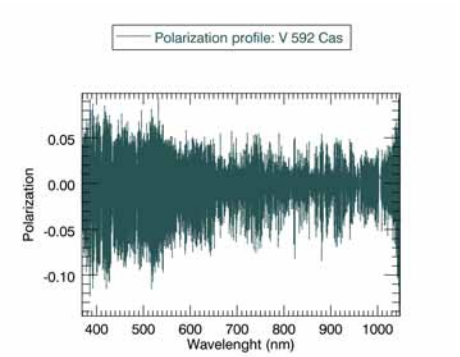


Fig. 6. Polarizations states variations of V592 Cas in a relation to the wavelength. V592 Cas can exhibit variations in rates of polarization degree during the flares periods and at different wavelengths.

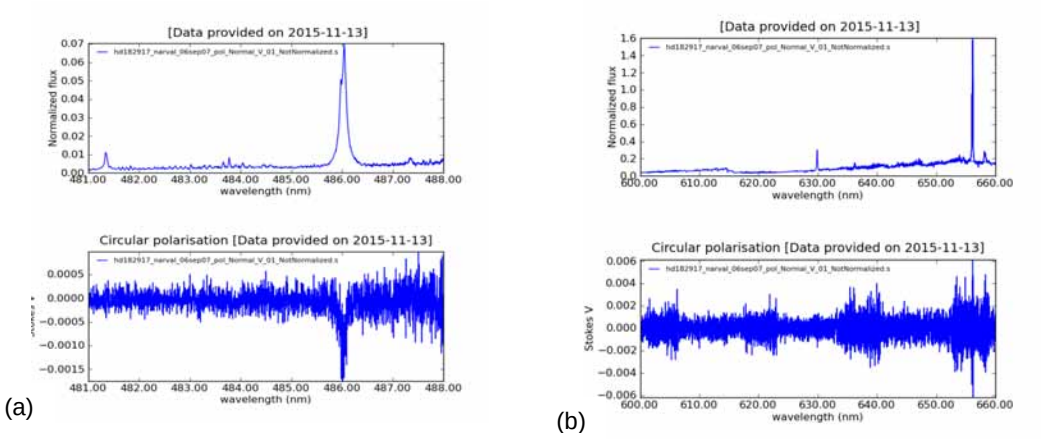


Fig. 7. Polarization profile of CH Cyg for different wavelengths. The figures show variations in values of the V Stokes parameter. The data are taken from PolarBase.

The data of V471 Tau are limited and at the same time, in our calculations, it shows very weak polarization activity to create the meaningful polarization profile. We calculated the polarization profile of CH Cyg in accordance to the observational periods as is used in its energy spectrum (Figure 5b) and the light curve (Figure 5a) that indicates variations in brightness in this binary. This way, to show the relation between the brightness variability and polarization states is possible.

Conclusion

- According to the light curves profiles, the presence of brightness variability and active states are detected at the above three binary stars with compact objects
- We obtained the polarization profiles of those stars against radial velocity and wavelength by applying the data from PolarBase data center. The results show an existence of variations in polarization parameters during the time of outflows activity.
- We know that: The state of polarization of the emitted light in general provides information on various spatial anisotropies of the excited system. After analyzing the polarization parameters and its wavelength dependence we could have an information about the basic properties and structures of the flares material, and the size of the scatterers.

Acknowledgments:

- *This work made use of data supplied by the UK Swift Science Data Centre at the University of Leicester.*

- *Thanks to the AAVSO (American Association of Variable Star Observers) to provide the data of Light Curve Generator*

References:

1. Bisikalo, D. V., Boyarchuk, A.A., Kaigorodov P.V., Kuznetsov O.A. 2003, Astron. Rep. 47, 809
2. Boneva, D. & Kaygorodov, P. 2016, BgAJ, 25, 26.
3. Boneva, D. & Filipov, L. 2012, astro-ph/1210.2767B.
4. Boneva, D. V., Kaigorodov, P. V., Bisikalo, D. V., & Kononov, D. A. 2009, ARep, 53, 1004.
5. Bruch, A., & Grutter, M. 1997, AcA, 47, 30
6. Churazov, E., Sunyaev, R., & Sazonov, S. 2002, MNRAS, 330, 817
7. Evanse, P. A. et al., 2009, MNRAS, 397, 3, p.1177
8. Goosmann, R. W. & Gaskell, C. M. 2007, A&A, 465, 129
9. Greenstein, J. L., Sargent A. I., Haug U. (1970) A&A 7, 1
10. Hric, L. & Kundra, E. 2011, Proceedings IAU Symposium, 282, 121.
11. Hoard, D. W., et al. (2009) ApJ 693, 236
12. Huber, M. E., Howell S. B., Ciardi D. R., Fried R. (1998) PASP 110, 784
13. Kafka, S., D. W. Hoard, R. K. Honeycutt, and C. P. Deliyannis, (2009) AJ 137,197
14. Leroy, J. L., 1999, A&A, 346, 955
15. Leroy, J. L., 1993a, A&AS, 101, 551
16. Leroy, J. L., 1993b, A&A, 274, 203
17. Mitsumoto, M., Jahanara B., Matsuda T., Oka K., Bisikalo D. V., Kilpio E. Yu., Boffin H. M. J., Boyarchuk A. A., Kuznetsov O. A., 2005, Astron. Rep.,49, 884
18. Merin, B., Montesinos, B., Eiroa, C., Solano, E., Mora,A., et al. 2004, A&A, 419, 301.
19. Marin, F., Karas V., Kunneriath D., and Muleri F., 2014, MNRAS, 441, 3170
20. Molinari, S., Bally, J., Noriega-Crespo, A., et al. 2011, ApJL, 735, L33
21. Petit, P., Louge T., Theado S., Paletou F., Manset N., Morin J., Marsden S. C., Jeffers S.V., 2014 PASP V 126 939, 469
22. Piirola, V., 1977, A&AS , 30, 213
23. Sokoloski, J. L., Kenyon S.J., 2003, ApJ 584, 1021
24. Taylor, C. J., et al., 1998 PASP 110, 1148
25. Tinbergen, J., 1982, A&A, 105, 53
26. van Paradijs, J., van Amerongen S., Kraakman H., 1989, AASS, vol. 79, 2, p. 205-215
27. White, N. E., Swank, J., et al. 1982, ApJ, 263, 277W

РАЗВИТИЕ НА МЕХАНИЗЪМА НА АДВЕКЦИЯ В ОТО

Красимира Янкова

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: f7@space.bas.bg;

Ключови думи: *Адвекция, Магнито-хидродинамика (MHD), Активни галактични ядра (АГЯ)*

Резюме: *В тази статия ще разгледаме магнито-хидродинамиката на системата "диск - корона" около централната черна дупка. Адвективният механизъм в унифициран модел на АГЯ.*
Анализира се влиянието на преструктурирането в потока, над самоиндукцията на адвекция. Дискутира се развитието на адвективния механизъм в ОТО.

DEVELOPMENT ADVECTION MECHANISM IN GR

Krasimira Yankova

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: f7@space.bas.bg;

Keywords: *Advection, MHD, AGN*

Резюме: *In this paper will consider the magneto-hydrodynamics on the system 'disk – corona' around the central black hole. Advective mechanism in a unified model of AGN.*
Analyze the influence of the restructuring on the flux, over self-induction on the advection. Discuss the development of the advective mechanism in GR.

Въведение

Съвременната астрономия е позволила да се регистрират квазари в ядрата на повечето известни спирални галактики, включително нашата собствена. Без значение от приемащата галактика, ядрото квазар показва една и съща структура с подобен механизъм на развитие [1]. Различията в поведението на обектите са резултат от различни нива на акреция, масата на централните черни дупки и/или посоката на мониторинг.

Още [12] започват търсене на унифициран теоритичен модел на обекта със съответната морфология (ЧД + диск + корона + джетове).

Ние изградихме унифициран модел за диска в AGN на базата на не-деформираща адвекция [15, 17], който позволява в сферата на нелинейната физика да се проведе аналитично изследване за структурата и еволюцията му.

Модела е построен върху концепцията за действието на пълния адвективен член и поведението на възникващите като следствия на този механизъм прави и обратни връзки в потока, с енергетиката диска.

Механизъм и само-индукция

При ниски (атмосфери и планетни пръстени) и високи (АДАП) рязко изменящи се температури адвекцията се проявява в непълни режими, като индивидуална несъгласувана промяна на един или друг от компонентите на скоростта [2-8,10,13,14]. Като следствие се деформира геометрията на средното течение в диска. Но при плавно достигане на свръх-високи температури [15,17] няма условия за деформации на потока. Адвекцията разгръща постепенно пълният си капацитет като механизъм и се установява в режим на само-индукция при вириялни температури.

Адвекцията под формата на пълен адвективен член (2.1) е естествено изведена в уравненията, описващи динамиката на потока:

(2.1) $$\frac{\partial(\rho \boldsymbol{v}_i)}{\partial \mathbf{t}} + \frac{\partial}{\partial \mathbf{x}_j}(\rho \boldsymbol{v}_i \boldsymbol{v}_j) = \rho\left(\frac{\partial \boldsymbol{v}_i}{\partial \mathbf{t}} + \boldsymbol{v}_j \frac{\partial \boldsymbol{v}_i}{\partial \mathbf{x}_j}\right) = \rho \frac{\boldsymbol{D}\boldsymbol{v}_i}{\boldsymbol{D}\mathbf{t}}$$

Представлява нова интерпретация на физиката, от лявата страна на уравнението за движение: Пълният адвективен член действа, като пълен диференциал:

- Няма неестествено несъгласувано индивидуално изменение за една или друга от компонентите на скоростта;
- Не се игнорира действието на $\partial v_i / \partial t$.

Това означава, че възниква изместване на средното течение със скорост v_i във някаква посока, като се запазва неговата природа.

- Отличителна черта на магнитното поле в случая на черна дупка е, че то е резултат от първичното разпределение на остатъчния заряд при колабса и работата на грави-магнитното динамо след това. Ако динамото се активира достатъчно близо до колабса, то ***м***оже да задържи значителна част от полето на прародителя. Така при Керова черна дупка остава слабо, но достатъчно жизнено поле в рамките на ергосферата, което е тясно свързано с развитието на адвекцията в режим на самоиндукция.

Магнитно поле в диска:

- Определя еднозначно посоката на преместване на средния поток в диска. За поле нормално на равнината на диска, членът с $B_r B_\varphi$ в дясната страна на уравнението на движение води до радиална адвекция [6] - решението като цяло се прехвърля на по малки радиуси.
- То дава допълнителен десипативен механизъм, който оказва пряко влияние върху развитието на градиента на ентропията в диска и увеличава ефективността на радиалната акреция до 1,5 пъти.
- Предотвратява прехода към доминиращия режим – предава енергията към e^-. Така действа като буфер и не позволява двутемпературно разделяне на средата, вместо това пренасочва излишекът към нелинейните структури.

- Отрицателният градиент на ентропията $\partial_t S$ се определя като основен критерий за развитие и самоиндукция на адвекцията.

В горещите акреционни дискове дифузията е по бавна от дисипацията. Наред с двата вида дисипация при наличие на магнитно поле, нелинейните взаимодействия в спектъра преходи на MR-моди излъчват допълнителни фотони [11]. Като прибавим към всичко това, най-важният принос на полето - че чрез частично замразяване тока води плазмата. Тя го следва и се уплътнява, т.е. заедно с естествените процеси на поглъщане и разсейване в диска работи и пречупване на вече формираното лъчение в някои от слоевете, а именно в уплътнените пластове на пръстените [16]. Оптично плътната среда, задържа радиацията в потока (виж ефективността от МП по горе). Енергията която се запазва в диска под формата на топлина намалява радиалния градиент на ентропията (*). Отрицателната ентропия създава условията за поглъщането на енергията от неустойчивостите и ги води до ново състояние чрез необратим преход – прревръща ги в вихрови структури. Така стимулира обраните връзки и естествено усилва ефектите на нагряване от нелинейните взаимодействия. Тази обратна каскада осигурява топлинната подкачка необходима да подържа адвекцията в режим на самоиндукция.

- Спиралите

Резултатите от решението на модела показват, че възникват три вида спирали:

- Приливната спирала, която е логаритмична и една на брой за високо-температурни $T>10^6$К акреционни дискове, възниква във външните региони, където влиянието на магнитното поле е слабо.
- MHD спирали възникват във вътрешните региони, там където е локализирана прецесиращата спирала при хидродинамични модели. MP-неустойчивости пречат прецесиращата спирала да се появи, но за сметка на това активността на магниторотационните неустойчивости действа като катализатор за някои от номерата на MH-спирални вълни, като по този начин определя и съответния брой на MHD спиралите в диска.
- Адвективните спирали – адвективните псевдо- пръстени [16] са участъци на адвективната спирала която елептичната неустойчивост в диска накъсва на части. За тях няма забранени региони от диска. Адвективните спирали са Кеплерови т.к. се

подчиняват/причиняват на специфичните свойства на гравитационното поле на черната дупка. Такова поведение дава основание да се постави въпроса за фундаментален характер на не-деформиращата адвекция като механизъм, за който останалите видове адвекция се явяват специфични граници.

Адвективния механизъм в общата теория на относителноста

Моделът който изградихме в Галилееви трансформации [15-17] с псевдо- Нютоновата поправка [10] открива възможности за естествено надграждане [18] , а и трябва да се отбележи, че ограничението $V^2 / c^2 \sim 4.10^{-2} << 1$ за Нютоново приближение за повечето от реалните обекти не е приложимо.

Моделът е ефективен в своята зона на приложимост, но е ценен и заради това, че резултатите от него дават фундаменталното основание за прехода към ОТО. С отпадне на някои от ограниченията най-важните следствия- предимства на концепцията не се губят:

Уравненията остават нелинейни; и

Освен това, в GR $\partial v_i / \partial т$ е компонент с равни права при самосъгласувани изменения в скоростa.

Това означава че в новата нестационарна, нелинейна релативистична среда адвективният механизъм трябва да е по силно изразен и да работи по добре. В пост-Нютоновото развитие механизма:

(3.1) $$\frac{\partial(\rho \boldsymbol{v}_i)}{\partial \vdash} + \frac{\partial}{\partial \chi_j}(\rho \boldsymbol{v}_i \boldsymbol{v}_j) = \rho\left(\frac{\partial \boldsymbol{v}_i}{\partial \vdash} + \boldsymbol{v}_j \frac{\partial \boldsymbol{v}_i}{\partial \chi_j}\right) = \rho \frac{\boldsymbol{D}\boldsymbol{v}_i}{\boldsymbol{D} \vdash}$$

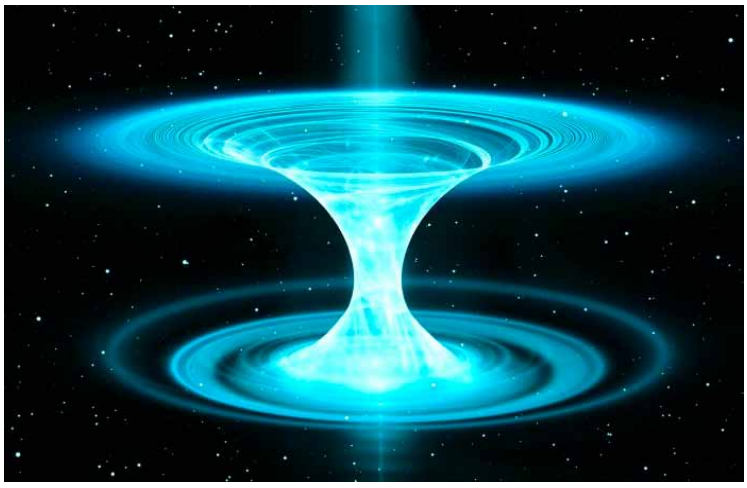
Ще се покаже степента му на глобалност, на фундаменталност. Възниква въпросът има ли механизма на не-деформиращата адвекция причинно-следствената връзка с метриката на пространство-времето, независимо от термичното възбуждане? Въпроса е риторичен. В качеството си на пълен диференцял адвекцията трябва точно да следва метриката на многообразието (3.1&4.1).

До хоризонта на ВН отключени са само адвективните членове в УД, но около и под него при свръх-вириални $T>10^{9\to14}$К температури се отключват и ТД-адвективни членове (*)

$$\rho T \frac{\partial S}{\partial t} - \frac{\dot{M}}{2\pi r} T \frac{\partial S}{\partial r} \approx \dot{M} \frac{DS}{Dt}$$, където $\dot{M} \approx 4\pi r \bar{h} \rho_{eq} v_i$, и тогава в ОТО

(4.1) $$\dot{\boldsymbol{M}} \frac{\boldsymbol{DS}}{\boldsymbol{D} \vdash}$$

Последни изследвания сочат, че моста на Розен-Айнщйн при шварцшилдова черна дупка е проходим при определени условия, казано на не-математичен език ако си вървим по пътя без да се отклоняваме. За Керова черна дупка именно адвективният винт (4.1), който не се отклонява от метриката на многообразието е необходимият елемент за да се осигури неотклонение на течението от руслото на потока. $\dot{M}$ (*)



Заключение

В заключение възникват поредица интересни въпроси:

Сингуларната без ограничения на общноста е цилиндер с краен радиус за Керова и r→0 за Швардцшилдова черна дупка. Въпросът е, тя само от времеви измерения ли се състои?

Ако Да значи се стреми да възтанови най-първичната симетрия и над нея след разкъсването на областа на валидност може да се възстанови само Лоренцовия сноп, но не и тангенцялния който принадлежи на многообразието. Следователно тя ще бъде естествено поляризирана.

Ако не...Ако е хибрид вида и относителното разпределение на броя по пространствени и времеви компоненти измерения играе ли роля на аналог на някакъв обобщен поляритет (не зарядов) и подходящ ли е този поляритет да подържа тунела отворен? Може ли адвективния винт да осигури жизнена червоядина със стъбилни стени? Това ще докаже пълната ефикасност на механизма.

Литература:

1. Abdo, A. A. et al. 2009, The Astrophysical Journal Letters, Volume 707, Issue 2, pp. L142-L147 (2009).
2. Beloborodov, A. M.: 1999, arXiv: astro-ph/9901108.
3. Bisnovatyi-Kogan, G. S.: 1998, arXiv: astro-ph/9810112.
4. Bisnovatyi-Kogan, G. S.: 1999, arxiv astro-ph/9911212.
5. Bisnovatyi-Kogan, G. S., R.V.E. Lovelace: 2002, arXiv:astro-ph/0207625v1.
6. Campbell C. G., J. C. B. Papaloizou, V.Agapitiu: 1998, MNRAS 300, 315-320.
7. Chen, X., M. A.Abramowicz, J.P.Lasota: 1997, ApJ 476, 61-69.
8. Fabian, A. C., D. R. Wilkins, J.M.Miller, R.C. Reis, C.S. Reynolds, E.M.Cackett, M.A. Nowak, G.G. Pooley, K. Pottschmidt, J.S. Sanders, R.R. Ross, J. Wilms: 2012, http://www.astro.umd.edu//symbol%7126%7d%25chris/publications/papers/ fabian12a.pdf
9. http://clapway.com/2016/04/14/aliens-messages-black-hole/
10. Igumenshchev, I. V., M.A. Abramovich: 2000, Astrophysical Journal 130, 463-484.
11. Hirose, S., J. H. Krolik, O. Blaes: 2009, AJ, 69116.
12. Machida M., M. R. Hayashi, R. Matsumoto:1999, arXiv: astro-ph/9911291.
13. Narayan, R., S. Kato, F. Homn: 1997, AJ 476, p. 49.
14. Narayan, R., \& Yi: 1995, ApJ 452, 71.
15. Yankova, Kr. D.: 2013, Publ. Astron. Soc. “Rudjer Bošković” vol. 12, 375-381. http://wfpdb.org/ftp/8_SBAC_D1/pdfs/34.pdf
16. Yankova, Kr.: 2014, Proceedings SES 2014, ISSN 1313-3888 , 35-40, 2015.
17. Yankova, Kr.: 2015, Bulgarian Astronomical Journal, Vol. 22, p. 83. http://adsabs.harvard.edu/abs/2015BlgAJ..22...83Y http://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56206009300
18. Yankova, Kr.: 2016, SSTRI-BAN, Proceedings Seventh Workshop “Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere”, ISSN 2367-7570, http://ws-sozopol.stil.bas.bg/2016Sunny/Proceedings2016.pdf

S E S 2 0 1 6
Twelfth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
2 – 4 November 2016, Sofia, Bulgaria

DEVELOPMENT ON THE BOUNDARY IN THE SYSTEM DISK-CORONA, EVOLUTION ON THE SYSTEM

Krasimira Yankova

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: f7@space.bas.bg

Keywords: *Accretion disc, MHD, Polarimetry*

Abstract: *This paper considers magneto-hydrodynamics of the system disk-corona. Analyze the influence of the boundary distributions over development of the flux in the corona. Discusses the significance of the type of the boundary for exchange of energy between components in the system. We will researching the structuring of the flow on the secondary component.*

РАЗВИТИЕ НА ГРАНИЦАТА В СИСТЕМАТА ДИСК-КОРОНА, ЕВОЛЮЦИЯТА НА СИСТЕМАТА

Красимира Янкова

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
е-мейл: f7@space.bas.bg

Ключови думи: *Акреционен диск, MHD, поляриметрия*

Резюме: *Тази статия разглежда магнито-хидродинамиката на системата диск-корона. Анализираме влиянието на граничните разпределения над развитието на потока в короната. Обсъжда се значението на вида на границата за обмена на енергия между компонентите в системата. Ще се изследва структурирането на потока в вторичния компонент.*

Introduction

Modern astronomy allowed registering quasars at the core of all known spiral galaxies, including our own: From some time, appeared a good trend to seek a unified model of AGN. Based on this idea, group with a hundred and forty authors [1] accomplished an observation program. Main conclusions are that no matter the host galaxy, a core is quasar and shows similar structure and the same mechanism of development. Differences in the observations are the result only of different levels of accretion, mass and direction monitoring. Objects, which we observe and investigate showing greatly energy efficiency: Fast variability and jet existing; Strong X-ray emission; No blackbody spectre; Light polarization; Annihilation Spectral lines.

In the theory searching to unified model to explanation of their high-energy nature starts earlier. Based on the similarity of the morphology of the object (BH + disc + corona + jets) and the spectrum of jets at different masses [3] express hypothesized that in both cases: close binary systems and active galactic nuclei's (CBS and AGNs) they result from general physical mechanism. Their idea is mathematically justified by the relationship between the emission of jets with the mass of black hole (BH) and accretion activity. The hypothesis was tested in a standard classification $1M_{\odot}$ to $10^{6}M_{\odot}$ ($1M_{\odot}$ – solar masses). The measurements show a linear correlation (L_X, L_R) that may be predicted theoretically, which practically proves the hypothesis.

We created magneto-hydrodynamics model for non-stationary and non-axis-symmetrical accretion flows. Model is based on the fundamental equations of the magneto-hydrodynamics of fluids: the continuity equation (Eq. 1.1), equation of motion (Eq. 1.2), equation of the magnetic induction (Eq. 1.3), equation of heat balance (Eq. 1.4) and equation of state (1.5).

(1.1) $$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla.(\rho v) = 0 \qquad \nabla.v = 0 \quad \nabla.B = 0$$

(1.2) $$\frac{\partial v}{\partial t} + v.\nabla v = -\frac{1}{\rho}\nabla p - \nabla\Phi + (\frac{B}{4\pi\rho}.\nabla)B + \vartheta\nabla^2 v$$

(1.3) $$\frac{\partial B}{\partial t} = \nabla \times (v \times B) + \eta\nabla^2 B \qquad \eta = \frac{c^2}{4\pi\sigma}$$

(1.4) $$\rho T\frac{\partial S}{\partial t} - \frac{\dot{M}}{2\pi r}T\frac{\partial S}{\partial r} = Q^+ - Q^- + Q_{mag}$$

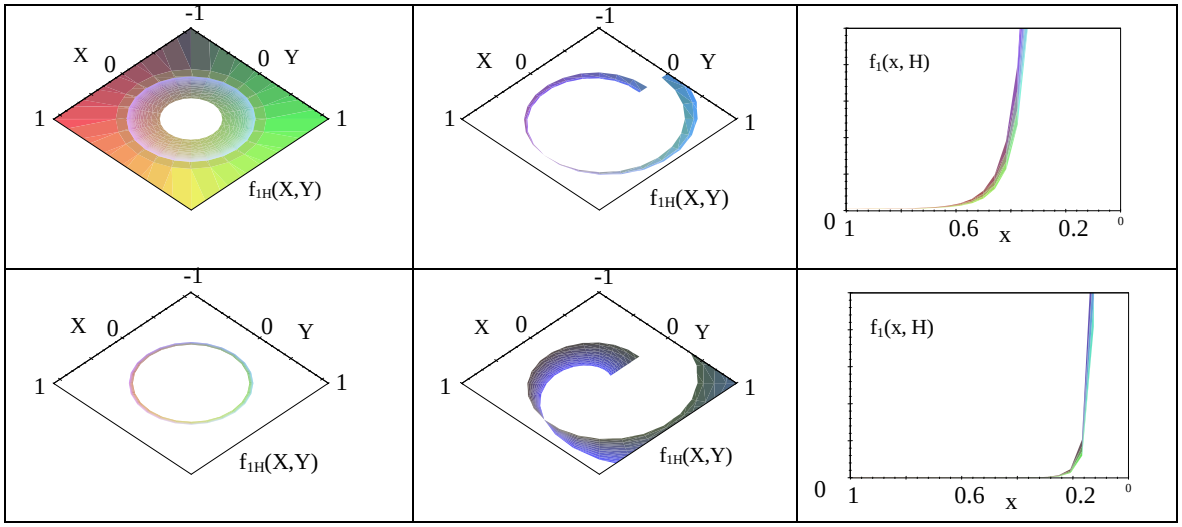
(1.5) $$p = p_r + p_g + p_m$$

Here $\boldsymbol{v} = (v_r, r\Omega, v_z)$ is velocity of flux; ρ - mass density; $\boldsymbol{B} = (B_r, B_\varphi, B_z)$ - magnetic field; p - pressure; Φ - gravitational potential; ϑ - kinematical viscosity; η - magnetic viscosity; σ - magnetic turbulent conductivity; T- temperature; S - entropy; $\dot{M}$ - accretion rate; Q_{adv} - advective term; Q^+ - viscosity dissipation; Q_{mag} - magnetic dissipation; Q^- - radiative cooling; p_r – radiative pressure; p_g – gas pressure; p_m – magnetic pressure.

As we have shown in a series of articles [7,8] , he is applicable to representatives of different groups of high-energy sources: active and inactive galactic nuclei (sleeping quasars) and black holes with stellar mass (micro-quasars). We have developed the new model of the base on deformationless advective hypothesis, presented in [5,7]. It is obtained global solutions for the 2D- 3D-and local structures of accretion disk both and solution for the boundary between corona and disk. We demonstrated development interaction of field and plasma in accretion flow [4,5].

Boundary Distributions

Results from theoretical 3D-model addition for vertical structure of the disk, are used to get the correct boundary distributions for description of the processes on the boundary [6].



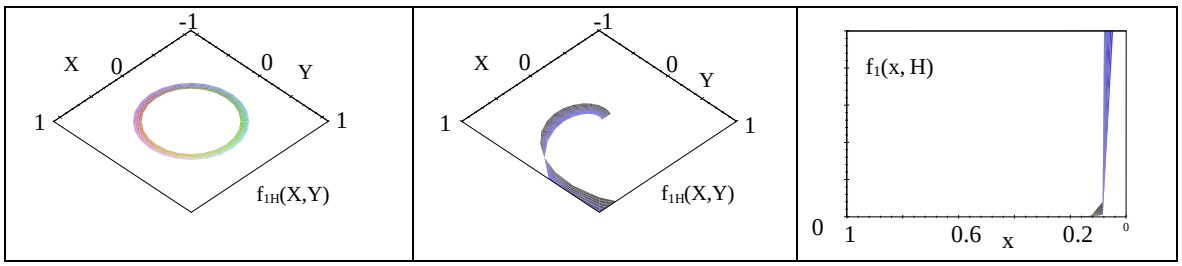


Fig. 1: Here $f_1(x,H)$ is dimensionless functions of the boundary distribution on the mass density ρ of the flow: (a) $f_{1H}(X,Y)$ are Cylindrical boundary contours of the function for corresponding, (b) Vertical distributions of the function for level of the increasing.

The analysis of the border distributions $f_i(x,H)$ given, that in the disk are formed the high-density and low-density areas – advective rings that provide the warming of the pad at the base of the corona (fig.1). Advective rings type determined the kind of the boundary in system corona-disk. This is especially important because into boundary is performed transfer energy between its components. Each subsystem has its own energetics, which is part of the total, but in some objects, it can be autonomous for the components.

When is modelling the system disk - corona with total energetics, the corona is directly affected by disk's state and the heat balance is represented by an equation or a system of two closely related equations, which cannot be considered individually.

When is modelling the system disk - corona with individual energetics, this means that heat balance in the corona is influenced indirectly by the condition in disk and distributions of leading parameters on the boundary, then each component has its own heat balance, which can be considered individually.

In [8] we establish that at Cyg X-1 stratified rings type contribute to form a sharp boundary between the disc and the corona while in the disk of SgrA* cannibalism of instabilities determine other kind high-density rings and they talked about fuzzy border. Components must be considered complex there in depending on the degree of fuzziness of the border.

Model Equations of the Fluid in the Disk's Corona, for Sharp Boundary between Components

Main modification to leading perimeters of the disc is applicable even for sharp boundary between components, because of the strong physical causal connection in the system corona-disk and we can to use

(3.1) $$F_i = F_{i0}\Re_i(x = \boldsymbol{r}/r_0\ , Z = \boldsymbol{z}/r_0\ )exp[k_\varphi(x,Z)\varphi + \omega(x,Z)\,t] = F_{i0}\,f_i(x,Z)$$

for parameters in the corona. In analogy with -2D-structure of the disk, F_{i0} are their values at the outer radius of corona across the disc r_{0c}.

- Coefficient ω(r, z) indicates how often the flow deviates from its course as a result of his meeting with a structure or a spontaneous disturbance.
- Coefficient $k_\varphi(r, z)$ is the sine function or central angle (in radians) between positions of such deviations on the same orbit.

There is a direct dependency of all types' instabilities with distribution the energy in the disk and respectively feedback in the developments of the characteristics of flow with the action of these instabilities in it. Feedback is an expression on the non-obvious dependence from non-linear effects. By introducing the coefficients ω(r, z) and $k_\varphi(r, z)$, we define feedback in flux.

Will call ω(r, z) and $k_\varphi(r, z)$ – coefficients of meeting. They correlate with wave numbers in the local model. Coefficients do not have specific relations to one concrete deviation, because they are global feedbacks. Feedbacks have a relation to general distribution of instabilities and structures in the stream as a whole.

In the disk the flow is localized in the equatorial plane. Matter can be optically thick and dominated by gas pressure. Equilibrium is maintained by rotation. Corona has optically thin flow and dominated magnetic pressure. Due to the specific nature of the almost spherical flow and weak rotation in there, kinetic viscosity drops to zero $\vartheta \to 0$, but fell restrictions on the magnetic viscous coefficient η. Also main magnetic field cannot remain in its simplest form $B_z = \frac{\mu}{r^3}$, valid for equatorial plane and take the form (see in [5]):

(3.2) $$B_z = \frac{\mu}{r^3}\frac{\sqrt{4r^2+z^2}}{\left(r^2+z^2\right)^2}$$

Now applying our modifications to adapted system in cylindrical coordinates [5] , we get:

(3.3) $$v_r\,\frac{\partial \rho}{\partial r} + v_z\,\frac{\partial \rho}{\partial z} + \rho\left(\omega + k_\varphi \Omega\right) = 0$$

(3.4) $$\frac{\partial B_r}{\partial r} = \mu z\,\frac{5r^2+z^2}{\left(r^2+z^2\right)^3\sqrt{4r^2+z^2}} - \frac{B_r + k_\varphi B_\varphi}{r}$$

(3.5) $$v_r\,\frac{\partial v_r}{\partial r} + v_z\,\frac{\partial v_r}{\partial z} + v_r\left(\omega + k_\varphi \Omega\right) = -\frac{\partial v_s^2}{\partial r} - \frac{v_s^2}{\rho}\frac{\partial \rho}{\partial r} + \frac{k_\varphi B_\varphi B_r}{4\pi\rho r} + \frac{B_z}{4\pi\rho}\frac{\partial B_r}{\partial z}$$

(3.6) $$v_r\,\frac{\partial}{\partial r}(\Omega r^2) + v_z\,\frac{\partial}{\partial z}(\Omega r^2) + (\Omega r^2)\omega = \frac{B_r}{4\pi\rho r}\frac{\partial}{\partial r}(r^2 B_\varphi) + \frac{B_z r}{4\pi\rho}\frac{\partial B_\varphi}{\partial z}$$

(3.7) $$v_r\,\frac{\partial v_z}{\partial r} + v_z\,\frac{\partial v_z}{\partial z} + v_z\left(\omega + k_\varphi \Omega\right) = -\frac{\partial v_s^2}{\partial z} - \frac{v_s^2}{\rho}\frac{\partial \rho}{\partial z} - \frac{\partial \Phi}{\partial z} + \frac{\mu B_r}{2\pi\rho r}\,\frac{z^4+5z^2r^2-2r^4}{\left(r^2+z^2\right)^3\sqrt{4r^2+z^2}}$$

(3.8) $$\frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{v_r}{r} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0$$

(3.9) $$\frac{aT^4}{3\rho} = v_s^2 - v_a^2/2 - RT$$

(3.10)
$$B_r(\omega + \frac{\eta}{r^2} + \frac{\eta k_\varphi}{r^2} - \frac{2\eta k_\varphi^2}{r^2} + k_\varphi\Omega) = (\frac{k_\varphi v_r}{r} - \frac{\eta k_\varphi^2}{r^2} - \frac{2k_\varphi\eta}{r^2})B_\varphi -$$
$$-\left(\frac{\eta}{r} + \frac{\eta k_\varphi}{r} - v_r\right)\frac{\mu z(5r^2+z^2)}{(r^2+z^2)^3\sqrt{4r^2+z^2}} + B_z\,\frac{\partial v_r}{\partial z} - v_z\,\frac{\partial B_r}{\partial z} - B_r\,\frac{\partial v_z}{\partial z} + \frac{B_r + B_z}{r}\eta\,\frac{\partial k_\varphi}{\partial r} +$$
$$+\eta\,\frac{\partial^2 B_r}{\partial r^2} + \eta\,\frac{\partial^2 B_r}{\partial z^2} + \frac{\partial \eta}{\partial z}\left[\frac{\partial B_r}{\partial z} - \frac{2\mu}{r}\,\frac{z^4+5z^2r^2-2r^4}{\left(r^2+z^2\right)^3\sqrt{4r^2+z^2}}\right]$$

(3.11)
$$B_\varphi(\omega - \frac{\eta}{r^2} - \frac{v_r}{r} + k_\varphi\Omega) = (\frac{3\Omega r}{2\left(r-r_g\right)} - \frac{2k_\varphi\eta}{r^2})B_r + \frac{\eta k_\varphi \mu z(5r^2+z^2)}{r(r^2+z^2)^3\sqrt{4r^2+z^2}} +$$
$$+\Omega B_z + rB_z\,\frac{\partial\Omega}{\partial z} + (\frac{2\eta}{r} + \frac{\eta k_\varphi}{r} - v_r)\frac{\partial B_\varphi}{\partial r} - v_z\,\frac{\partial B_\varphi}{\partial z} + \frac{\partial\eta}{\partial z}\frac{\partial B_\varphi}{\partial z} +$$
$$+\eta\,\frac{\partial^2 B_\varphi}{\partial r^2} + \eta\,\frac{\partial^2 B_\varphi}{\partial z^2} + \frac{\partial\eta}{\partial r}\left[\frac{B_\varphi - k_\varphi B_r}{r} + \frac{\partial B_\varphi}{\partial r}\right]$$

(3.12)
$$v_r B_z + rB_z \frac{\partial v_r}{\partial r} + \left[2\mu v_r + \frac{2\mu\eta}{r^2} + \frac{2\mu}{r}\frac{\partial \eta}{\partial r} \right] \frac{z^4 + 5z^2 r^2 - 2r^4}{\left(r^2 + z^2\right)^3 \sqrt{4r^2 + z^2}} - v_z B_r - rB_r \frac{\partial v_z}{\partial r} - rv_z \frac{\partial B_r}{\partial r} -$$
$$- k_\varphi v_z B_\varphi - \frac{9\eta B_z}{r} - \frac{\eta}{r}\frac{\partial B_r}{\partial z} - \frac{\partial \eta}{\partial r}\frac{\partial B_r}{\partial z} + \frac{\eta k_\varphi}{r}\frac{\partial B_\varphi}{\partial z} = 0$$

(3.13)
$$\frac{\partial S}{\partial t} + \frac{3}{2}\frac{v_r v_s v_a^2}{\Omega r^2 T} = \frac{\eta v_s}{\Omega r T}\frac{1}{4\pi\rho}\left(\frac{\partial B_r}{\partial z} - \frac{2\mu}{r}\frac{z^4 + 5z^2 r^2 - 2r^4}{\left(r^2 + z^2\right)^3 \sqrt{4r^2 + z^2}}\right)^2 - \frac{c\rho}{\tau r T}\left(v_s^2 - \frac{v_a^2}{2} - RT\right)$$

(3.14)
$$\tau = \frac{\rho v_s}{\Omega}\chi$$

Here Ω is angular velocity of flux; *μ* - magnetic permeability coefficient; v_s- sound velocity; v_{ms}- magnetic sound velocity; v_a- Alfven velocity; τ-optical thickness of the flow; R - gas constant.

Have not given specific form of opacity χ =?, Ω angular velocity and η magnetic viscosity yet. In hot disks and low density, predominantly radiation pressure and finite conductivity is possible rotation to created and maintained by the resistance of the radial current [2]. This is applicable in the corona. Angular velocity decline sharply and tends to zero but remains proportionate to the

(3.15) $\Omega \approx const.\Omega_k(x, Z)$,
where *const <1*. Magnetic viscosity coefficient allows evaluating this constant magnitude.

Magnetic viscosity already included all of the components of the tensor of the magnetic stress, only that there is an important feature – the basic movement of electrons once again is φ-coordinate and the magnetic viscosity is a result of the resistance of the radial current. Therefore magnetic dissipation priority retains appearance ηj and is presented mainly by rφ- component; other components are not zeroed but compared with it are negligible and may be considered as deviations. This means that the coefficient η can be written as: $\eta = \alpha_m v_s H$

(3.16)
$$\Sigma = \Sigma_{r\varphi} \exp[k(x, Z)\varphi + (3x \quad Z)t] = \sigma_m(x, Z) Z f(x, Z) \exp 2[k(x, Z)\varphi + (3x \quad Z)t]$$

Polarimetry

Because the in the corona the prevailing massive particles are electrons, the opacity is represented by two high-energy scattering processes: U-effect Compton and synchrotron.

(3.17)
$$\chi \propto \left(\frac{B}{B_0}\right)^{\frac{s+2}{2}} \left(\frac{\nu}{\nu_0}\right)^{-\frac{s+4}{2}} \qquad \sigma_k = \frac{3}{8}\sigma_T x^{-1}\left(\ln 2x + \frac{1}{2}\right) \qquad x = \frac{h\nu}{mc^2}$$

Here ***s*** is Sp-index; σ_k - Compton cross-section; σ_T - Tomson cross-section coefficient.

This naturally suggests spectro-polarimetry P (λ) ~ τ (λ), as an appropriate tool for analyzing flow-structure in the corona. Sp-polarimetry particularly effective operates with Zeeman Effect because the components of the split line have varying degrees of polarization, sometimes different kind of polarization. In the case of an external magnetic field by the Faraday rotation can be judged for the construction of plasma in it.

Changes of the polarization signal showed modify the structure of the object from which comes the polarization picture. Sp-polarimetry can appreciate even distribution and dimensions of elements (vortex particles) from the internal structure of the accretion component.

Conclusion

Model equations of the fluid in the disk and corona, for fuzzy boundary between components are subject to future consideration, like manner modelling the system disk - corona with total energetic.

Things here are simple in terms of that it will not replace heat balance and 3D- addition in this case will follow the natural spreading in corona. More correctly is remodelling in GR because such a border showed disks around SMBH.

Литература:

1. Abdo, A. A. et al. (2009), Ap J Letters, Volume 707, Issue 2, pp. L142-L147.
2. Kaburaki Os. (1999), arXiv: astro-ph/9910252.
3. Machida M., M. R. Hayashi, R. Matsumoto: (1999), arXiv: astro-ph/9911291.
4. Yankova Kr.D. (2012), Publications of the Astronomical Society "Rudjer Boskovic", vol. 11, pp. 375-383. http://adsabs.harvard.edu/abs/2012PASRB..11..375Y
5. Yankova Kr.D. (2013), Publ. Astron. Soc. “Rudjer Bošković” vol. 12, 375-381.
http://wfpdb.org/ftp/8_SBAC_D1/pdfs/34.pdf
6. Yankova Kr.D. (2015), Publ. Astron. Soc. “Rudjer Bošković” vol. 15, 107-115.
http://www.wfpdb.org/ftp/9_BSAC/pdfs/15.pdf
http://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56206009300
7. Yankova Kr. (2015a), BlgAJ, Vol. 22, p. 83.
http://adsabs.harvard.edu/abs/2015BlgAJ..22...83Y
8. Yankova Kr. (2015b) in: Proceedings Seventh Workshop “Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere”, ISSN 2367-7570, http://ws-sozopol.stil.bas.bg/2015Sunny/Proceedings2015S1-2.pdf

РЕКОНСТРУКЦИЯ МИНИМУМА ДАЛЬТОНА ПО 150-ЛЕТНЕЙ ГАРМОНИКЕ И ХАРАКТЕРИСТИКАМ ЦИКЛОВ ДОСТОВЕРНОГО РЯДА ЧИСЕЛ ВОЛЬФА

Игорь Шибаев

ИЗМИРАН, Троицк, Россия
e-mail: ishib@izmiran.ru

Ключевые слова: *Числа Вольфа, спектральный анализ, преобразование Гильберта.*

Аннотация: *Экстраполяция длиннопериодных компонент достоверного ряда чисел Вольфа на внешний временной интервал дает возможность для реконструкции или прогнозирования временной динамики ряда. Дополняя это статистическими характеристиками достоверных циклов и их амплитудно-временными соотношениями проведена реконструкция минимума Дальтона.*

RECONSTRUCTION OF THE DALTON MINIMUM USING THE 150-YEAR HARMONIC AND CHARACTERISTICS OF RELIABLE SERIES OF WOLF NUMBERS

Igor Shibaev

IZMIRAN, Troitsk, Moscow, Russia
e-mail: ishib@izmiran.ru

Keywords: *Wolf's numbers, spectral analysis, Gilbert's transformation.*

Abstract: *Reconstruction of Dalton's minimum with use the long-period component and the statistical characteristics of cycles of reliable series of Wolf numbers is carried out.*

Введение

При наличии достоверной информации (данных), на достаточно длительных пространственных или временных интервалах, возникает естественный вопрос о переносе (продлении) наиболее устойчивых и регулярных её признаков на внешний интервал. Т.е. экстраполяция этих свойств для пространственной зависимости и коррекция / прогнозирование в случае временной зависимости.

Интерес к традиционным индексам солнечной активности только возрастает. Мотивация этого, подробно изложенная в обзоре [1], актуальна и сейчас. Цюрихский ряд среднемесячных чисел Вольфа является наиболее представительным и широко используется в различных приложениях. Он включает достоверный ряд W_{tool} (регулярные инструментальные наблюдения с 1849 г. по настоящее время) и восстановленный ряд W_{rest} (с 1749 г. по 1849 г.). Свойства достоверного ряда, в первую очередь наличие длиннопериодной ~150 летней гармоники, служат основой для коррекции восстановленного ряда. Впервые это было использовано в работе [2] при рассмотрении достоверного ряда до 2005 г.

В данной работе анализируется ежемесячный ряд чисел Вольфа (W) в старой системе представления (www.sidc.be/silso/datafiles) вплоть до мая 2015 г., обзор которого дан на Рис. 3с. Используемые подходы и методы анализа, опирающиеся на гладкость соответствующих компонент, следуют публикации [3], в которой показаны существенные отличия в поведении достоверного и восстановленного рядов. Также разнятся статистические свойств циклов достоверного и восстановленного рядов, что отмечено в работе [4].

Работа также опирается на ряд чисел Вольфа, усредненный по 13 месяцам – W*. Напомним, что табличные характеристики циклов (максимальное значение, длительность цикла и длительность ветви роста) определяются по ряду W*.

Интервальные оценки рядов

Для оценки близости свойств Wrest и Wtool разобьем, по единому правилу, ряд W на интервалы и вычислим их параметры. Будем опираться на интервалы между явными минимумами для ряда W*, что соответствует циклам. Сопоставим общие характеристики циклов рядов Wrest и Wtool, т. е. групп циклов I ÷ IX и X ÷ XXIII. В таблице представлены среднее (mean), корень из дисперсии (σ½) и их отношение, вычисленные по группам, для максимальных значений циклов Wm, их длительностей Tc и ветвей роста Tm. Видно, что временные (Tc, Tm) параметры второй группы значительно лучше. К этому добавим, что у циклов I, V и VII аномально длинные ветви роста – более половины цикла.

	mean I ÷ IX / X ÷ XXIII	σ½ I ÷ IX / X ÷ XXIII	σ½ / mean I ÷ IX / X ÷ XXIII
Tc	134.33 / 131.21	19.00 / 10.07	0.141 / 0.077
Tm	58.00 / 47.43	17.77 / 6.41	0.306 / 0.135
Wm	105.58 / 119.66	40.16 / 38.02	0.380 / 0.318

Получим связь параметров цикла исходя из упрощенной модели ветвей роста и спада (Рис. 1a). В переменных β и βm имеем ***Tc*** = 2Wmsinβ⁄(cosβ+cos(β – 2βm)). Эмпирические зависимости этих углов от Wm с их аппроксимацией [5] для циклов X–XXIII показаны на Рис. 1b. Оценивая длительности всех циклов и сопоставляя их с табличными вычислим относительные погрешности (***Tc*-Tc)/Tc** (Рис. 1c).

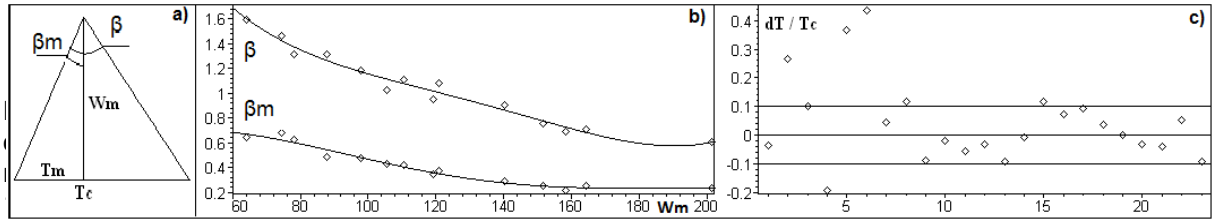


Рис. 1. (a) – упрощенная модель цикла ; (b) – эмпирическая зависимость β и βm от Wm ;
(c) – относительные погрешности табличных и эмпирических длительностей циклов

Погрешность для большинства циклов вписалась в 10% интервал, значительно отклонилась оценка циклов II, IV ÷ VI. Сопоставление сумм табличных и расчетных длительностей для 14 циклов ряда Wtool даёт 1837 и 1830 месяцев, а для 9 циклов ряда Wrest имеем соответственно 1209 и 1339 месяцев. В рамках проведенного анализа циклы III, VIII и IX остались «вне критики». Некоторое представление о «качестве» циклов VIII и IX можно получить оценивая корреляционную связь между Tm и Wm для двух вариантов сопоставления выборок : (I ÷ IX) & (X ÷ XXIII) ; (I ÷ VII) & (VIII ÷ XXIII). Для малых выборок и при отсутствии нормального распределения исследуемых величин более эффективным считается критерий Ширахатэ (S. Shirahate). В первом случае, с доверительной вероятностью α=0.95, признается отрицательная корреляция между Tm и Wm для обеих групп циклов. Во втором случае для циклов I ÷ VI эта связь фактически теряется, а для циклов VIII ÷ XXIII сохраняется, но ослабевает. Т. е. циклы VIII и IX улучшают качество циклов ряда Wrest и ухудшают для циклов ряда Wtool.

Критическое отношение к восстановленному ряду выражает ряд авторов в трудах симпозиума 1978 г. -- «Солнечно-земные связи, погода и климат» [6]. Попытка сбалансировать временные характеристики циклов ряда Wrest за счет «потерянного» цикла предпринята в работе [7]. Анализ фрактальных свойств ряда ширины годовых колец одиннадцати секвой представлен в работе [8]. Минимум Дальтона при данном подходе не проявился.

Временная динамика амплитуд основных спектральных компонент ряда W_{tool}

Исходя из характера спектра ряда W_{tool}, представленного на Рис. 2a, разумно разбить его на пять компонент W_{tool} = P1+P2+P3+P4+P5, спектральные интервалы которых соответствуют следующим временным периодам T в годах **:** P1 => [24 < T] **;** P2 => [6.8 < T < 24] **;** P3 => [4.26 < T < 6.8] **;** P4 => [1.66 < T < 4.26] **;** P5 => [T < 1.66]. На рисунке отмечены основная частота f* = 0.007812 1⁄мес (ей соответствует период T* = 1 ⁄ f* = 128.0 мес) и её кратные гармоники. Обзор ряда P1 и рядов P2 ÷ P3 с огибающими дан на Рис. 2b ÷ **2**d. Следуя публикациям [2,3] отметим кратко смысл компонент P1 ÷ P5. Амплитуды циклов и их длительность фактически описываются суммой рядов P1 и P2, ряд P3 корректирует ветви роста и спада, а составляющая P4 трансформирует гладкий рельеф циклов за счет квазидвухлеток. Возможно появление локальных максимумов, влияние на положение основного максимума и нечеткая выраженность конца цикла, приобретающего более индивидуальный характер. Высокочастотный остаток P5 включает годовую и 155-d гармоники. Т.е. временная динамика солнечных циклов описывается, в основном, рядами P1 ÷ P3, а “энергию” циклов дает их сумма P13=P1+P2+P3. Сопоставление ряда P13 с ежемесячным рядом чисел Вольфа, усредненным по 13 месяцам W*, демонстрирует Рис. 2e. Видно хорошее совпадение представлений P13 и W* для ежемесячного ряда чисел Вольфа W_{tool}.

Огибающие (амплитуды) компонент P2 и P3 (A[P2(W_{tool})] и A[P3(W_{tool})]), представленные на Рис. 2c÷2d, получены применением преобразования Гильберта к рядам P2 и P3. Преобразование Гильберта [9], традиционно используемое в радиотехнике и акустике, позволяет снять неопределенность при нахождении огибающей и фазы узкополосного сигнала, а по их гладкости оценивать характер процесса. На компоненту P1 хорошо наложились средние значения циклов (Рис. 2b), которые нанесены в моменты середины (по времени) циклов. По аналогии с огибающими A[P2(W_{tool})] и A[P3(W_{tool})] для компонент P2 ÷ P3, можно трактовать P1, как огибающую средних значений циклов. Видна высокая степень подобия в характере поведения ряда P1(t) и огибающих компонент P2 и P3.

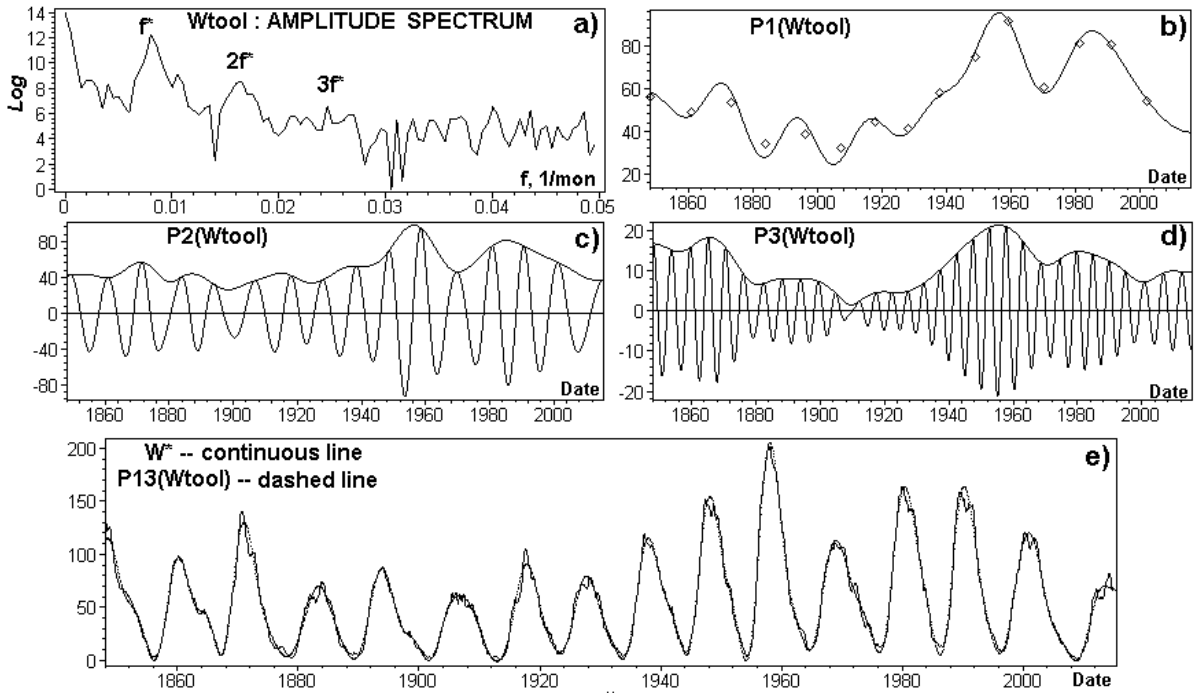


Рис. 2. Спектр ряда W_{tool} (a) и обзор его компонент P1÷P3 (b,c,d) ; сопоставление рядов W* и P13 (e)

Длиннопериодные компоненты ряда W_{tool} , амплитудные и частотные свойства

Переход к медленно меняющимся функциям P1(W_{tool}), A[P2(W_{tool})] и A[P3(W_{tool})] позволяет сконструировать огибающую максимумов для циклов в представлениях P13 или W* : A[P13]=P1+A[P2]+A[P3], а учет близости, в характере их поведения, установить простые взаимосвязи между ними. Зависимость огибающей максимумов циклов A[P13(W_{tool})] от огибающей средних значений циклов P1(W_{tool}), с соответствующей аппроксимирующей функцией, представлены на Рис. 3a, что дает возможность оценивать амплитуды циклов при

экстраполяции их средних значений на внешнюю временную область. Это удобно делать при интерполировании P1 синусом (P1_sin) с параметрами, определяемыми из максимума его корреляции с P1, при сканировании по частоте и фазе [3]. Результат интерполирования P1(W_{tool}) синусом демонстрирует Рис. 3b., где отображена и огибающая циклов A[P13(W_{tool})]. Период синусоиды, в этом случае, равен 149 годам. При предыдущем анализе ряда, с 1849 г. по 2005 г., период равнялся 150 годам. Экстраполяция P1_sin на весь ряд отражена на Рис. 3c.

Кроме огибающих для компонент P2 и P3, используемых выше, преобразование Гильберта позволяет получить временную зависимость «мгновенных» частот в окрестности f* и 2×f*. В предыдущих публикациях отмечалось, что характеристика основной частоты f* с её вариациями должна отразиться в поведении «мгновенной» частоты F[P2] и её минимумы совпасть с самыми продолжительными циклами 13, 11 и 20 [2,3]. Данный анализ, включающий полностью 23 цикл, должен выделить его, как самый продолжительный цикл. Представленная на Рис. 4 временная динамика «мгновенной» частоты F[P2] отражает «иерархию» циклов по длительности.

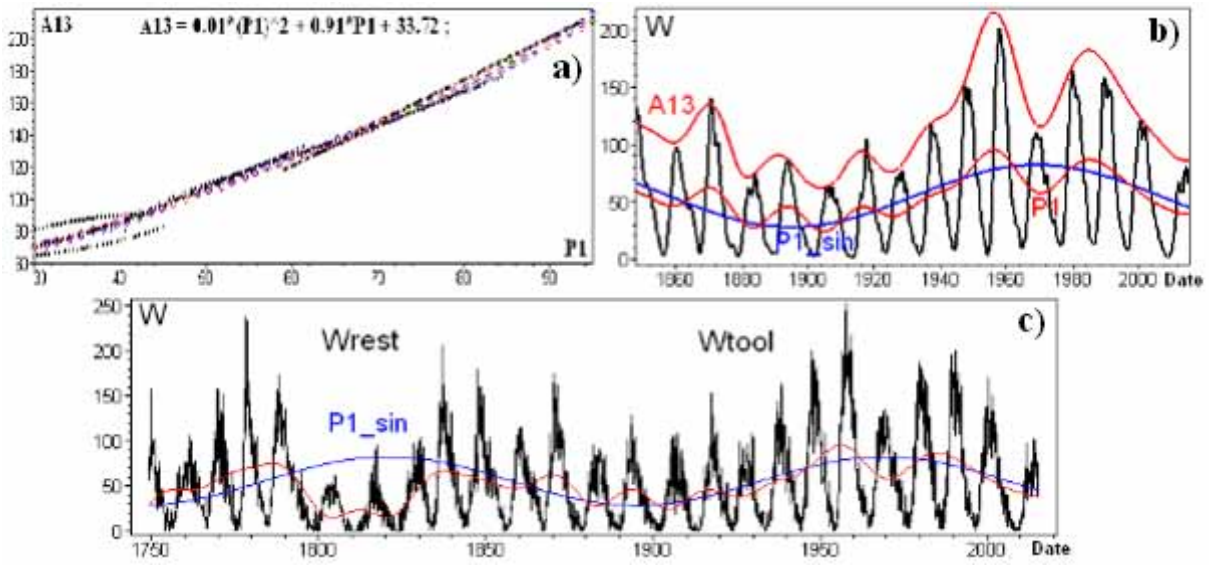


Рис. 3. (a) – связь огибающей максимумы циклов (A13) и огибающей средние значения циклов (P1);
(b) – интерполяция синусом огибающей средних значений циклов (P1), огибающая максимумы A13;
(c) – экстраполяция синуса на весь ряд

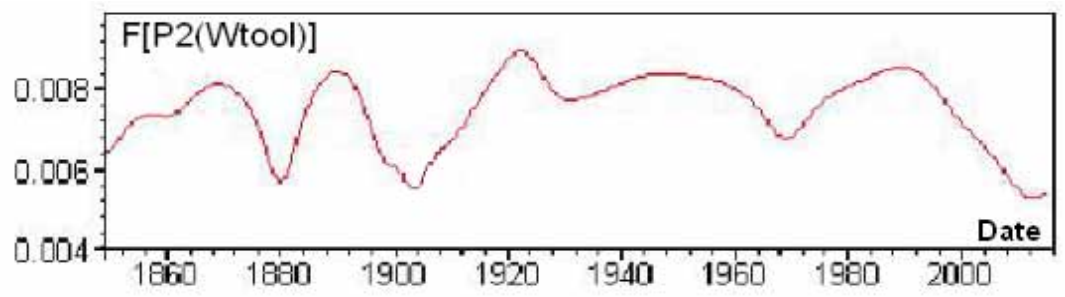


Рис. 4. «Мгновенная» частота окрестности основной гармоники

Заключение

Анализ более длинного достоверного ряда чисел Вольфа (с 1849 г. по май 2015 г.) подтвердил разумность предложенного подхода, который позволил выделить «огибающую» средних значений циклов ряда Wtool и подтвердил возможность её аппроксимации 150-летней гармоникой. При экстраполяция этой гармоники на временную область ряда W**rest** получено наложение её максимума на минимум Дальтона. Для амплитудных характеристик циклов VIII и IX отмечена их близость к характеру поведения достоверных циклов, что говорит о согласованности W и 150-летней гармоники на интервале более 180 лет.

Литература:

1. Иванов – Холодный, Г. С., В. Е. Чертопруд. Солнечная активность // Исследование космического пространства 1990. Т. 33. С.3-99. (Итоги науки и техники. ВИНИТИ АН СССР)
2. Ишков, В. Н., И. Г. Шибаев. Циклы солнечной активнрсти: общие характеристики и современные границы прогнозирования // Известия РАН, серия физическая. 2006. Т. 70, № 10. С. 1439-1442.
3. Шибаев, И. Г. Оценка восстановленной части ряда чисел Вольфа и возможность её коррекции // Астрономический вестник, 2008, Т. 42, № 1. С. 66-74.
4. Shibaev, I., V. Ishkov Investigation of the statistical characteristics of Wolf numbers reliable series: Signs of solar cycles likelihood // Proceedings of Seventh Scientific Conference with International Participation SES 2011, Sofia, Bulgaria, 29 November – 01 December 2011, p. 297--301, 2012.
5. Шибаев, И. Г. Эмпирическая оценка длительностей циклов по их амплитудным характеристикам // Солнечно-земная физика, 2008, Вып. 12, Т. 1. С. 58–59.
6. Solar-Terrestrial Influences on Weather and Climate // Proceeding of a Symposium, The Ohio State University, Columbus, Ohio, 24-28 August 1978 // Dordrecht, Holland, 1979.
7. Usoskin, I. G., Mursula K., Kovaltsov G. A. The lost sunspot cycle: Reanalysis of sunspot statistics // A&A. 2003. V. 403. P. 743.
8. Отсука, К., Г. Корнелиссен, Ф. Халберг Хроном климатических измерений ширины древесных колец // Геофизические процессы и биосфера. 2009. Т. 8, № 1. С. 63–72.
9. Бендат ,Дж., А. Пирсол Прикладной анализ случайных данных. М.: Мир, 1989. 540 с.

СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СОЛНЕЧНЫХ ЦИКЛОВ НОВОЙ И СТАРОЙ ВЕРСИЙ РЯДА ЧИСЕЛ ВОЛЬФА И ДИНАМИКА ДЛИННОПЕРИОДНЫХ КОМПОНЕНТ РЯДОВ

Александр Шибаев

Механико-математический факультет МГУ, г. Москва, Россия
e-mail: alexshibaev@yandex.ru

Ключови думи: *Числа Вольфа, спектральный анализ, солнечные циклы.*

Резюме: *С июня 2015 г. введены новые правила оценки чисел Вольфа и, соответственно, скорректирован ряд среднемесячных чисел Вольфа с января 1749 г. по май 2015 г., т.е. предложена новая версия цюрихского ряда WSN. Сравнению характеристик старой и новой версий ряда посвящена данная работа. Анализ отношения Wnew(t)/Wold(t) выделяет области с отличительными амплитудными и частотными свойствами. Например, амплитудная коррекция циклов 10 и 18 ÷ 24 значимо отличается от коррекции остальных циклов. Поэтому разумно сопоставить достоверные части рядов (с 1849 г. по 2015 г.) и их длиннопериодные («вековые») компоненты, экстраполяция которых позволит прогнозировать динамику солнечной активности. Отмечены отличия параметров «вековых» компонент у анализируемых рядов. Это может изменить оценки по влиянию солнечной активности на околоземное пространство.*

THE CHARACTERISTICS OF OLD AND NEW VERSIONS OF MONTH WOLF NUMBERS RANGE AND THERE UNIFORMITY ARE COMPARED

Alexandr Shibaev

Faculty of mechanics and mathematics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
e-mail: alexshibaev@yandex.ru

Keywords: *Wolf's numbers, spectral analysis, solar cycles.*

Abstract: *At this article characteristics of old and new versions of month Wolf numbers range are compared. The range of relative numbers of sun spots – WSN, (http://sidc.oma.be) are considered on the interval since January 1749 till May 2015. Researching of the ratio Wnew[i]/Wold[i] leads to the fact, that domains with different amplitudes and frequencies characteristics can be detected. Then parameters of both ranges are compared. The new version of range is divided on cycles with the same rule (13 month averaging) which was used for the old version. It should be noted the amplitude correction of cycles 10 and from 18 till 24 has significant differences. Cycles 22 and 23 have the most transformed structures. Comparing of different frequencies domains of ranges is given. Also characteristics of uniformity for reconstructed parts and measured parts are present*

Введение

Интерес к традиционным индексам солнечной активности только возрастает, что связано с ролью солнечно-земных связей и их влиянием через околоземное пространство на климат и человека. Цюрихский ряд среднемесячных чисел Вольфа W (или WSN — Wolf sunspot number) является наиболее представительным и широко используется в различных приложениях. С июня 2015 г. предложены новые правила их оценки и, соответственно, проведена коррекция цюрихского ряда среднемесячных чисел Вольфа с января 1749 г. по май 2015 г. (http://sidc.oma.be). Напомним, что ряд среднемесячных чисел Вольфа W включает ряд регулярных инструментальных наблюдений с 1849 г. по настоящее время - достоверный ряд W**tool**, и ряд восстановленных значений с 1749 г. по 1849 г. - ряд W**rest** (W = W**rest U** W**tool)**.

Отличие в свойствах старой Wold и новой Wnew версий ряда чисел Вольфа можно оценить по характеристикам циклов, соответствующих этим рядам (при разбиении на циклы

«новой» версии ряда, также проведено усреднение по 13 месяцам). Сопоставлены базовые параметры (длительности цикла и его ветви роста, максимум) и статистические оценки (первые четыре момента) циклов. Получено, что у циклов восстановленной и достоверной частей ряда чисел Вольфа, характер и степень коррекции весьма разнятся.

Переходя к спектральным оценкам и оставляя в спектрах рядов периоды T>22 лет, мы выделим длиннопериодные компоненты. Их отношение, представленное на Рис. 2c, наглядно демонстрирует вышесказанное. Отметим, что средние значения циклов хорошо наложились на длиннопериодные компоненты, которые можно трактовать, как огибающие средних значений (Рис. 2b). Т.е. удачная аппроксимация этих компонент и экстраполяция их на внешний временной интервал даёт возможность для прогнозирования солнечной активности. В работе сопоставлены параметры «вековых» компонент рассматриваемых рядов и дана оценка их согласованности, анализа правил формирования новых значений чисел Вольфа не проводится. Этот анализ и соответствующие оценки приведены в недавней публикации [1].

Оценка рядов по характеристикам соответствующих им циклам

Величины отношения Wnew/Wold с обзором ряда Wold представлены на Рис. 1(a,b). Оценку близости свойств этих рядов естественно начать со сравнения параметров, соответствующих им циклов. После традиционного усреднения ряда Wnew по 13 месяцам (скользящее среднее) выделим **области** между явными минимумами - аналог **циклов** в новой версии. Значения базовых характеристик циклов **:** время начала цикла **T0**, его длительность **Tc,** длительность ветви роста **Tm** и максимальное значение цикла **Wm -** приведены в Таблице (первые четыре вертикальные характеристики). Отличия циклов наглядно демонстрирует Рис. 1(c,d,e)., где представлены разности для длительностей циклов dTc и их ветвей роста dTm, а также отношение высот циклов (Wm)new/(Wm)old. Отметим, что амплитудная коррекция циклов 10 и 18 ÷ 24 значимо отличается от коррекции остальных циклов, а у циклов 22 и 23 наиболее трансформирована внутренняя структура из-за увеличения длины ветви роста.

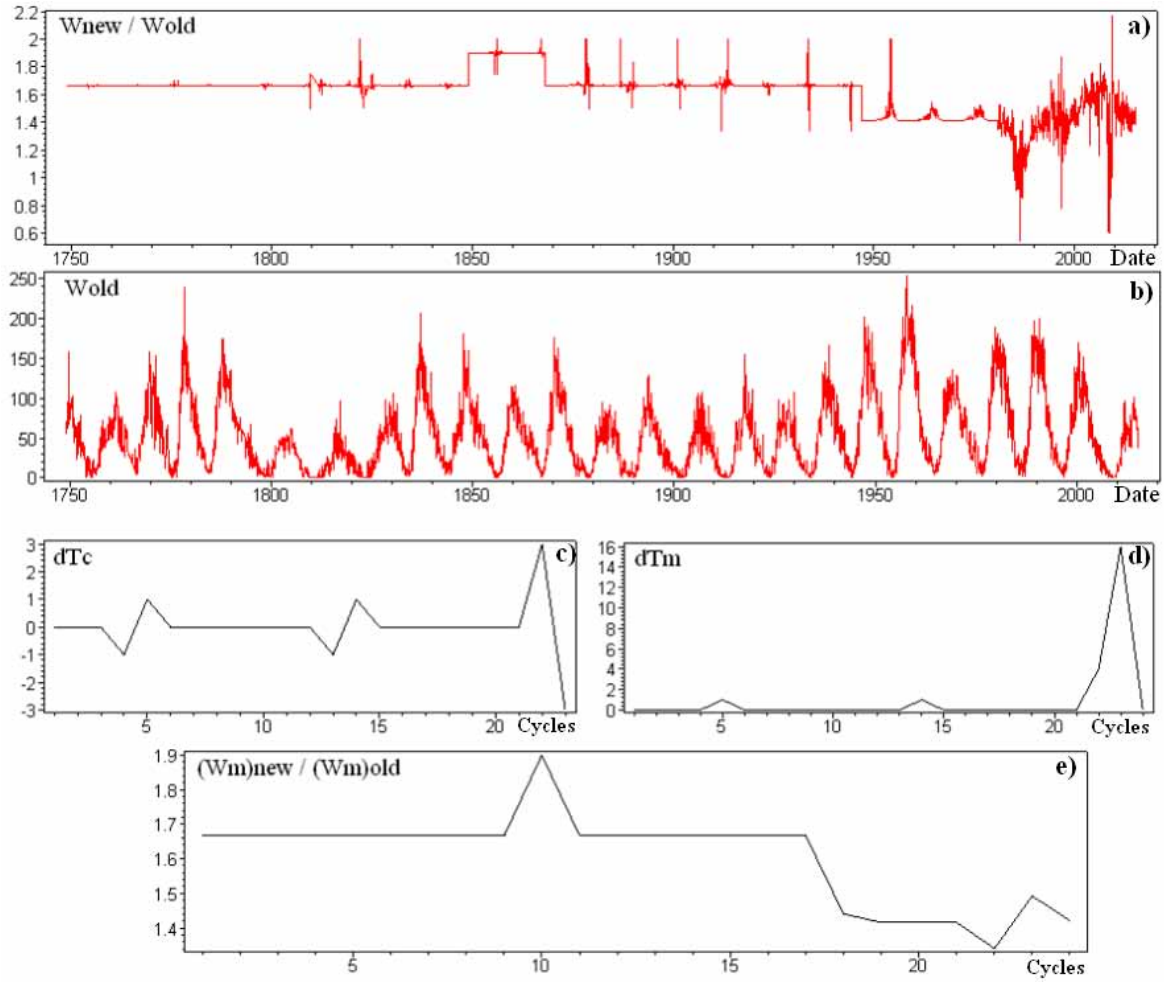


Рис. 1. Сопоставление характеристик рядов и соответствующих им циклов

Статистические оценки параметров циклов сопоставлены в последних четырех столбцах Таблицы, где приведены среднее (**mean**), квадратный корень из дисперсии (**σ½),** асимметрия (**skewness**) и эксцесс (коэффициент Куртосиса **– kurtosis**). Для симметричных данных коэффициент асимметрии равен нулю, при его положительном значении распределение смещено влево. Коэффициент Куртосиса характеризует отклонение эмпирического распределения от нормального распределения, для которого этот коэффициент равен трем. При **kurtosis < 3** график распределения имеет более пологую вершину, при **kurtosis > 3** более остроконечную. Явно выделяется 9-й цикл с трансформацией симметрии из-за умножения ряда его значений на «ступенчатую» функцию (Рис. 1a). Также изменился этот параметр у циклов 18, 22 и 23, но в меньшей степени.

Проведенный анализ указывает, что разумно сопоставить длиннопериодные компоненты рядов Wnew и Wold.

Таблица. Характеристики циклов соответствующих рядам Wnew и Wold

№	T0 old / new	Tc old /new	Tm old/new	Wm old / new	mean old / new	σ½ old /new	skewness old / new	Kurtosis old/ new
01	1755.292/ 1755.288	135 /135	75 / 75	86.5/ 144.12	41.86/ 69.77	21.9 /36.5	0.04 / 0.04	1.96/1.96
02	1766.543/ 1766.538	108 /108	39 / 39	115.8/ 192.98	59.55/ 99.26	31.8 /53.0	0.04 / 0.04	1.81/1.81
03	1775.543/ 1775.538	111 /111	35 / 35	158.5/ 264.25	66.79/ 111.32	48.3 /80.5	0.44 / 0.44	1.85/1.85
04	1784.797/ 1784.791	164 /163	41 / 41	141.2/ 235.28	61.49/ 103.09	43.0 /71.5	0.39 / 0.39	1.85/1.85
05	1798.460/ 1798.371	151 /152	81 / 82	49.2/ 81.99	22.62/ 37.48	17.5 /29.2	0.18 / 0.19	1.38/1.38
06	1811.044/ 1811.042	149 /149	65 / 65	48.7/ 81.16	18.93/ 31.55	15.0 /25.0	0.54 / 0.54	2.03/2.02
07	1823.457/ 1823.455	126 /126	78 / 78	71.5/ 119.24	37.9 / 63.17	23.5 /39.1	-0.06/-0.06	1.44/1.44
08	1833.960/ 1833.958	116 /116	40 / 40	146.9/ 244.87	67.35/ 112.23	43.3 /72.1	0.27 / 0.27	1.79/1.79
09	1843.625/ 1843.623	149 /149	55 / 55	131.9/ 219.94	55.74/ 99.42	35.4 /61.3	0.51 / 0.36	2.36/2.12
10	1856.044/ 1856.042	135 /135	50 / 50	98.0/ 186.15	48.57/ 92.28	29.5 /56.0	0.13 / 0.13	1.86/1.86
11	1867.290/ 1867.288	141 /141	41 / 41	140.3/ 234.02	53.17/ 88.84	43.8 /72.9	0.52 / 0.52	1.87/1.88
12	1879.044/ 1879.042	135 /135	60 / 60	74.6/ 124.41	34.12/ 56.87	23.8 /39.6	0.09 / 0.09	1.41/1.41
13	1890.290/ 1890.288	143 /142	46 / 46	87.9/ 146.55	38.72/ 64.98	28.1 /46.7	0.34 / 0.33	1.67/1.66
14	1902.204/ 1902.123	138 /139	48 / 49	64.2/ 107.08	32.28/ 53.45	22.3 /37.2	-0.10/-0.09	1.42/1.41
15	1913.707/ 1913.707	120 /120	48 / 48	105.4/ 175.67	44.4 / 74.02	30.3 /50.5	0.34 / 0.34	1.97/1.97
16	1923.706/ 1923.707	121 /121	56 / 56	78.1/ 130.23	40.89/ 68.16	25.4 /42.3	-0.00/-0.00	1.35/1.35
17	1933.791/ 1933.790	125 /125	43 / 43	119.2/ 198.64	57.6 / 96.0	36.8 /61.3	0.12 / 0.12	1.64/1.64
18	1944.205/ 1944.206	122 /122	39 / 39	151.8/ 218.73	74.5 / 108.93	50.3 /71.6	0.15 /0.098	1.52/1.50
19	1954.371/ 1954.371	126 /126	47 / 47	201.3/ 285.00	91.15/ 129.25	67.4 /95.3	0.29 /0.296	1.53/1.53
20	1964.875/ 1964.874	140 /140	49 / 49	110.6/ 156.63	60.22/ 85.48	34.7 /48.9	.045/0.048	1.51/1.51
21	1976.539/ 1976.540	123 /123	42 / 42	164.5/ 232.92	81.32/ 113.51	53.7 /77.2	0.09 / 0.10	1.46/1.46
22	1986.790/ 1986.790	116 /119	34 / 38	158.5/ 212.50	80.54/ 106.22	53.9 /73.6	0.15 / 0.19	1.39/1.41
23	1996.456/ 1996.708	151 /148	47 / 63	120.8/ 180.28	53.88/ 82.41	40.9 /61.2	0.3 / 0.28	1.58/1.58
24	2009.043/ 2009.042		64 / 64	81.9/ 116.42				

Длиннопериодные компоненты и интерполяция их достоверных частей

Спектральные оценки рядов, с маркировкой длиннопериодной области, показаны на Рис. 2a, ось OX в обратных месяцах. Выделенным длиннопериодным компонентам можно придать наглядный смысл, если трактовать их, как огибающие средних значений циклов. Согласованность этих понятий демонстрирует Рис. 2b, где на длиннопериодные компоненты хорошо наложились средние значения циклов. Временная динамика отношения этих компонент представлена на Рис. 2c, где явно продемонстрировано изменение тренда новой версии ряда начиная с 9-го цикла.

Проведем аппроксимацию длиннопериодных компонент для дальнейшего сравнения рядов Wnew и Wold. Будем опираться на фрагмент с 1834 г., включающий 8-ой цикл и

достоверную часть рядов. Параметры синуса, выбранного для аппроксимации, находились методом «наименьших квадратов». Исследуемые ряды предварительно приводились к соизмеримому масштабу, т.е. после вычитания среднего значения нормировались на квадратный корень из дисперсии. Длиннопериодные компоненты и аппроксимирующие синусы сопоставлены на Рис. 2b. Получены следующие периоды для синусов : Told = 149 лет, Tnew = 131 год. В более ранней публикации [2], где сравнивались характеристики Wrest и Wtool, при анализе достоверной части ряда **с 1849 г. по 2005 г.** была выделена 150-летняя гармоника.

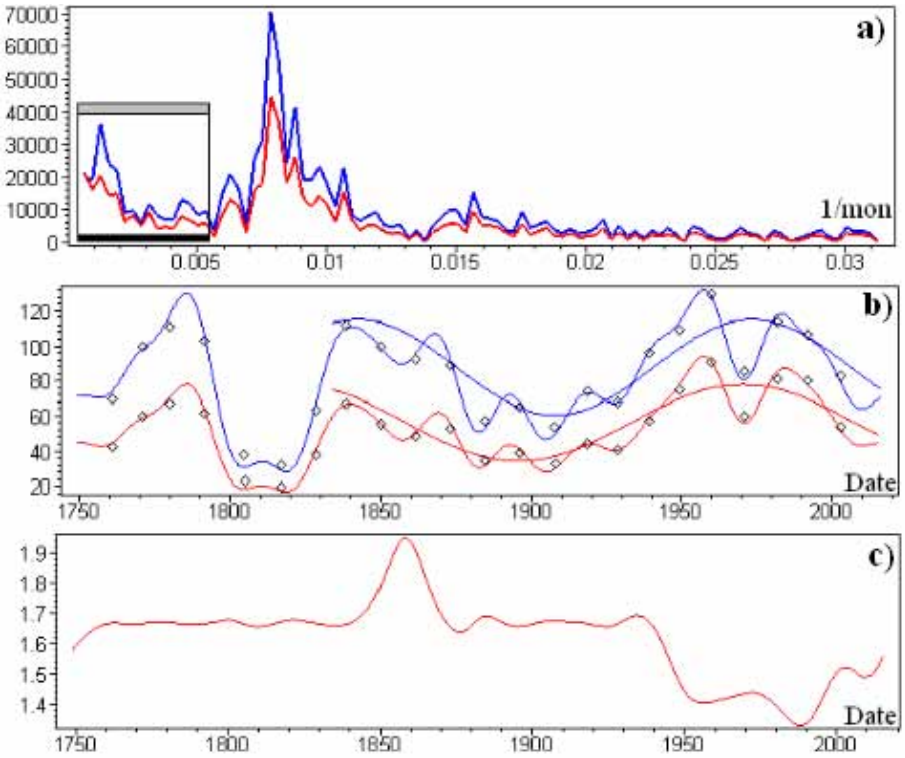


Рис. 2. a) – спектр рядов; b) – длиннопериодные компоненты рядов со средними значениями циклов (точки), синус-аппроксимация достоверной части рядов; c) – отношение длиннопериодных компонент рядов Wnew/Wold.

Заключение

Отличие в оценке периодов «вековых» компонент, тесно связанных со средними значениями циклов, даст разные результаты при прогнозировании солнечной активности и связанных с ней явлениями. Экстраполяция полученных приближений на внешний временной интервал, представленная на Рис. 3., это наглядно демонстрирует. Следует ожидать изменения длительности эпохи пониженной солнечной активности и момента наступления её минимума для новой версии ряда чисел Вольфа. Но особенно различия должны проявиться при реконструкции событий и связей в прошлом.

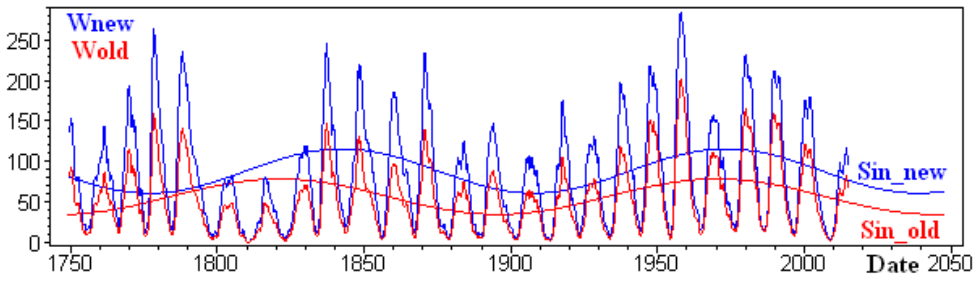


Рис. 3. Экстраполяция синус-аппроксимаций длиннопериодных компонент рядов

Литература:

1. Георгиева, К., Килчик А., Наговицын Ю. А., Киров Б. О перекалибровке числа солнечных пятен / Труды конференции <<Солнечная и солнечно-земная физика -- 2016>>, Пулково, Санкт –Петербург, 10 – 14 октября 2016 г., с. 61-66.
2. Ишков, В. Н., Шибаев И. Г. Циклы солнечной активности: общие характеристики и современные границы прогнозирования / Известия РАН, серия физическая. 2006. Т. 70, № 10. С. 1439-1442.

STUDY OF THE SUBSTORMS OBSERVED OVER APATITY IN 2015/2016 SEASON

Veneta Guineva[1], Irina Despirak[2], Boris Kozelov[2], Rolf Werner[1]

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

Keywords: *substorms, aurora emissions, geomagnetic storms*

Abstract: *In this work the substorms, registered during the 2015/2016 observational season over Apatity, are examined. Observations of the Multiscale Aurora Imaging Network (MAIN) in Apatity have been used. Solar wind and interplanetary magnetic field parameters were taken from the 1-min sampled OMNI data base. Substorm onset was specified and the further substorm development was followed by the 10-s sampled data of IMAGE magnetometers data set and by images and keograms of the all-sky and GC cameras in Apatity. Subject of the study were the characteristics of substorms originated during different geomagnetic conditions. The behaviour of the substorms developed during geomagnetic storms and in non-storm time was discussed.*

ИЗСЛЕДВАНЕ НА СУББУРИТЕ, НАБЛЮДАВАНИ НАД АПАТИТИ ПРЕЗ СЕЗОНА 2015/2016

Венета Гинева[1], Ирина Деспирак[2], Бирис Козелов[2], Ролф Вернер[1]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Полярен геофизически институт, Апатити, Русия
e-mail: spsbyte@space.bas.bg; lusy_t@yahoo.com

Ключови думи: *суббури, аврорални емисии, геомагнитни бури*

Резюме: *В тази работа са представени суббурите, регистрирани от Апатити през наблюдателния сезон 2015/2016 г. Използвани са наблюдения на системата камери Multiscale Aurora Imaging Network (MAIN) в Апатити. Ппараметрите на слънчевия вятър и междупланетното магнитно поле със стъпка 1 мин. са взети от базата данни OMNI. Началото на суббурите беше уточнено и беше проследено по-нататъшното им развитие по магнитните данни със стъпка 10 сек. от мрежата магнитометри IMAGE и по изображения и кеограми от all-sky и GC камерите в Апатити. Обект на изследването са характеристиките на суббурите, възникнали при различни геомагнитни условия. Дискутирано е поведението на суббурите, развили се по време на геомагнитни бури и при небуреви условия.*

Introduction

Substorms are a picturesque phenomenon that interested people for centuries. With the development of the science auroral substorms and their relation with other processes were studied. Akasofu reviewed these phenomena [1, 2, 3]. The sudden brightening, the bulge formation and its expansion in all directions, mostly to the North, are the final event of a sequence of phenomena, the manifestation of the magnetospheric substorm. The magnetospheric substorm is a disturbance of the magnetosphere brought by the solar wind transfer of magnetic flux from the dayside to the magnetospheric tail lobes and its return through the plasma sheet. It is known that the auroral substorm development differs depending on the conditions in the solar wind [e.g. 4, 5]. To be more specific, the solar wind parameters influence the substorm intensity, the substorm onset location, the substorm extent, the occurrence of substorms at high geomagnetic latitudes [e.g. 6, 7, 8, 9, 10].

Besides, disturbances in the solar wind, especially magnetic clouds (MC) and the regions in front of the flows in the solar wind (CIR and Sheath) can often provoke geomagnetic storms differing by their intensity and other parameters [11, 12, 13, 14]. Therefore, substorms could be observed under different interplanetary conditions: during the passage of different solar wind streams and structures by the Earth, during the development of different geomagnetic storms, as well as in quiet conditions.

The goal of this work is to identify, classify and examine the substorms during different phases of geomagnetic storms and in non-storm conditions using measurements of the camera system MAIN in Apatity during 2015/2016 observational winter season.

Instrumentation and data used

Measurements from the Multiscale Aurora Imaging Network (MAIN) in Apatity during 2015/2016 winter season have been used. The cameras system MAIN has being built in Apatity since 2008. The cameras characteristics, their mutual situation and the measurement process are described in detail in [15].

Solar wind and interplanetary magnetic field parameters were taken from the 1-min sampled OMNI data base (spacecraft-interspersed, near Earth data) of the Coordinated Data Analysis Website (http://cdaweb.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/eval2.cgi).

Substorm presence was verified by the 10-sec sampled ground-based data of IMAGE magnetometers network (using the meridional TAR-NAL and MEK-NOR chains) and by data of Loparskaya and Lovozero magnetometers and the Apatity all-sky camera.

To study the substorm development data from the Apatity all-sky camera and the Guppy F-044C (GC) camera with field of view ~67° (images and keograms) were used.

Results

By the MAIN 2015/2016 data, 74 substorms were detected and studied. We applied the classification used in [16]. 44 substorms occurred during storms, 16 of them during the main storm phase, 17 – in the near recovery phase, 6 – in the late recovery phase and 5 – in a structured recovery phase. 30 substorms happened under non-storm conditions, 3 of them were under quiet conditions and 27 – under non-storm conditions when structures were detected in the solar wind, but they didn't provoke geomagnetic storms. Below examples of substorms during two periods: during a geomagnetic storm and during a non-storm period when a high speed stream (HSS) was present in the solar wind.

Review of the interplanetary and geomagnetic conditions

In Fig.1 two intervals of different interplanetary and geomagnetic conditions are presented: 18 – 25 January 2016 (the left panel of Fig.1) and 9-15 December 2015 (the right panel of Fig.1). From up to down the following quantities are presented: the IMF magnitude B, the IMF Bz component, the flow velocity V, the X component of the solar wind velocity V_X, the density N_p, the temperature T, and the dynamic pressure P of the solar wind, and the geomagnetic indices AE and SYM/H.

During the first period a geomagnetic storm developed. The interplanetary conditions were complicated. In the solar wind at that time several consecutive structures were observed: Sheath (the region in front of a magnetic cloud - MC), MC, a co-rotating interaction region - CIR (the region in front of a SHH), and HSS. The boundaries of these structures are marked in the left panel of Fig.1 by solid vertical lines. In front of Sheath region was an interplanetary shock reflected in the geomagnetic data by the sharp jump of the SYM/H index about 21 UT on 18 January 2016, showing the beginning of the initial phase of the geomagnetic storm. The geomagnetic storm main phase began during MC, coinciding with the sharp turn of B_z southward at about 03:30 UT on 20 January 2016. SYM/H_{min} was -95 nT at 16:42 UT on 20 January 2016. Just after that CIR and HSS reached the Earth and contributed to a prolonged storm recovery phase, lasting several days. This geomagnetic storm was minor, Kp index reached 5-. On 20 and 21 January, during the geomagnetic storm, 8 substorms were registered by the system cameras MAIN: 2 during the main storm phase and 6 during the near recovery phase. The times of substorm onsets are marked in Fig.1 by dashed vertical lines. In the next sections two examples of substorms are shown: one substorm during the main phase at 15:05:20 UT on 20 January 2016 and one substorm during the near recovery phase at 20:27:00 UT on 21 January 2016.

The second example includes the passage of a high speed stream (HSS) by the Earth on 10 December 2015 (Fig.1, the right panel). The (CIR) lasted from about 00:00 UT to 10:00 UT on 10 December 2015. HSS following CIR lasted about 3 days. CIR and HSS are marked in Fig.1 by solid

vertical lines. The maximal change in the solar wind speed was about 200 km/s and its maximal value reached 650 km/s for about 1.5 days. This HSS didn't provoke a geomagnetic storm, the minimal value of SYM/H was ~ -15 nT. 5 substorms were registered on 10 December 2015 and their onsets were near the station zenith or to the North from it. The time range of the observed substorms is marked in Fig.1 by dashed vertical lines. Further below the development of one substorm, at 19:23 UT is presented.

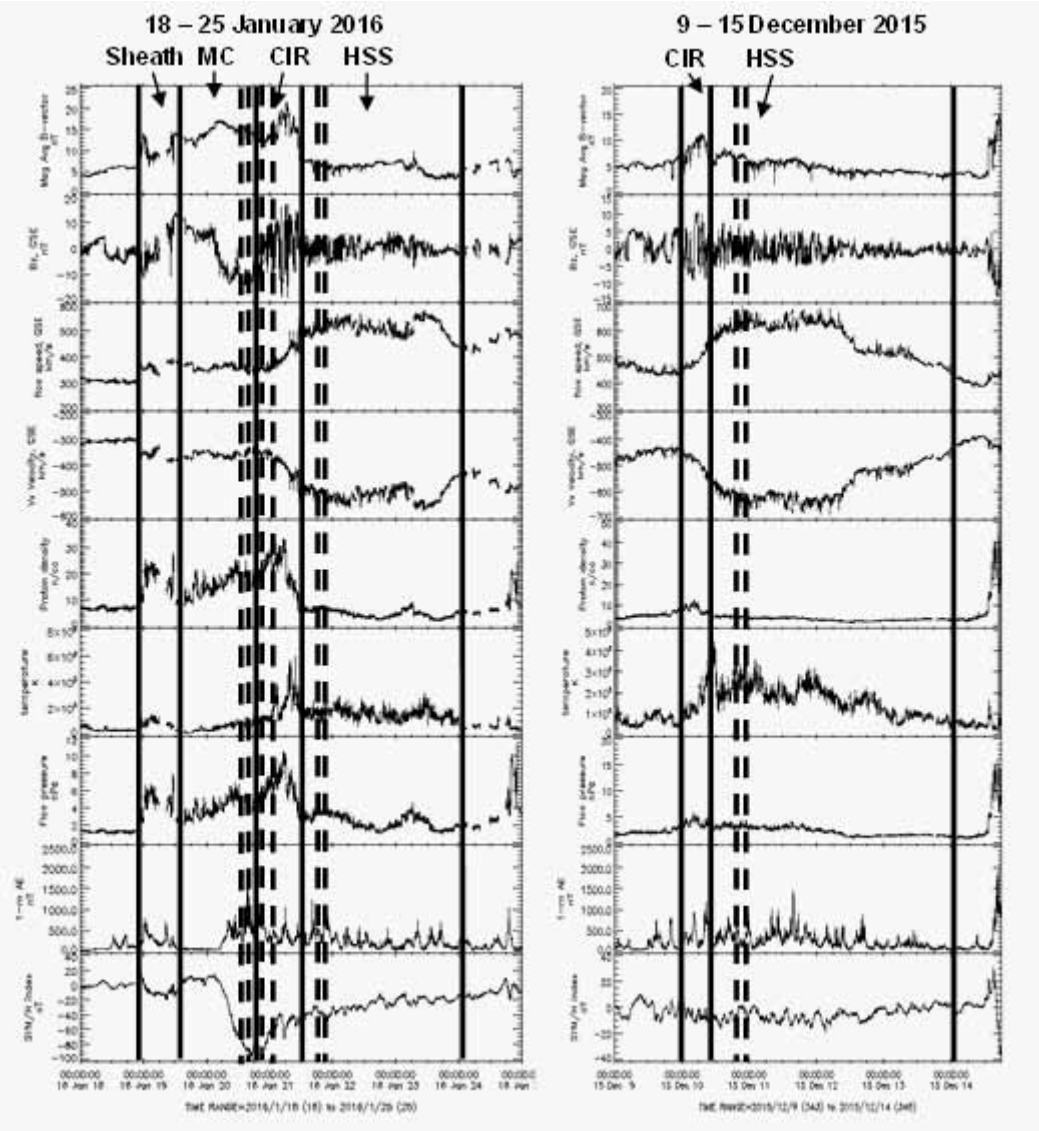


Fig. 1. Interplanetary and geomagnetic conditions during the periods: 18-25 January 2016 (the left panel) and 9-15 December 2015. From up to down: B and B_Z of IMF, V, V_X, N_p, T, and P of the solar wind, and the geomagnetic indices AE and SYM/H. The boundaries of the structures in the solar wind at the time of the examined storms are indicated by solid vertical lines. The times of the observed substorms are marked by dashed vertical lines.

Substorm at 15:05:20 UT on 20 January 2016

The aurora dynamics during the substorm on 20 January 2016 according to the all-sky camera and GC camera data is presented in Figure 2. The top panel shows some all-sky camera images from 15:05:20 to 15:55:00 UT, the left bottom panel presents the GC camera images from the same times, and the right bottom panel - the all-sky (up) and the GC (down) keograms from 15 to 16 UT. This substorm occurred during the main storm phase, to the South from the station zenith. First substorm auroras arised to the South from zenith, in the field of view of both cameras in 15:55:20 UT. The bulge development is seen. The bright aurora stayed in the South part of the field of view and after several intensifications about 15:30 UT the bulge expanded in North direction and occupied the whole field of view. The value of SYM/H index at the moment of substorm onset was ~ -87 nT.

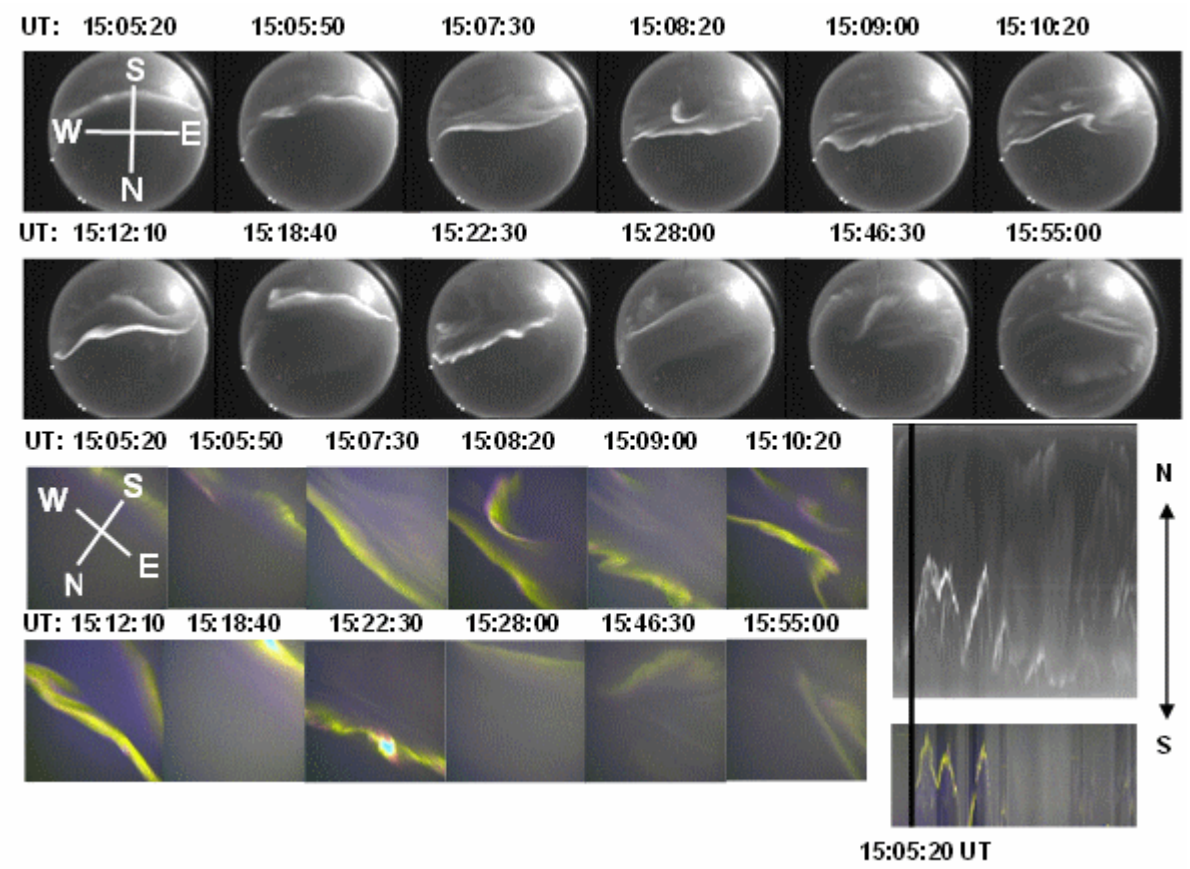


Fig. 2. Aurora dynamics during the substorm on 20 January 2016 at 15:05:20 UT by chosen all-sky images (two upper rows) and GC camera images (the third and fourth images row below to the left). The world directions are marked in the first image of each camera. The all-sky (up) and GC (down) keograms from 15 UT to 16 UT are shown to the right in the bottom panel. The substorm onset seen from the station is marked by a solid vertical line.

Substorm at 20:27:00 UT on 21 January 2016

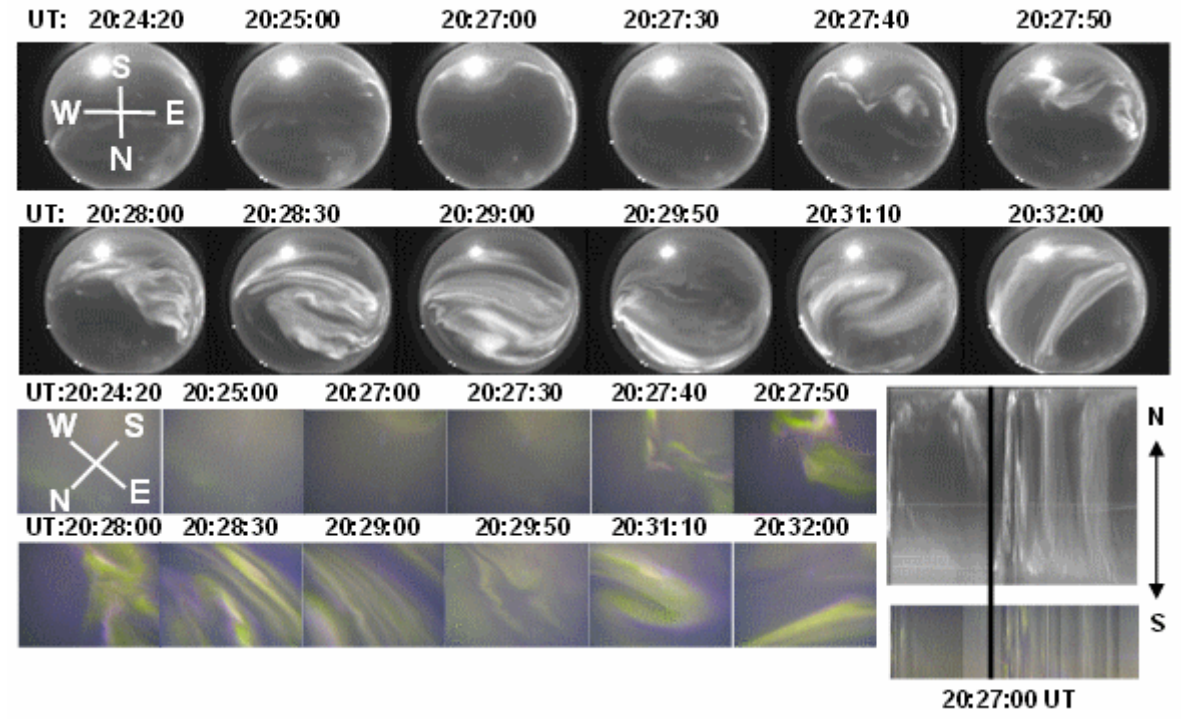


Fig. 3. Development of the substorm at 20:27:00 UT on 21 January 2016 by all-sky and GC cameras data. The format is the same as the one in Fig. 2.

In Fig. 3 the auroras dynamics during the substorm on 21 January 2016 at 20:27:00 UT by chosen all-sky images (two upper rows) and GC camera images (the third and fourth images row below to the left). The all-sky (up) and GC (down) keograms from 20 to 21 UT are shown to the right in the bottom panel. The substorm onset is marked by a solid vertical line. This substorm occurred during the prolonged recovery phase, to the South from the station zenith. Substorm auroras are seen first in the all-sky image at 20:27:00 UT near the South border of the field of view. After that a fast bulge expansion in North direction is seen. In the GC camera images bright auroras are seen first at 20:27:40 UT. The auroral bulge occupied the whole field of view at 20:28:30 UT. The value of SYM/H index at the moment of substorm onset was ~ -37 nT.

Substorm at 19:23:00 UT on 10 December 2015

The development of the substorm at 19:23:00 UT on 10 December 2015 is shown in Fig.4. The format of the figure is the same as the one of Fig.2. The substorm originated in non-storm conditions, during the passage of a HSS by the Earth. Its onset was near the station zenith, and it is seen in both cameras images. The bulge expansion in all directions is seen till substorm aurora covered the whole field of view at 19:26:30. The value of SYM/H index at the moment of substorm onset was ~ -7 nT.

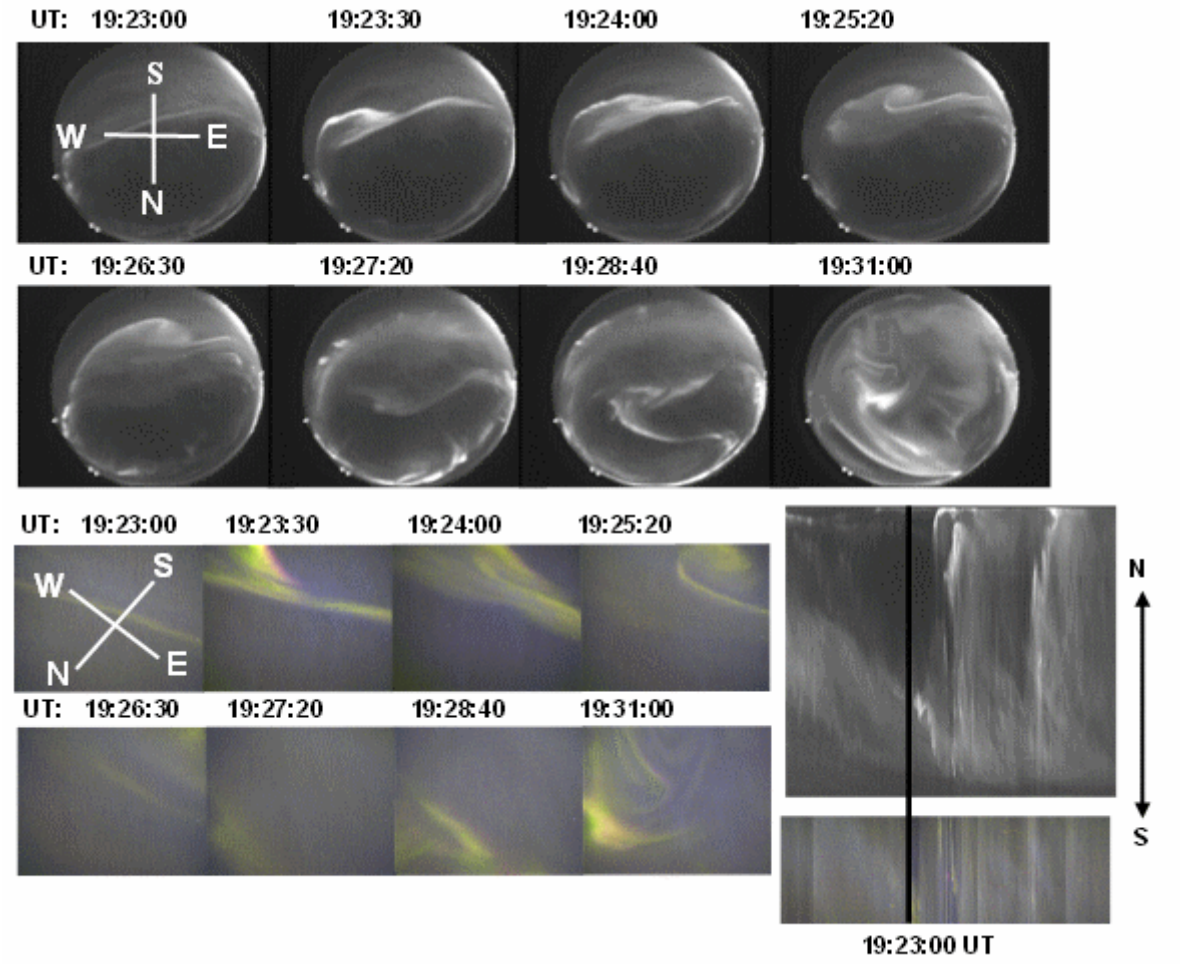


Fig. 4. Substorm development at 19:23:00 UT on 10 December 2015 by all-sky and GC cameras images and keograms. The format is the same as the one of Fig.2. The substorm onset was near the station zenith, and the bulge expansion in all directions is seen till substorm aurora covered the whole field of view at 19:26:30.

Conclusions

We studied substorms registered during the winter season 2015/2016 by the cameras system MAIN in Apatiti. 74 substorms were identified and reviewed. The results about the substorm characteristics and development confirm on the whole our findings regarding examinations of substorms during other observational seasons (e.g. [16]).

The substorms, originated during the main storm phase or in the near recovery phase, occurred to the South of Apatity (64.27°N CGM Lat.), and substorm auroras expansion to North was observed. For substorms during the late recovery phase auroras were observed to the North of the Apatity station, and their motion from North to South was registered. The boundary between both types of substorms in terms of SYM/H index is in the range 30-50 nT. Regarding the substorms characteristics the substorm onset of such substorms was usually near the station zenith and the bulge expansion in all directions could be observed. For substorms during a structured storm recovery phase or during "non-storm conditions with structures of solar wind" auroras may occur to the South or to the North from the station zenith depending on the stage of geomagnetic disturbance (mainly on the SYM/H value). The onset of substorms in quiet conditions was usually to the North from the station zenith (often near or out the field of view boundary) and auroras movement from North to South could be seen.

Acknowledgements. We are grateful to J. N. King and N. Papatashvili, NASA GSFC and CDAWeb for the data from the OMNI data base. The paper was partly supported by the Program No 7 of the Presidium of the Russian Academy of Sciences (RAS). The study is also a part of a joint Russian - Bulgarian Project 2-14 of PGI RAS and IKIT-BAS under the Fundamental Space Research Program between RAS and BAS.

References:

1. Akasofu, S. - I. Several 'controversial' issues on substorms. Space Sci. Rev. 113, pp.1-40, 2004.
2. Akasofu, S. - I. The development of the auroral substorm. Planet. Space Sci. 12, pp.273-282, 1964.
3. Akasofu, S. - I. Dynamic morphology of auroras. Space Sci. Rev. 4, pp.498-540, 1965.
4. Gerard, J.-C., B. Hubert A. Grard, M. Meurant, S.B. Mende. Solar wind control of auroral substorm onset locations observed with the IMAGE-FUV imagers. J. Geophys. Res. 109, 3, A03208, doi: 10.1029/2003JA010129, 2004.
5. Yahnin, A. G., I.V. Despirak, A. A. Lyubchich and B.V. Kozelov. Solar wind control of the auroral bulge expansion. In Proceedings of the 7^{h} International Conference on Substorms, Levi, Finland, 2004, Ganushkina N. and T. Pulkkinen (Ed.), (Helsinki: Finnish Meteorological Institute), pp. 31-34, 2004.
6. McPherron, R.L., C.T. Russell, M.G. Kivelson, P.J. Coleman Jr. Substorms in space: The correlation between ground and satellite observations of the magnetic field. Radio Science 8, pp.1059-1076, 1973.
7. Loomer, E.I., J.C. Gupta. Some characteristics of high-latitude substorms. J Atmos. Sol.-Terr. Phys. 42, pp. 645–652, 1980.
8. Dmitrieva, N.P., V.A. Sergeev. 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. Magnitos. Issled. (in Russian) 3, pp. 58–66, 1984.
9. Despirak, I. V., A. A. Lubchich, H. K. Biernat, A. G. Yahnin. Poleward expansion of the westward electrojet depending on the solar wind and IMF parameters. Geomagn. Aeron. 48 (3), pp.284-292, 2008.
10. Despirak, I.V., A.A. Lyubchich, N.G. Kleimenova. Polar and high latitude substorms and solar wind conditions. Geomagn. Aeronomy 54(5), pp. 575-582,. 2014.
11. Huttunen, K.E.J., H.E.J. Koskinen, A. Karinen, K. Mursula. Asymmetric development of magnetospheric storms during magnetic clouds and sheath regions. Geophys. Res. Lett. 33, L06107, doi:10.1029/2005GL024894, 2006.
12. Pulkkinen, T.I., N.Y. Ganushkina, E.I. Tanskanen, M. Kubyshkina, G.D. Reeves, M.F. Thomsen, C.T. Russel, H.J. Singer, J.A. Slavin, J. Gjerloev. Magnetospheric current systems during stormtime sawtooth events. J. Geophys. Res. 111, A11S17, doi:10.1029/2006JA011627, 2006.
13. Yermolaev, Yu.I., M.Yu. Yermolaev. Statistic study on the geomagnetic storm effectiveness of solar and interplanetary events. Adv. Space Res. 37(6), pp.1175-118, 2006.
14. Tsurutani, B.T., E. Echer, K. Shibata, O.P. Verkhoglyadova, A.J. Mannucci, W.D. Gonzalez, J.U. Kozyra, M. Pätzold. The interplanetary causes of geomagnetic activity during the 7-17 March 2012 interval: a CAWSES II overview. J. Space Weather Space Clim., 4, A02, DOI: 10.1051/swsc/2013056, 2014.
15. Kozelov, B. V., S. V. Pilgaev, L. P. Borovkov, V. E. Yurov. Multi-scale auroral observations in Apatity: winter 2010-2011, Geosci. Insrum. Method. Data Syst., 1, pp.1-6, 2012
16. Guineva, V., I.V. Despirak, B.V. Kozelov, Substorms over Apatity during 2014/2015 Observational Season, Proc. of Eighth Workshop "Solar influences on the magnetosphere, ionosphere and atmosphere, May 30 – June 3, 2016, Sunny Beach, Bulgaria, ISSN 2367-7570, pp.59-64, 2016 (http://ws-sozopol.stil.bas.bg/2016Sunny/Proceedings2016_V2.pdf)

S E S 2 0 1 6
Twelfth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
2– 4 November 2016, Sofia, Bulgaria

ELECTROSTATIC RESPONSE OF ATMOSPHERIC REGIONS BY FAIR-WEATHER CONDITIONS TO DISTANT CLOUD-TO-GROUND LIGHTNING DISCHARGES

Peter Tonev

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

Keywords: *Atmospheric electricity, global electric circuit, solar variability, weather and climate, modeling*

Abstract: *Time fluctuations of downward electric currents and fields generated in the global atmospheric electrical circuit (GEC) by fair-weather conditions due to strong cloud-to-ground lightning discharges (these last cause transient changes of ionospheric potential) are studied by modelling at different altitudes (particularly, at cloud tops and in mesosphere). These fluctuations may be a factor which enforces the link between solar variability and climate through a control on nucleation processes in clouds. At cloud tops these fluctuations are up to ~1%. In the mesosphere, by ambient conductivity profile, the superimposed electric fields can reach tens of mV/m*. However, if there are layers of highly reduced conductivity, such as in noctilucent clouds, these electric fields can be hundreds of mV/m or even of the order of V/m.

ЕЛЕКТРОСТАТИЧНА РЕАКЦИЯ В ОБЛАСТИТЕ НА АТМОСФЕРАТА ПРИ ЯСНО ВРЕМЕ В РЕЗУЛТАТ НА ОТДАЛЕЧЕНИ МЪЛНИИ ОБЛАК-ЗЕМЯ

Петър Тонев

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

Ключови думи: *Атмосферно електричество, глобална електрическа верига, слънчева вариабилност, време и климат, моделиране*

Резюме: *Изследвани са с помощта на моделиране времевите флуктуации на низходящите електрически токове в глобалната атмосферна електрическа верига (от ниската йоносфера към земята) във връзка с преходни вариации на йоносферния потенциал, възникващи при силни мълниеви разряди от тип облак-земя. Тези флуктуации могат да бъдат фактор, който влияе върху връзката между слънчевата вариабилност и климата чрез управлението на процесите на създаване на кондензационни ядра в облаците. На горната граница на облаците тези флуктуации са до ~1%. От друга страна, в мезосферата те са многократно по-големи – съответните преходни електрически полета могат да достигат, при несмутен профил на проводимост, десетки mV/m, а при наличие на слой с понижена прводимост, както в мезосферните облаци – и от порядъка на V/m.*

Introduction

The global atmospheric electric circuit (GEC) is fed by the electric currents flowing upwards from the thunderstorms and electrified shower clouds located in the troposphere over the globe. As result, ionosphere has positive electric potential V_I~250-300 kV related to the ground. The closure of GEC is completed in regions of fair-weather conditions by the ionosphere-to-ground electric current j_{fw}~2 pA m^{-2}. At the level of cloud tops in the troposphere this current contributes to nucleation process in clouds, hence different factors, such as solar variability, could influence this process (and thus, weather and climate) by variations of j_{fw} on different time scales [1]. This phenomenon is linked to formation of electrical charges at cloud tops because of the lower conductivity in clouds [2] compared

to outer one. The ionosphere-to-ground current j_{fw} is sensitive to the solar activity (SA) changes caused by modifications of GEC parameters due to changes in stratospheric conductivity σ_S (σ_S is formed by the galactic cosmic ray flux which is modulated by SA). During solar minimum the stratospheric conductivity is higher, i.e. the average downward electric current is bigger and has larger effects than during solar maximum. Here we study variations of the current j_{fw} and related electric field E_{fw} in time-scales much smaller than that of solar variability. Small time-scale variations of j_{fw} are important with account to essentially nonlinear nucleation rate as function of j_{fw}. Here we estimate fluctuations of j_{fw} at cloud tops, as well as at higher altitudes (in the mesosphere) which could arise due to fluctuations of the ionospheric potential V_I caused by distant intense cloud-to-ground lightning discharges (CGLD). According to recent model studies [3, 4], the CGLD with large (>600 C km) charge moment change can cause transient modification of V_I by up to few hundreds of Volts.

We propose a 1D model to study the quasi-static electrical response in GEC (represented by transient variations of j_{fw} and E_{fw}) at different altitudes between the ionosphere and the cloud tops. Our results show that large transient changes of the ionospheric potential which arises due to sequences of intense CG lightning discharges can cause variations of the ionosphere-earth current j_{fw} at cloud tops by up to almost 1%. In the mesosphere large vertical transient quasi-static variations superimposed on j_{fw} and E_{fw} are generated in layers with sharp conductivity gradient – the superimposed electric field E can reach tens of mV/m. E can be even several times larger as result of grouped intense lightning discharges. This is much better expressed in layers of dramatic reduction of conductivity, for example in noctilucent mesospheric clouds (NLC), where the electric fields E can reach hundreds of mV/m, or much more by a sequence of several intense CGLD of the same polarity. Similar and even larger electric fields in the mesosphere have been systematically observed in rocket experiments. It should be noted, however, that other possible sources can take place in these cases, such as the ionospheric potential at auroral latitudes which exhibits large variations.

Electric response of ionosphere and atmosphere to CGLD: model study

The effects of intense CGLDs on GEC in atmospheric regions with fair-weather conditions are considered. The average charge moment change for intense cloud-to-ground lightning discharges is ~1.6 kC km [5]. This corresponds to a mean magnitude of the charge transported by lightning ~160–320 C by typical lightning channel length ~5–10 km. The mean hourly global rate of intense positive SGLD (+CGLD) is ~1 per minute, and that of −CGLD is ~0.6 per minute for the diurnal peak at 16 LT [5]. From statistical view, the transient variation of the ionospheric electrical potential (IP) V_I due to such intense CGLD will not be masked by the series of the rest much weaker (and of much larger rate) CGLDs of both polarities. According to [3], a typical moderate +CGLD causes transient IP decrease by ~40 V as shown in Fig.1 (the background IP is 300 kV). The rise time t_{max} of ΔV_I to its peak ΔV_{Imax} is ~20 s; the relaxation time is ~400 s. More recent estimations [4] show that by the same conditions the peak IP change is twice as large. Following these estimations, the average ΔV_{Imax} due to an intense +CGLD, with account also to its channel length, will be ~400 V and can be much larger by an extremely intense +CGLD. With account to the global rate of the intense CGLDs, occasionally a sequence of several CGLDs grouped in time could cause several times larger peak ΔV_I.

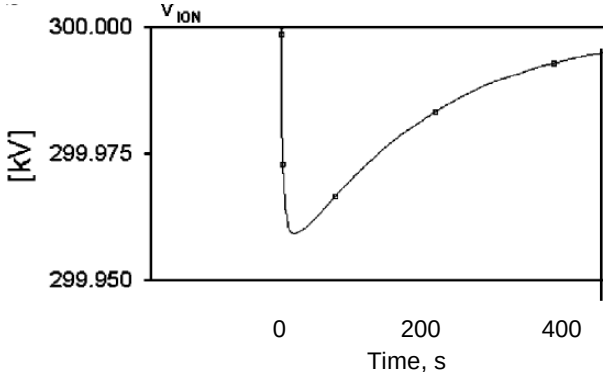


Fig. 1. GEC response to +CGLD with 67 C transferred represented by transient IP decrease [3]

We study the quasi-static response in GEC below the altitude Z_I = 85 km assumed here to be the equalizing altitude at which the IP is V_I = 300 kV. Since IP changes in Fig.1 are much faster than those at lower altitudes due to the increase of conductivity $\sigma(z)$ with height, the capacitive properties of the medium are involved. The Maxwell's current between ionosphere and ground is $\mathbf{j}_M = \mathbf{j}_{const} + \mathbf{j}_c + \mathbf{j}_d$

where $\mathbf{j}_{const} = j_{fw}$ is the DC fair-weather current generated by the background IP V_I = 300 kV which is constant by altitude z, $\mathbf{j}_c$ and $\mathbf{j}_d$ are the conduction and displacement currents superimposed on $\mathbf{j}_{const}$ due to IP transient variation $\Delta V_I(t)$. A time-dependent 1D model is developed assuming stratified conditions so that the characteristics are functions of altitude z and time t. For $\mathbf{j} = \mathbf{j}_c + \mathbf{j}_d$ we have:

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

$\mathbf{j}_c = \sigma E$, $\mathbf{j}_d = \varepsilon_0 dE/dt$; $E(z,t)$ is the superimposed potential electric field. From (1) we obtain for E:

(2) $$\frac{d}{dz}\left[\sigma E + \varepsilon_0 \frac{dE}{dt}\right] = 0$$

Eq.(2) is solved with initial and boundary conditions: $E(z, t=0) = 0$; $\int_0^{Z_I} E(z,t)dz = 0$.

Eq.(2) is solved numerically in order to obtain variations of the Maxwell's current j_M at cloud tops, as well as in the mesosphere. Estimations are made for a case when a group of +CGLDs cause IP variation with ΔV_{Imax}= 1 kV. After rise to its peak ΔV_{Imax}, the IP transient variation relaxes exponentially with characteristic time 400 s (to agree with the results in Fig.1). This time scale is close to the relaxation time of electrical charges at the ground level. The response of the atmospheric regions below 85 km is estimated for two nighttime conductivity profiles: *i*) Profile [6] composed from data obtained experimentally and theoretically, and *ii*) Profile based on data from rocket measurements above the Wallops island obtained in [7].

Firstly, we examine the relative change of the electric current superimposed to the background fair-weather current j_{fw} at altitudes corresponding to the tops of clouds (Table 1) for peak IP change ΔV_{Imax} (the mean ΔV_{Imax} value for intense +CGLDs, as estimated above). Conductivity profile [7] is used. Three cases are considered for the reduction coefficient of conductivity σ_{cl} in the cloud compared that out of the cloud σ_{out}. According to [2] the σ_{out} is several times larger than σ_{cl}. In the first two rows in Table 1 cases of 3- and 10-fold reduction of cloud conductivity are considered. In general, the reduction coefficient may be as large as 50 – this case is represented in the last row. It is important to take into account also the thickness of the layer of transition from conductivity σ_{out} at the cloud top boundary $z(\sigma_{out})$ to the reduced conductivity σ_{cl} inside the cloud (altitude $z(\sigma_{cl})$ in Table 1). This thickness varies here from 200 m for the first case down to 50 m for the third case; it determines the sharpness of the σ gradient.

Results are obtained for the relative variation (in %) of the conduction current j_c at the cloud top related to the fair-weather current j_{fw}. We note that the ratio j_c / j_{fw} dramatically increases when the cloud top is at higher altitude (i.e. by larger conductivity σ_{out}), when bigger reduction of the cloud conductivity (related to the adjacent) takes place, and for sharper gradient in the transition layer from σ_{out} to σ_{cl}. Also, the rise time t_{max} to the peak magnitude of the superimposed current conduction j_c decreases with the increase of the cloud top altitude. Similar feature takes place for the relaxation time of the current j_c. The interpretation of these results is that IP changes on a given timescale cause variations in the fair-weather current j_{fw} only down to the level where the relaxation time is comparable to this timescale.

Table 1. Transient electric field variations in mesosphere by transient IP change −400 V

Cloud top, km	$\sigma_{out} / \sigma_{cl}$	$z(\sigma_{out}) - z(\sigma_{cl})$, m	j_c / j_{fw}, %	t_{max}, s	t_{relax}, s
5	5	200	−0.072	19	160
10	10	100	−0.12	11	95
15	50	50	−0.42	8.6	78

The electrical response in the mesosphere to transient variations of IP V_I due to intense CGLD is examined (Table 2) in three cases where conductivity profiles [3] and [4] are adopted. An extreme IP disturbance of −1 kV is used in these cases which can be a result of several +CGLDs which occur almost simultaneously. The electric field E superimposed to background DC field E_{fw} is examined. E is shown at altitudes z_{max} where it reaches maximum E_{max} at time t_{max}. These characteristics are given in Table 2 together with the time of relaxation of the electric field E. In the first two cases undisturbed conductivity profiles ii) and i) are assumed. E_{max} in these cases is reached close to the layer of abrupt conductivity change for each σ profile. In these cases E_{max} is tens of mV/m. In the third case a presence of a nuctilucent cloud (NLC) is assumed: it occupies a thin layer above 80 km as shown in Table 2. It is characterized by very large reduction of the conductivity in it.

Table 2. Transient electric field variations in mesosphere by transient IP change of −1 kV

Conductivity profile	NLC layer	σ_{min} in NLC	E_{max}, V/m	z_{max}, km	t_{max}, s	t_{relax}. s
ii) [7]	-	-	−0.028	68	0.03	0.26
i) [6]	-	-	−0.059	72	0.02	0.14
i) [6]	82-82.8 km	5.10^{-11} S/m	−0.77	82.4	0.03	0.25

These results that the electric fields in the NLC can be of the order of 1 V/m. Similar large electric fields in fair-weather mesosphere have been experimentally observed by a series of scientists [8]. Even much larger fields have been found in such experiments, as well, as these shown in Fig.2 [9]. The question whether such large electric fields are result of transient IP variations due to intense CGLDs is still open: there can be other sources, for example, much larger transient IP variations at auroral latitudes related to the solar wind and the ionospheric convection. Possibly, large mesospheric fields could be created locally also due to CGLD in the magnetically conjugate region.

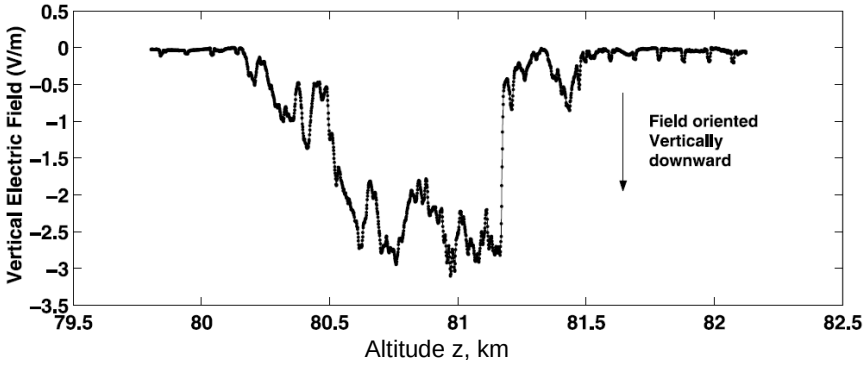


Fig. 2. Experimental data of the vertical electric field in an NLC [9]

Conclusion

Variations of the electric currents and fields in global electric circuit at cloud tops and in the mesosphere caused by ionospheric potential fluctuations due to intense cloud-to-ground lightning discharges are studied. At cloud tops in the troposphere fluctuations up to ~1 % of the fair-weather electric current can take place. In the mesosphere with undisturbed conductivity. fluctuations of the vertical electric fields of tens mV/m and more can be realized; superimposed electric fields of tenths of V/m could be generated close to layers with abruptly changing conductivity. Generation of even larger electric fields (of the order of 1 V/m) can be generated within nuctilucent clouds with highly reduced conductivity.

References:

1. Tinsley, B. A., L. Zhou, Initial results of a global circuit model with variable stratospheric and tropospheric aerosols, J. Geophys. Res., 111, 2006, D16205, doi:10.1029/2005JD006988
2. MacGorman and Rust, The Electrical Nature of Storms. Oxford University Press, New York, 1998, 422 p.
3. Rycroft, M. J., A. Odzimek, et al., New model simulations of the global atmospheric electric circuit driven by thunderstorms and electrified shower clouds: The roles of lightning and sprites, J. Atmos. Solar-Terr. Phys., 69, 2007,1175-1202.
4. Janski, J., V. P. Pasko, Charge balance and ionospheric potential dynamics in time-dependent global electric circuitmodel, J.Geophys.Res.- Space Physics, 119, 2014,1-20.
5. Fullekrug, M. The contribution of intense lightning discharges to the global atmospheric electric circuit during April 1998, J. Atmos. Solar-Terr. Phys., 66, 2004, 1115–1119.
6. Hale, L. C. (1984), Adv. Space Res., 4 (4).
7. Holzworth, R. H., Kelley, M. C., Siefring, C. L., Hale, L. C., Mitchell, J. D., 1985. Electrical measurements in the atmosphere and the ionosphere over an active thunderstorm. 2.Direct current electric fields and conductivity. J. Geophys. Res., 90, 9824-9831.
8. Zadorozhni, A. M., A. A. Tyutin, et al., Electric field measurements in the vicinity of noctilucent clouds and PMSE, Geophys. Res, Lett, 20, 1993, 2299-2302.
9. Holzworth, R. H., R. A. Goldberg, Electric field measurements in noctilucent clouds, J. Geophys. Res., 109, 2004, D16203, doi:10.1029/2003.

РАЗШИРЯВАНЕТО НА ВСЕЛЕНАТА – РЕАЛНОСТ ИЛИ ИЛЮЗИЯ

Велко Велков

e-mail: velvel@mail.bg

Ключови думи: *разширяваща се Вселена, Доплер ефект, Голям взрив.*

Резюме: *Докладът е посветен на един от основните въпроси на съвременната физика - разширяването на Вселената. Представя становище, алтернатовно на общоприетото, а именно, че Вселената не се разширява. Базирано е на научно обосновани предпоставки, указващи, че моделът Голям взрив е несъстоятелен, а изместването на спекъра на светлината към червената област не се дължи на доплеровия ефект, а на друг фактор.*

EXPANTION OF THE UNIVERS – REALITY OR ILLUSION

Velko Velkov

e-mail: velvel@mail.bg

Keywords: *expansion of the Universe, Doppler effect, Big Bang.*

Abstract:*The report is dedicated to a major and still unresolved uniquely issues of the physics - the expansion of the Universe. It is presented an opinion, alternative to the existing one, namely, that the Universe is not expanding, which is based on science-based considerations, that the model of Big Bang is untenable and the redshift of the light spectrum, radiated from distant sources is not due to the Doppler effect, but to another designated factor.*

Двата подкрепящи представата и възприетото схващане във физиката, че Вселената се разширява в пространствено отношение аргумента, са хипотетичния модел за космогонията и космологията на Вселената „Голям взрив" и наблюдаваното обективно изместване на спектъра на светлината от далечни източници към червената област. Породени са от теоретични разработки и наблюдения от преди повече от 80 години и се подкрепят от нови публикации, силно повлияни от тях, макар че са налице и такива, които не подкрепят разширяването на Вселената като физическа реалност.

Преди пристъпването към анализ на тегловната стойност на двата подкрепящи аргумента, е необходимо кратко да бъде анализирана картината на разбягващи се една от друга галактики, която обрисуват привърженициите на идеята. Обективно доказано е, че галактиките в наблюдаваната област от всемирното пространство, определяно като познатата ни Вселена, е от порядъка на няколко стотин милиарда. Също така обективно доказано е, че средното разстояние между галактиките в наблюдаваната и позната ни Вселена е приблизително 2 – 3 милиона светлинни години, при среден размер на галактиките от порядъка на стотици хиляди светлинни години. Даже във физиката съществува схващането, че към крупните мащаби Вселената се сгъстява прогресивно. Ако действително галактиките се раздалечаваха и разбягваха една от друга и то обезателно радиално, защото от физиката е известно, че само радиалната съставна на движещ се обект има принос в изместването на честотата на сигналите между два обекта, би трябвало това средно разстояние да се увеличава непрекъснато. Никакви експериментални наблюдения и резултати не са известни в подкрепа на такова увеличаване. Друго съображение от общ характер е например факта, че разбягването на галактиките, предполага крайност на материалната компонента на Вселената, за да има място, простор и пространство където те да се разместват при своето разбягване, а за сега наблюденията не показват наличието на някакъв край, напротив по-скоро свидетелстват за безкрайност и безграничност. И още едно съображение от общ характер се натрапва при

разработки на тема „разширяваща се Вселена”, а именно как и защо галактиките се разбягват, след като очевидно във всемирното пространство действа и друг фактор, насочващ материалните тела и конфигурации една към друга.

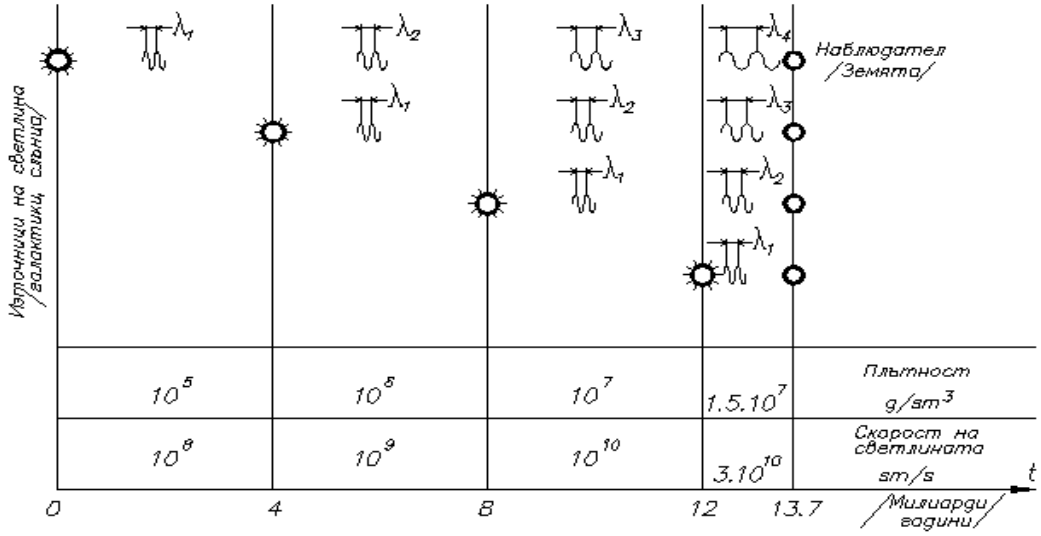
След така изказаните съмнения от общ характер, логично следва изясняването на поддържащите аргументи с по-строг и научен подход.

Първият, или моделът Голям взрив, никога не е бил убедително и безапелационно доказан феномен. Даже без да бъдат изтъквани парадоксалните стойности на неговите параметри, като размери на „огненото” кълбо от няколко мили, събрало цялата материя на Вселената без да се изяснява как и откъде се е взела тази материя, за да се уплътни до стойности от порядъка на 10^{94} g/cm^3, температура над 10^{12} K, времетраене 10^{-43} s, както и допускането за ситгулярност на събитието, силно разколебава устоите на неговата състоятелност на реален физически феномен. Така, че той в никакъв случай не може да е предпоставка, а още по малко доказателство, за разширяване на Вселената. В противовес на модела Голям взрив, на базата на актуални изследвания, част от които отразени в [1] и [2], се предлага и обосновава нов модел, без сингулярност на събитието, породило началото и еволюцията на сега наблюдаваната Вселена. В предложения модел началото се представя като фазов преход на състоянието на реална физическа среда, с присъщи също така реални фичически параметри, изпълваща всемирното пространство, от „критична” плътност към синтез на познатата ни материя и барионното вещество. Приетото наименование на указаната физическа среда, явяваща се основа и причина за произхода и процесите в нея, е Същност, и освен плътността й, са определени за първи път редица нейни физически параметри. Така, че събитието породило началото на сега наблюдаваната Вселена е обосновано и описано като обикновен естествен процес, част от вечен и нескончаем кръговрат на преобразуване на Същност във вещество и обратно, със определен цикъл от около 18-20 милиарда години. Предложеният нов модел на Всемира изяснява в логическа и стройна последователност наблюдаваните явления и процеси, които на дадения етап не са изяснени непротиворечиво, достоверно и в единство от физиката.

В същите трудове са на лице и научно обосновани възражения срещу втория аргумент, подкрепящ разширяването на Вселената, а именно изместването на спектъра на светлината от далечни източници към нискочестотната област. Наложеното във физиката схващане за това явление се базира върху ефекта на Доплер, съгласно който промяната на честотата на излъчените електромагнитни или звукови колебания, в случая светлината, се дължи на движението на източника. И доколкото честотата на приеманите на Земята сигнали от далечните източници на светлина се намалява, следва че дължината на вълната се увеличава, т.е. изместването е към нискочестотната област на спекъра, към червената част. Американският юрист по образование и астроном по призвание Едуин Хъбъл след продължителни наблюдения успява да систематизира измерванията и да изведе зависимост, известна като Закона на Хъбъл, съгласно който скоростта на отдалечаване на източниците на светлина, галактики, квазари или отделни слънца - **υ**, е пропорционална на разстоянието до тях **r** или, **υ = H. r, където H** е коефициент на пропорционалност, наричан постоянна на Хъбъл. И на тази база се счита, че колкото по-отдалечен от точката на наблюдение е източника на светлина, толкова по-голяма е неговата скорост на отдалечаване. Стойността на H, изчислена по прецизни измервания през 1972 г. от американските астрономи Сындидж и Таман е от порядъка на 54 km/s. Mps [3]. И така съгласно изложеното и прието като обяснение за разбягването на галактиките и разширението на Вселената становище, се стигне до парадокса, че за реално наблюдавани със съвременни радиотелескопи източници, отдалечени от Земята на 3-4 милиарда светлинни години, скоростта им на отдалечаване се доближава и е сравнима със скоростта на светлината, а за още по-отдалечени обекти, изчислената по тази формула скорост дори надвишава скоростта на светлината, което е физически абсурд. Следователно би трябвало да се потърси друга причина за очевидната транслация на спектъра на светлината към червената област.

Актуалните изследвания, отразени във вече цитираните източници обосновават и доказват наличието на друг фактор, различен и без връзка с доплеровия ефект. За такъв фактор е определена промяната на скоростта на светлината в процеса на еволюцията на Вселената, в резултат от промяната на обуславящите я параметри на средата на разпространение, указаната вече Същност. Стойностите на параметрите на Същността или средата на развитие на всички процеси, в т.ч. разпространението на светлината, са променливи в процеса на еволюцията на Всемира. Естествено е и стойността на скоростта на светлината да се променя в хода на времето. Проведени теоретични изчисления, както и експериментални измервания на международни научни екипи, разкриват и показват, че плътността на Същността във функция от времето непрекъснато нараства, което води и до

нарастване на скоростта на светлината. На тази база може логично и обективно да бъде изяснен феномена изместване на спектъра на светлината от отдалечените източници без да се налага раздалечаване или разбягване на галактиките и разширяване на Вселената. Т.е., не раздалечаването или разбягването на космическите обекти, а разпространението на електромагнитните колебания в среда с все по-нарастваща плътност във времето и съответно по-висока скорост и по-голяма дължина на вълната - **λ** е причината за наблюдаваното изместване на спектъра на електромагнитните колебания от по-далечните източници към червената област на спектъра, достигащи до нас в настоящата епоха. Това нагледно може да бъде илюстрирано и изяснено чрез изобразеното на следващата фигура.



За време от събитието, породило сегашното състояние на Всемира, е указано общоприетото, според сегашните схващания, време за възрастта на Вселената 13,7 милиарда години, като този период за нагледност е разделен условно на 4 интервала, включвайки началния стадий на последната фаза от кръговрата, съгласно предложения нов модел. Изобразените стойности за плътността на средата (Същността) и скоростта на разпорстранение на светлината са според проведените разчети за съответните фази на космологичния цикъл. Ясно личи, че колкото по-далеч е източникът на електромагнитното колебание (галактика, квазар, слънце) от наблюдателя (Земята), толкова по-голяма ще е дължината на притетите колебания и съответно изместването ще е към червения диапазон на спекъра.

Изчисленията на базата на показаната зависимост за промяната на плътността на средата и съответно скоростта на светлината във функция от времето, съответстват на наблюдаваното изместване на спектъра на светлината от няколко галактики и квазари, данни за които са взети от [3]. Това потвърждава правилността на откритата и предложена причина и изяснен механизъм на наблюдаваното обективно изместване на спектъра на светлината във функция от разстоянието до наблюдаваните обекти и разколебава становището за разширяване на Вселената. Може с увереност да се твърди, че Вселената не се разширява във времето, въпреки динамиката на процесите в нея в хода на еволюцията й. А и защо, как и накъде да се разширява, след като редица известни изследователи и автори доказват, че действа друг фактор, възпиращ тази тенденция със заключението, че тя е плътно обхванатa и притисната, както те образно се изразяват, в „орехова черупка” [4]. Този фактор и неговият механизъм на действие все още не са изяснени подобаващо от физическата наука. И тук, ако се позовем отново на актуалните изследвания, отразени в цитираните публикации, причината за това е неизменно Същността, с нейното всеобхватно и вездесъщо налягане. Тя обхваща и въздейства на всичко материално във Всемира, защото то е неин продукт и органично свързано с нейната среда.

Литература:

1. Велков, В. „Същността”. Полиграф. комбинат „Д. Благоев” София, 2015.
2. Велков, В. Основен всемирен кръговрат. Proceedings SES 2014, 50-52.
3. Левитан, Е. П. „Физика Вселенной”. Изд. „Наука”. Москва, 1976 г.
4. Хокинг, С. „Вселената в орехова черупка”. Изд. „Прометей”, София, 2002.

ОТНОСНО РЕГИСТРИРАНЕТО НА ГРАВИТАЦИОННИ ВЪЛНИ

Велко Велков

e-mail: velvel@mail.bg

Ключови думи: *гравитация, гравитационни вълни, гравитон*

Резюме: *Докладът е посветен на един от най-обсъжданите и изследвани и същевременно най-малко изяснени въпроси на съвременната физика – гравитацията. Съществуват ли гравитация в смисъл привличане на телата, гравитационни вълни, гравитон и всичко свързано с явлението гравитация. Предложена е нова хипотеза и обоснован нов подход в изясняването на стремежа на телата едно към друго.*

CONCERNING THE GRAVITATIONAL WAVES REGISTRATION

Velko Velkov

e-mail: velvel@mail.bg

Keywords: *gravity, gravitational waves, graviton.*

Abstract: *The paper is dedicated to one of the most discussed and investigated, while least clarified questions of the modern physics - gravity. Does gravity exist in terms of the bodies' attracting, gravitational waves, graviton and everything related to the phenomenon of gravity. It is proposed a new hypothesis and a well-grounded new approach to clarify the aspirations of the bodies to each other.*

В началото на февруари 2016 г., на научната общност и световната общественост беше оповестено, че международен изследователски екип, обединен в проекта LIGO, е успял да регистрира най-после гравитационни вълни. Съобщено беше, че на 14.09.2015 г. детекторите в Хамфорд, щат Уошингтън и в Ливингстън Стейшън, щата Луизиана, са регистрирали един и същ сигнал, изместен във времето на 7 милисекунди, които сигнали са приети за гравитационни вълни, генерирани или породени от сблъсъка на две черни дупки с маси 36 и 29 слънчеви маси. Както се вижда от хронологията на събитията, творческият екип е имал достатъчно време за обективен анализ и оценка на получените сигнали, за да се пораждат съмнения за прибързаност и недооценка. Оповестяването обаче беше прекомерно гръмко и претенциозно, и създаде впечатление за необоснована самоувереност. В общата еуфория се чуха даже мнения за присвояване на Нобелова награда. Една от водещите специалистки по проекта възторжено сподели колко би се радвал Айнщай ако беше жив. Увлечен от тази световна новина и общия възторг, журналист от програма „Хоризонт" на БНР в сутрешно предаване за събития на седмицата, възхитен пусна запис от регистрацията им, при което се чу лек пукот и неговото възклицание „Това беше!".

Съвсем пресни, от преди година две, са случаите с възторженото, бързо и необмислено оповестяване и то от претендиращи научни екипи, на съобщения за регистриране на скорости по-високи от скоростта на светлината, на прословутия „божествен" Х-бозон и на „тъмна" материя. Много скоро след оповестяването им те бяха опровергани или от самите екипи или от водещи учени в съответната област.

Заслужават уважение екипите и учените за старанието, усилията, волята и труда, полагани от тях по такива важни въпроси за науката, практиката и общочовешкото знание. Но някак си не е приемлива наблюдаваната тенденция за прибързано тържествуване, първенствуване и обявяване на сензационни резултати. Каквито и мотиви да подтикват научните екипи към такова поведение, като например, оправдаване на направените разходи или надеждата за бързо увенчаване с научни награди, не е приемливо така категорично да

бъдат представяни пред научната общност резултати от проведен експеримент за нещо, което не е ясно дали въобще обективно съществува като физическо явление и реалност. Що се отнася до гравитационните вълни токова съмнение има сериозни основания, свързани както с напразните усилия те да бъдат регистрирани експериментално, така и с теоретичната обосновка на тяхната физическа база.

В доклада ще бъдат представени накратко доводи и в двете насоки.

Първо, ако действително съществуваха гравитационни вълни и техния квант енергия, т.нар. „гравитон", единствената хипотетична елементарна частица със спин 2, то те, гравитационните вълни и гравитона биха били регистрирани от науката много отдавна. Често се изтъква като причина за невъзможността да бъдат регистрирани гравитационните вълни ниската интензивност и сила на гравитационното взаимодействие, което според физическата наука, по сила или интензивност е 10^{40} пъти по-слабо от силното ядрено взаимодействие и 10^{37} пъти по-слабо от електромагнитното. Това не може да бъде причина и мотив, защото според физиката, гравитацията е единственото взаимодействие сред четирите известни, което е еднонастранно, т.е. не предпоставя уравновесяване на положителна и отрицателна компоненти, а наслагване и съответно сумиране и увеличаване на силите, водещо до значителни стойности, което и се наблюдава по редица ефекти във физическата реалност.

Второ, ако гравитацията се проявява чрез вълнообразен процес, то както е известно всеки вълнообразен процес има положителна и отрицателна полувълни и преминава през фаза 0, което предполага, че би трябвало например Земята да ни привлича и отблъсква периодично, в такт с вълната, а такова нещо, както е очевидно, не съществува.

Трето, в безкрайния Всемир, сблъскването на т.н. „черни дупки", чието съществуване е също съмнително и не доказано по безпорен начин, което предизвиквало според някои учени възбуждането или генерирането на гравитационни вълни, би трябвало да не е толкова рядко и екзотично явление, че да чакаме 1,5 милиарда години, за да ги регистрираме едва през месец септември 2015 г. Логично е да се очаква по- често да бъдат регистрирани такива хипотетични вълни, предвид огромния брой материални структурни образувания и конфигурации, които могат да ги предизвикат.

Четвърто, оскъдно бяха оповестени физически параметри и техни стойности на така регистрираните вълни. А такива, ако те действително съществуват и са вълни, трябва да бъдат регистрирани с измерими параметри, като енергетични –мощност, интензивност, амплитуда и спектрални - честота или честотен диапозон, спектър, ако вълната не е монохроматична, дължина на вълната, период. На по-късен етап беше съобщено, че вълните са в честотния диапазон от 0,1 до 1000 Hz, без да се представя амплитудно - честотна характеристика или спектъра, ако той е от дискретни стойности.

Пето, не е възможно такова мащабно събитие, каквото е сблъскването на две черни дупки да е с такъв кратковременен отклик за какъвто беше представен записа на онзи пукот. Такова събитие би следвало теоретично да е с голямо последействие, т.е. времето на наблюдение да е значително, а не няколко десетки милисекунди, както бе съобщено, при това да е с много по-широк честотен спектър от обявения. И още нещо, защо след като е известно, че гравитационното взаимодействие е различен по вид и природа от останалите три, силно и слабо ядрени и електромагнитното, на него му се приписва скорост на разпространение равна на скоростта на светлината, на базата на което е изчислена разликата във времето на регистрирането на сигналите от сблъсъка на черните дупки в двата базови детектора на земеята, отстоящи на 3002 км един от друг, съответно – 7 милисекунди. В допълнение към това съображение следва да се отбележи още нещо съществено: 7-те милисекунди разлика във времето между двата регистрирани сигнала могат да се получат само ако източника на сигналите е с някаква диаграма на насоченост и е по линията между приемниците. В случая обаче източникът на сигналите е изотропен, т.е. ненасочен, и достатъчно далеч, за да се получат в точките на двата приемника едновременно, без разлика във времето.

Шесто, как при доказаната ниска интензивност на гравитационните взаимодействия, съответно вълни, могат да бъдат измерени стойности 10^{37} пъти по-ниски по мощност от електромагнитните вълни, за които както е известно има предел на възможната измерима мощност, свързана с константата на Болцман и чувствителността на измервателните ни прибори, с които разполагаме на настоящия етап в своето техническо и технологично развитие.

Седмо, отсъствието на стойностите на измерените параметри не позволява да бъде извършено сравнение с теоретично изчислени и очаквани стойности на параметрите, най-малкото в енергетично отношение. А такова може да бъде проведено сравнително лесно. При известната маса на хипотетичните черни дупки, а именно 36 и 29 слънчеви маси и скоростта им

на движение, може да бъде разчетена приблизително мощтостта на получения взрив. Предвид изотропността на източника на излъчване, в случая взрива от сблъсъка, известното разстояние до него, около 1,5 милиарда светлинни години и затихване на сигнала при изотропното му разпространение, може с първо приближение да бъде определено очакваното ниво на получения в точката на приемане, т.е. тук на Земята, сигнал. При аналитичен разчет на базата на тези данни следва да се сравни нивото на евентуално получения сигнал с прага на чувствителността на измервателната апартура, с която е проведен експеримента, за да се потвърди съответствие или невъзможност за регистрация.

Така че, изтъкнатите доводи и съображения дават достатъчно основания за съмнения, че регистрираните сигнали при проведения научен експеримент са от гравитационни вълни. По-вероятно е това да са сигнали с друга природа и от друг източник. Това мнение може да бъде подкрепено допълнително с доводи от общонаучен и философски характер. Кой и кога е представил сериозно научно доказателство, че гравитационното взаимодействие би трябвало да се проявява под формата на вълнообразен процес. Дали аналогията с електромагнитните вълни не ни подвежда в усилията да изследваме и търсим гравитационни вълни. Никъде в сериозните трудове, посветени на гравитацията, не се твърди, а още по-малко доказва, наличието на гравитационни вълни, предсказани от Анри Поанкаре през 1905 г. в рамките на формализма пространство-време и еманацията му в Общата теория на относителността, изградена от Айнщайн през 1915 г. Самият Айнщайн в много свои трудове, свързани с проблема гравитация, изследва гравитационното поле и само е допускал възможност за съществуването на гравитацаионни вълни. Не е известен негов труд, третиращ гравитацията и гравитационното взаимодействие като вълнообразен процес. Напротив, гравитацията той изяснява с изкривяването на континуума пространство-време под влияние на материята и извежда 10-те основни уравнения от вида:

$R_{mn} = \chi T_{mn}$ (m, n = 1, 2,3, 4) и тяхната развита форма - $R_{mn} - ½ g_{mn} R = \chi T_{mn}$

където:

- R_{mn} - тензор на Ричи, отразяващ геометрията на пространството;
- T_{mn} - тензор на енергията-импулса, отразяващ свойствата на материята;
- g_{mn} - гравитационни коефициенти;
- χ - гравитационната постоянна на Айнщайн, явяваща се обобщение на гравитационната постоянна на Нютон (формулите с означенията са заимствани от [1, стр. 118]).

Тези уравнения, установяващи връзката между материята и геометрията на пространство-времето, не съдържат вълнови функции и не предпоставят вълнообразен характер на гравитационното взаимодействие и съответно наличието на гравитационни вълни.

Основанията за съмнения и възражение по състоятелността на оповестените резултати се подсилват и от съвсем нови изследвания и разработки по проблема гравитация, например [2] и [3]. Те показват, че е много вероятно гравитационни взаимодействия в смисъл привличане на телата или изкривяване на континуума пространство-време и съответно гравитационни вълни въобще да не съществуват физически. Според отразеното в тях, наблюдаваното насочване или стремеж на материалните тела едно към друго, се дължи на друг фактор. Като такъв фактор, предизвикващ изтласкването на материалните тела едно към друго, е определено налягането и натиска върху тях, предизвикани от околната физическа среда, каквато е обективната физическа реалност, изпълваща хомогенно, изоморфно и изотропно всемирното пространство с прието наименование Същност. Определените нейни физически параметри и техните стойности, в частност плътността, са предпоставката и основата, от която се образуват материалните формирования, веществото, чрез уплътняване на маси Същност в локални обеми с много по-висока плътност от средата, от която произтичат. Формираните от нея и в нейната среда материални формирования и структури нарушават хомогенността на полето на Същността, поради значително по-голямата си плътност от нейната и предизвикват асиметтрия в налягането й. Като следствие, около всяко материално тяло се поражда градиент на налягането на същността към тялото. Градиентът на дадено тяло очевидно е право пропорционален на масата на тялото. Друго материално тяло в зоната на градиента на първото по необходимост бива изтласквано към него. В общия случай две материални тела с припокриващи се градиенти на налягането на същността върху тях биват изтласквани едно към друго. Подробно механизма на взаимодействие на две материални тела във всемирното пространство е анализиран и описан в указаните публикации.

Приведените доводи и представените тук кратко актуални изследвания по темата гравитация дават основание за извода, че гравитационно взаимодействие като основна природна сила не съществува, а като следствие не е възможно да съществуват и да бъдат регистрирани гравитационни вълни, а още по-малко гравитон. Този извод се подсилва и от факта, че физическата наука е непосилна за сега да обедини гравитационното взаимодействие с останалите три вида взаимодействия или природни сили - силни и слаби ядрени и електромагнитни, в единна, стройна и непротиворечива физическа теория. Надеждата това да се случи, не бива да се свързва с т.н. Квантова теория на гравитацията и различните модификации на ОТО, а по-скоро с необходимостта от нов подход в изследването и изясняването на физическата реалност, опит и начало за което е потърсен и направен чрез разработките в [2].

Литература:

1. Шмутцер, Э. „Теория относительности. Современное представление". Изд. „Мир", Москва, 1981.
   В оригинал: Relativitätstheorie – Aktuell. Ein Beitrad zur Einheit der Physik von Prof. Dr.rer. nat.habil. Ernst Schmutzer. Friedrich-Schiller-Universität Jena. BSB B G.Teubner. Veriagsgesellschaft. 1979.
2. Велков, В.. Същността, нова хипотеза за съдържанието, структурата и еволюцията на Всемира. Печат Полиграфически комбинат „Д. Благоев", София, 2015 г.
3. Velkov, V. Hypothesis of a cosmological model of the Universe without gravitation. Aerospace Research in Bulgaria. Space Research and Technology Institute. Bulgarian Academy of Sciences. vol. 26, 2014. Sofia.

БЪЛГАРСКОТО УЧАСТИЕ И РЕЗУЛТАТИ ОТ РАДИОАСАМБЛЕЯТА (RA-15) И СВЕТОВНАТА РАДИОКОНФЕРЕНЦИЯ (WRC-15)

Елисавета Александрова, Анушка Станчева, Александър Латев, Максим Заяков

Българско астронавтическо дружество, bad@space.bas.bg,
Нов Български Университет, Департамент „Телекомуникации", astancheva@nbu.bg,
„България Сат" ЕАД, www.bulgariasat.com

Ключови думи: *радиочестотен спектър, космически съобщения, геостационарна орбита, антени, Българско астронавтическо дружество*

Резюме: *Докладът представя участието на български специалисти, членове на секция „Космически съобщения" към Българското астронавтическо дружество (БАД), в подготовката и работата на Радиоасамблеята (RA-15) и Световната радиоконференция (WRC-15) на Международния съюз по далекосъобщения, сектор Радиосъобщения (ITU-R), (Женева, 02-11.2015 г.). Представен е техният принос в областта на спътниковите съобщения и спътниково телевизионно разпръскване в изследователския период 2012-2015 г. в рамките на Изследователска група 4 (SG4) на ITU-R. Коментирани са решения на конференцията, свързани с ефективното използване на честотно-орбиталните ресурси на споделена основа с глобалната мобилна технология (IMT), за управление на безпилотни авиосистеми (UAS CNPC), нови честотни разпределения за спътникови радиослужби, включително за изследване на Земята, въпроси за проучване до следващата Световна радиоконференция (WRC-19).*

BULGARIAN PARTICIPATION AND RESULTS OF RA-15 AND WRC-15

Elisaveta Alexandrova, Anushka Stancheva, Aleksandar Latev, Maxim Zayakov

Bulgarian Astronautical Society, bad@space.bas.bg,
New Bulgarian University, Department Telecommunication, astancheva@nbu.bg,
"BulgariaSat" EAD, www.bulgariasat.com

Key words: *radio frequency spectrum, satellite communications, geostationary orbit, antennas, Bulgarian Astronautical Society*

Abstract: *The report presents the participation of Bulgarian specialists, members of the section "Space Communications" at the Bulgarian Astronautical Society (BAS) in the preparation and work of Radio Assembly (RA-15) and World Radiocommunication Conference (WRC-15) of the International Telecommunication Union, Sector Radiocommunication (ITU-R), (Geneva, 02-11.2015). Their contribution is resented in the field of satellite communications and satellite broadcasting in the study period 2012-2015 within the Study Group 4 (SG4) of ITU-R. The decisions of the Conference are discussed related to effective use of frequency-orbital resources on a shared basis with the International Mobile Telecommunications (IMT); control communication links of unmanned aviation systems (UAS CNPC); new frequency allocations for satellite services, including earth exploration; issues to be studied to the next World Radiocommunication Conference (WRC-19).*

Международен съюз по далекосъобщения, сектор Радиосъобщения

През 2015 година се навършиха 150 години от основаването на Международния съюз по далекосъобщения (ITU), чиято основна цел е да допринася за развитието и регулирането на далекосъобщенията в целия свят. Той се състои от три сектора: Радиосъобщения, Далекосъобщения и Развитие. Сектор Радиосъобщения обединява усилията на развитите и развиващите се страни за равноправно и ефективно използване на честотно-орбиталните ресурси, едни от най-ценните, но ограничени природни ресурси. Основен документ на Сектор Радиосъобщения е Международният Радиорегламент, чрез който се регулира използването на

радиочестотния спектър и спътниковите орбити в глобален мащаб. Радиорегламентът се актуализира на основата на решенията, взети на Световните конференции по радиосъобщения на ITU-R, отразяващи динамичните процеси на развитие на подвижни, спътникови, морски, авиационни и други радиослужби. Последната (WRC-15) се проведе през ноември 2015 г. под знака на 150-годишнината от основаването на ITU с 3300 участника от 162 страни-членуващи в ITU, 500 участника от 130 организации и наблюдатели от индустрията. Разгледани са 667 документа с 2700 предложения по над 40 теми, свързани с нови честотни разпределения, съвместно използване на честоти, ефективно използване на честотно-орбиталните ресурси и равноправен достъп до тях [22].

WRC-15, както всяка радиоконференция, се предшестваше от Радиоасамблея (RA-15), на която се приемат резултатите от работата на проучвателните групи (SG) между радиоконференциите, одобряват се ITU-R препоръки и изследователски въпроси за следващия период. ITU-R проучвателните групи развиват техническата база за решенията, приемани на световните радиоконференции. Повече от 4000 специалисти от администрациите на съобщенията на страните-членки, от комуникационната индустрия и академични организации участват в работата на проучвателните групи. Понастоящем действат 6 проучвателни групи. Проблемите на спътниковите радиослужби са обект на дейността на Проучвателна група 4 (SG4), а за далекосъобщителни и разпръсквателни спътникови радиослужби отговаря Работна група 4A (WP4A). Дейността на българските специалисти в проучвателния период до WRC-15 е свързана с тази работна група.

Българското участие

Ефективното използване на честотно-орбиталните ресурси зависи в голяма степен от прилаганите при анализа на смущенията между системите от различните радиослужби еталонни диаграми за антените на земните станции, обект на препоръки на ITU-R, включени в Радиорегламента. С развитието на технологиите с годините еталонните диаграми се отдалечават от тези на използваните антени в реалните системи и затова се нуждаят от актуализиране. Спътникови оператори с голям брой системи, вече регистрирани в Международния честотен регистър, предпочитат да не се актуализират стойности на еталонни параметри в Радиорегламента, тъй като, първо, си осигуряват известен резерв за бъдещо развитие на своите системи и второ, затруднява се появата на нови конкурентно способни оператори на пазара за спътникови услуги.

Българското участие в дейността на Работна група 4A е насочено към проучвания за повишаване на ефективното използване на честотно-орбиталните ресурси чрез подобряване на еталонни диаграми на антени за земни станции [1-7]. Резултатите от тази дейност са приети от SG4 и утвърдени от RA-15:

- нова Препоръка ITU-R BO.2063 [8] за алтернативна диаграма за приемни антени за спътниково телевизионно разпръскване (BSS);

- ревизиране на действаща Препоръка ITU-R S.1717 за банка данни за измерени диаграми на антени за земни станции [9] чрез допълване с опростен формат за представяне на данните от измерване на малки антени, с което се улеснява процесът и се поощрява извършването на измервания, въз основа на които ще могат да се вземат решения за актуализиране на действащите диаграми в Препоръките на ITU-R, приети като еталонни в Радиорегламента;

- нов Изследователски въпрос ITU-R 293/4 [10] за следващия период до WRC-19 за подобряване еталонните диаграми за малки антени за земни станции от системи в неподвижна спътникова радиослужба (FSS).

Перспективите са :

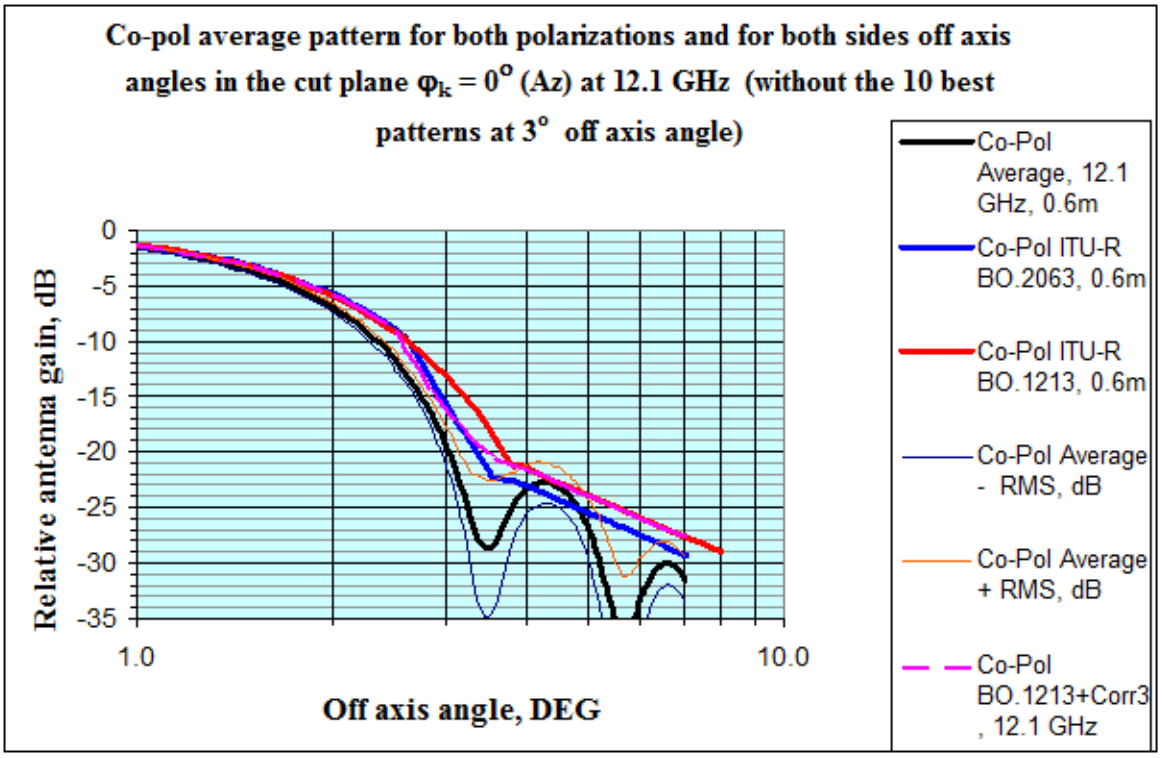
- съдействие за промяна на следваща световна радиоконференция на действащата еталонна диаграма за BSS приемни антени, на основата на алтернативната диаграма от [8] или по-добра с отчитане на напредъка на антенните технологии (фиг.1), което ще позволи по-близко разполагане на спътниковите позиции за BSS системи и съответно по-ефективно използване на честотно-орбиталния ресурс;

- актуализиране на еталонните диаграми за FSS земни станции с цел подобряване на съответствието им с реалните диаграми на малки антени, с което ще се подобри процесът на координация на FSS системи и ще позволи повече FSS мрежи да бъдат регистрирани в Международния честотен регистър.

Българските специалисти съдействаха ефективно за определяне на националната позиция и защитата й по точките от дневния ред на WRC-15. Активно беше защитена българската позиция за включване на точка в дневния ред на конференцията за отпадане на

последния монопол в Радиорегламента за част от честотно-орбиталните ресурси за BSS системи, честотни обхвати за подвижна радиослужба за IMT и други, с документи, подадени на:

- Подготвителното съвещание за конференцията (CPM15-2) през март 2015 г. [12];
- 7-то съвещание на подготвителната група на CEPT за конференцията (CEPT/CPG15-7) през м.юни 2015 [13,14,15];
- съвещание на Работна група 4A на ITU-R през м.юни 2015 г. [16];
- съвещание на група PTA-8 към CEPT/CPG15-7 през м.юли 2015 г. [17];
- 8-то съвещание на CEPT/CPG15-8 през м.септември 2015 [18];
- WRC-15 [19,20].



Фиг. 1. Сравнение на еталонните диаграми с усреднената от измерване на 36 BSS приемни антени с отчитане на средното квадратично отклонение (RMS) в областта на ъглите в близост до оста на антената, най-съществена за ефективното използване на честотно-орбиталния ресурс на плановия BSS обхват

Активното участие на български специалисти, членове на секция Космически съобщения към БАД, при подготовката и участието в WRC-15, доведе до постигане на следните значими резултати [21]:

- общо-европейско предложение за включване на точка 1.4 в дневния ред на WRC-19, насочена към отпадане на монопола върху част от честотно-орбиталните ресурси в BSS обхвата, което е от съществено значение за новите европейски спътникови оператори;
- защита за FSS земни станции в лентата 3400-3600 MHz от станции за широколентови мобилни приложения (IMT) (т.1.1 от дневния ред на WRC-15) и недопускане на IMT в съществени за FSS мрежи обхвати под и над 6 GHz (т.1.13 от дневния ред на WRC-19);
- запазване на дефиницията за универсалната скала за отчитане на времето (UTC) (т.1.14 от дневния ред на WRC-15), тъй като промяната ще доведе до неоправдани разходи;
- нови разпределения за FSS в 14.5-14.75/13.4-13.65 GHz (т.1.6 от дневния ред на WRC-15) с активната подкрепа от българска страна, изразена чрез присъединяването към подадения на конференцията документ [20] и с позицията по време на конференцията, както и в изходните документи (Резолюция 163 (WRC-15)) [21] ;
- провеждане на проучвания до WRC-19 на използването на FSS обхвати за управлението на безпилотни авиационни станции (UAS CNPC) и задържане на използването им до WRC-23.

Българският документ на WRC-15 [19] с изразената подкрепа на принципа за следване на традиционния подход за всяко ново предложение за решение на WRC-15 послужи като основа за противопоставяне на опитите на някои страни да получат решения в тяхна полза на предложени от тях промени в регулаторни условия за спътниковата радиослужба за ТВ

разпръскване (BSS) без представяне на резултати от проучвания на последствията от предлаганите промени.

Резултати за България от WRC-15

Световната конференция по радиосъобщения (WRC-15) взе важни решения, свързани с използване на радиочестотния спектър за спътникови радиослужби (РС), които са от значение за България и предвид на предоставените от Комисията за регулиране на съобщенията разрешения за двама спътникови оператори:

- не бяха допуснати широколентови клетъчни мобилни технологии (IMT) в основни обхвати за спътникови РС под 6 GHz (Резолюция 238 (WRC-15)) [21];
- използването на FSS честотни обхвати за UAS CNPC комуникационни линии се отлага до 2023 г. (Резолюция 155 (WRC-15)) [21];
- бяха спряни четири некоректни предложения, насочени срещу ефективното използване на честотно-орбиталните ресурси за спътникови системи;
- спряна е резолюция за прилагане на механичен критерий за идентификация на потенциално засегнати спътникови системи;
- предоставени бяха нови честотни ленти за неподвижна спътникова радиослужба (FSS) в най-атрактивния честотен обхват (14.5-14.75/13.4-13.65 GHz);
- в дневния ред на WRC-19 е включена точка за проучване отпадането на последния монопол върху честотно-орбиталния ресурс за BSS системи (Резолюция 557 (WRC-15)) [21];
- прието е решение за защита на земни станции в спътникови системи, пренасящи метеорологична информация (Резолюция 154 (Rev.WRC-15)) [21];
- осигурена е защита на честотите за маяците за търсене и спасяване чрез спътници (Резолюция 362 (WRC-15)) [21];
- предоставени са нови честоти (7190-7250 MHz) за радиослужбата за изследване на Земята (EESS) и за подвижна морска спътникова радиослужба (MMSS) (7375-7750 MHz);
- разрешава се използването на FSS честотните обхвати 17.7-20.2/27.5-30 GHz за земни станции в движение (ESIMs) за връзка със спътници на геостационарна орбита (Резолюции 156 и 158(WRC-15)) [21].

WRC-15 прие и други решения, които са от значение за България:

- мобилните широколентови услуги са допуснати в няколко обхвата под 6 GHz и 5G технологията очаква решения за нови обхвати над 20 GHz на WRC-19 (Resolution 238 (WRC-15)) [21];
- запазва се дефиницията за UTC до 2023 г. с цел проучване на необходимите финансови средства (Резолюция 655 (WRC-15) [21];
- предоставени са нови честоти за любителската РС в лентата 5351.5 - 5366.5 kHz;
- регламентирано е използването на честоти за широколентови приложения за публична защита и помощ при бедствия (PPDR) в обхвата 694-894 MHz (Резолюция 646 (Rev.WRC-15)) [21];
- предоставени са честоти за автомобилни радари в обхвата 77.5-78 GHz;
- предоставен е спектър за глобално наблюдение на полетите (GFT) в лентата 1087.7-1092.3 MHz с цел предотвратяване на катастрофи и отвличания на самолети в гражданската авиация (Резолюция 425 (WRC-15)) [21];
- взети са решения за повишаване безопасността на корабоплаването чрез технологията за автоматична идентификация (AIS) и за модернизация на Глобалната морска система за безопасност и спасяване при бедствия (GMDSS) (Резолюция 361 (WRC-15)) [21];
- други, включващи актуализиране на забележките към честотната таблица, на резолюции и препоръки в Радиорегламента, отстраняване на несъответствия и недостатъци, установени в практиката на Бюрото по радиосъобщения, електронни заявки и др.

Заключение

Въпреки скромното участие на български специалисти в изследванията и форумите на ITU-R в периода между двете конференции WRC-12 и WRC-15, както и на самите конференции, бяха постигнати значими успехи за България. На WRC-12 беше издействано решение за предоставяне за България на спектър от позиция на геостационарната орбита, забранен все още за използване в Европа, а на WRC-15 благодарение и на настойчивостта и последователността на действията на българските специалисти [11,12,15,17], подкрепени от българската администрация на съобщенията, беше включена точка в дневния ред на WRC-19 за отпадане на тази забрана (Резолюция 809 (WRC-15)) [21]. Решения на WRC-15 по т.1.1, 1.14, 1.5, 1.6, 8, 10 (фиг.2) [22] показват далновидността на българската позиция по тези

въпроси. Също така, в областта на космическите съобщения за първи път в историята на Международния съюз по далекосъобщения със 193 страни-членки, български специалисти за период от 3 години защитиха приемането на нова препоръка (Rec.ITU-R BO.2063-0) [8], изменение на действаща препоръка (Rec. ITU-R S.1717-1) [9] и включване на нов изследователски въпрос за провеждане на проучвания през следващия 4-годишен период (Question ITU-R 293/4) [10].

1. МОБИЛНИ И ЛЮБИТЕЛСКИ РАДИОСЛУЖБИ, РАДИОРАЗПРЪСКВАНЕ:	1.1, 1.2, 1.3, 1.4
2. ИЗСЛЕДОВАТЕЛСКИ РАДИОСЛУЖБИ, СТАНДАРТНИ ЧЕСТОТИ И ТОЧНО ВРЕМЕ:	1.11, 1.12, 1.13, 1.14
3. ВЪЗДУШНА, МОРСКА И РАДИОЛОКАЦИОННА РАДИОСЛУЖБИ:	1.5, 1.15, 1.16, 1.18
4. СПЪТНИКОВИ РАДИОСЛУЖБИ:	
• НЕПОДВИЖНА СПЪТНИКОВА:	1.6, 1.7, 1.8, 1.9.1
• ПОДВИЖНА СПЪТНИКОВА:	1.9.2, 1.10
• СПЪТНИКОВО ТЕЛЕВИЗИОННО РАЗПРЪСКВАНЕ	7, 10
5. РЕГУЛАТОРНИ ВЪПРОСИ ЗА СПЪТНИКОВИ РАДИОСЛУЖБИ:	7, 9.1.1, 9.1.2, 9.1.3, 9.1.5, 9.1.8, 9.3
6. ОБЩИ РЕГУЛАТОРНИ ВЪПРОСИ:	2, 4, 9.1.4, 9.1.6, 9.1.7
7. ДНЕВЕН РЕД ЗА СЛЕДВАЩИ КОНФЕРЕНЦИИ:	10

Фиг. 2. Тематично представяне на дневния ред на (WRC-15)

Литература:

1. Doc.4A/43-E, 23 May 2012, Improvement of the RR Appendix 30 BSS receiving stations reference antenna pattern for Regions 1 and 3 as an opportunity for more efficient use of the spectrum/orbit resources for BSS systems and facilitation of the access to these resources by new comers, ITU-R WP4A (Geneva, 30.05–06.06.2012).
2. Doc.4A/134-E+Add.1, Preliminary Draft New Recommendation ITU-R BO.[IMPR_BSS_REF_ANT_DIAG] Improved BSS receiving earth stations reference antenna radiation pattern for RR Appendix 30 Regions 1 and 3 systems, ITU-R Working Party 4A Meeting (Geneva, 2 – 10 May 2013).
3. Doc. 4A/263-E, Proposal for amendment to Recommendation ITU-R S.1717, Electronic data file format for earth station antenna patterns, ITU-R WP4A (Geneva, 2 – 10 October 2013).
4. Doc. 4A/366-E, 27 January 2014, Some editorials and examinations to the preliminary draft new recommendation ITU-R BO.[ALT_BSS_ant_DIAG], Alternative BSS earth station antenna radiation pattern for 12 GHz band (Geneva, 05-13.02.2014).
5. Doc.4A/548, Measurements of new design BSS receiving antenna and conclusions on PDRR ITU-R S1717 and DNR BO.[ALT_BSS_ANT_DIAG], (Geneva, 02-10.07.2014).
6. Doc.4/59-E, 5 March 2014, Working Document Towards a Preliminary Draft New Recommendation ITU-R BO.[ALT_BSS_ANT_DIAG], ITU-R Study Group 4 Meeting (Geneva, 11 July 2014).
7. Doc.4A/624, Study of the applicability of the FSS earth station antenna reference patterns to small earth station antennas, (Geneva, 17-25 June 2015).
8. Recommendation ITU-R BO.2063-0 (09/2014), Alternative BSS earth station antenna radiation pattern for 12 GHz BSS bands with effective apertures in the range 55-75 cm.
9. Recommendation ITU-R S.1717-1 (09/2015), Electronic data file format for earth station antenna patterns.
10. Question ITU-R 293/4 (2015), Antenna radiation diagrams/patterns for small (D/λ around 30) earth station antennas used in fixed-satellite and broadcasting-satellite systems.
11. Doc. SC-WP/22-E**,** 29 November 2013**,** Bulgaria (Republic of), Some comments related to the need for a revision of the space service procedures in the Radio Regulations, Working Party of the Special Committee on Regulatory/Procedural Matters (SC-WP), (Geneva, 6-12.12.2013).
12. Doc. CPM15-2/125-E, WRC-12 Agenda item 7, (Chapter 5 of the draft CPM Report), FSS/BSS interregional sharing in Appendix 30 (the limits in Section A3 of Annex 7 of Appendix 30), Conference Preparatory Meeting for WRC-15 (Geneva, 23 March - 2 April 2015).
13. Doc. CPG15(15)034, 18th May 2015, Bulgaria (Republic of), WRC-15 Agenda Item 1.1 Draft ECP on 3400 - 3800 MHz, CPG15-7, Porto, Portugal, 2nd - 5th June 2015.
14. Doc. CPG15(15)036R1, 18th May 2015, Bulgaria (Republic of), WRC-15 Agenda Item 10: Proposal on IMT above 6 GHz, CPG15-7, Porto, Portugal, 2nd - 5th June 2015.
15. Doc. CPG15(15)037, 18th May 2015, Bulgaria (Republic of), WRC-15 Agenda Item 10: Proposal on revision of Annex 7 of Appendix 30, CPG15-7, Porto, Portugal, 2nd - 5th June 2015.

16. Doc. 4A/625, 9 June 2015, Bulgaria (Republic of), FSS/BSS interregional sharing in RR Appendix 30 (The limits in Section A3 of Annex7 of RR Appendix 30), (Geneva, 17-25.06.2015).
17. Doc. CPG-PTA(15)109, 08 July 2015, Bulgaria (Republic of), Draft ECP on WRC-15 Agenda Item 10: Revision of Section A3 of RR APP30 Annex 7 to be included in the Agenda for WRC-19, CPG15 PTA-8, Catania, Sicily, 21st – 24th July 2015.
18. Doc. CPG15(15)082, 04th Sept. 2015, Bulgaria (Republic of), Bulgarian position on some WRC-15 Agenda Items (second set ECPs), CPG15-8, Norway, Bergen, 14th - 18th Sept. 2015.
19. Addendum 3 to Document 56-E**,** 19 October 2015**,** Bulgaria (Republic of), Proposals for the work of the conference, Agenda item 9, World Radiocommunication Conference (WRC-15) (Geneva, 2–27 November 2015).
20. Document 120-E**,** 15 October 2015**,** Bulgaria (Republic of)/Israel (State of)/Monaco (Principality of)/Norway/Qatar (State of), Proposals for the work of the conference, Agenda item 1.6, World Radiocommunication Conference (WRC-15) (Geneva, 2–27 November 2015).
21. Final Acts WRC-15, (Geneva, 2015).
22. Иванов Н., Резултати от 15-та Световна радиоконференция и тяхното отражение в дейността на КРС, Семинар на АСТЕЛ и НБУ, София, 14.06.2016 г.

Session 2

Aerospace Technologies and Biotechnologies

Chairmen: Corr. Member Petar Getsov
Assoc. Prof. Tania Ivanova
Secretaries: Chief Assistant Iliana Ilieva
Assoc. Prof. Zoya Hubenova

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ФИЛЬТРУ ДАТЧИКА СОЛНЕЧНОЙ ОРИЕНТАЦИИ

Михаил Владов[1], Георги Сотиров[2], Дмитрий Добров[1]

[1]Молдова, Кишинев, «Comelpro» SRL,
e-mail: office@comelpro.com
[2]Институт космических исследований и технологий – Болгарской академии наук
e-mail: gsotirov@space.bas.bg

Ключовые слова: *Энергетический расчет, фильтр, датчик солнечной ориентации*

Резюме: *В данной статье рассматривается энергетический расчет и определение требований к фильтру датчика солнечной ориентации, в котором в качестве приемника излучения используется ПЗС-линейка.*

ENERGY CALCULATION AND DETERMINATION OF REQUIREMENTS TO FILTER OF SENSOR FOR SOLAR ORIENTATION

Mihail Vladov[1], Georgi Sotirov[2], Dmitrii Dobrov[1]

[1]Moldova, Chisinau
e-mail: office@comelpro.com
[2]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: gsotirov@space.bas.bg

Keywords: *Energy calculation, filter, sensor for solar orientation*

Abstract: *This article discusses the energy calculation and determination of requirements to filter of solar orientation sensor, where in the radiation detector uses a CCD line.*

Введение

В данной статье рассматривается энергетический расчет и определение требований к фильтру датчика солнечной ориентации (ДСО), в котором в качестве приемника излучения используется ПЗС-линейка. По принципу построения такой датчик можно отнести к датчикам с кодирующей маской, которая обеспечивает определение направления на Солнце. Угловые координаты излучателя, в нашем случае Солнца, оцениваются по положению элемента ПЗС-линейки с максимальной амплитудой. Работа базируется на исследованиях изложенных в [1, 2].

Описание работы ДСО

Предлагаемое техническое решение ДСО также как и изделие – прототип основывается на использовании в качестве чувствительного элемента ПЗС-линейки. Главное отличие заключается в использовании только одной ПЗС-линейки, благодаря применению специальной щелевой матрицы.

Внешний вид макета солнечного датчика представлен на рис. 1. Конструктивно ДСО представляет собой моноблок, в котором на общем основании расположены электронные модули и оптическая головка.

Оптической головкой мы называем часть фотоприемного устройства, состоящую из ПЗС-линейки и кодирующей маски, объединенных в общий корпус.

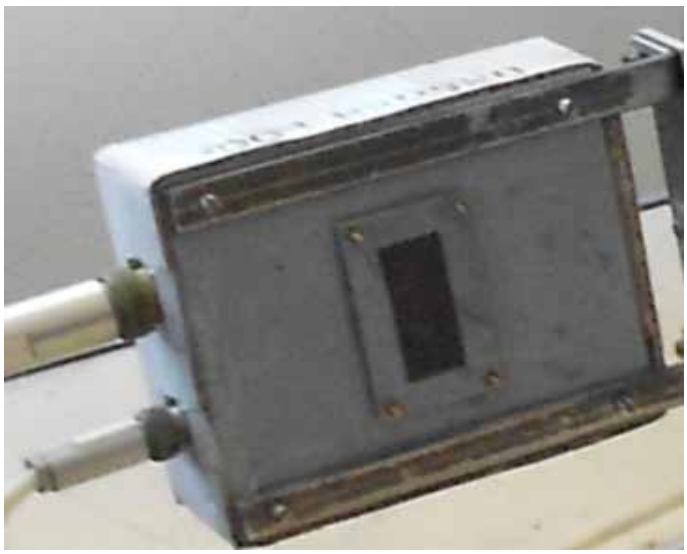


Рис. 1. Макет солнечного датчика

Поскольку кодирующая маска является элементом, который обеспечивает поле зрения прибора и существенным образом влияет на его точность, особое внимание при конструировании прибора уделено геометрическому расчету кодирующей маски и оптической головке в целом. Схема кодирующей маски представлена на рисунке 2.

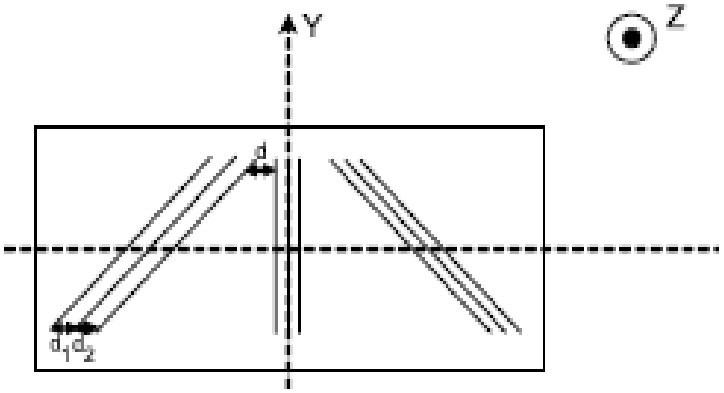


Рис. 2

Кодирующая маска представляет собой прямоугольную призму, выполненную из радиационно стойкого оптического стекла с нанесенными на него светонепроницаемым покрытием. Покрытие имеет девять прозрачных щелей, объединенных в три группы и расположенных веерообразно. Крайние группы щелей образуют с центральной группой угол 45°. Троирование щелей обеспечивает надежность работы прибора.

Ширина щелей была подобрана таким образом, чтобы обеспечить колоколообразную форму сигнала на приемнике. При значениях этого параметра больше оптимального у сигнала от щели наблюдается плоская вершина, которая приводит к потере точности при определении координаты энергетического центра изображения щели.

Определение геометрических параметров ОСД

Для проведения энергетического расчет необходимо сначала уточнить формирование солнечного пятна на ПЗС линейке с учетом геометрии распространения солнечных лучей через щели датчика. Схематически поясняющая схема представлена на рисунке 3

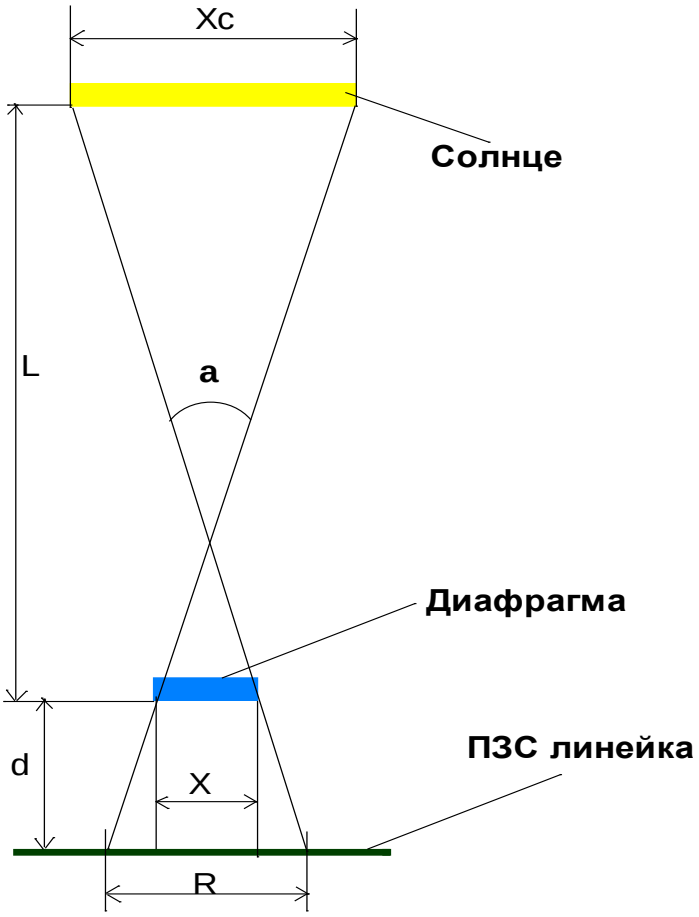


Рис. 3

Где: $\alpha \approx 32'$ - видимый угловой размер солнечного диска;
R – область, освещаемая Солнцем;
d - расстояние от линейки (матрицы) ПЗС до диафрагмы (щели);
X – ширина щели;
Xc – ширина имитатора Солнца;
L – расстояние между имитатором Солнца и диафрагмой.

На основании данных рисунка 3 можно легко показать, что соотношение между параметрами представленной конфигурации определится простым выражением:

(1) $$R = 2\left(\frac{X}{2} + d \times tg\frac{\alpha}{2}\right)$$

(2) $$d = \frac{R - X}{2tg\frac{\alpha}{2}}$$

Исходя из вышеизложенного при X=200 мкм, R=270 мкм (19 элементов линейки с размерами 14x14 мкм) получим: d≈7,5 мм. Следует отметить, что возможная конфигурация хода лучей, соединяющих край диска Солнца, край щели и попадающий на средние элементы

линейки. Альтернатива состоит в том, что эти лучи могут пересекаться. Конкретная конфигурация зависит от соотношения определяемых выше параметров датчика.

Форма полезного сигнала, формируемого щелью маски (по одной координате), представлена на рисунке 4. Для того чтобы определить количественные соотношения между отсчетами необходимо смоделировать процесс формирования для двух координат.

Q1 – Q4 – отсчеты сигнала в чувствительных элементах ПЗС линейки (Q1 и Q4 – крайние элементы, Q2 и Q3 промежуточные);

Δ - шаг линейки (матрицы, размер элемента разрешения).

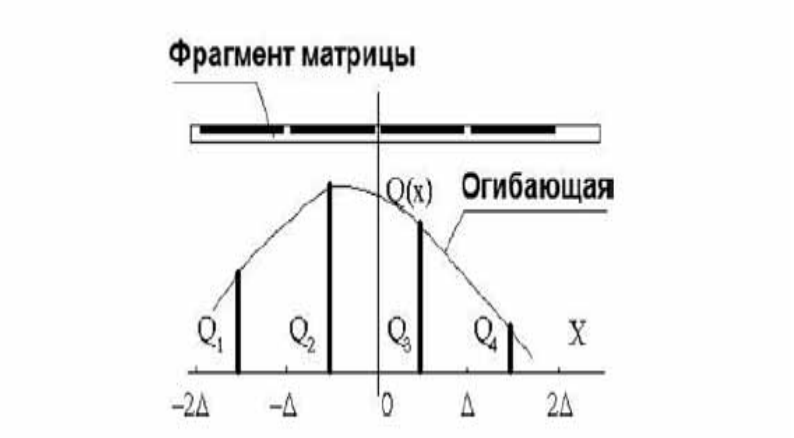


Рис. 4

Для обеспечения видимого углового размера солнечного диска необходимо в соответствии с рисунком 3 (позаимствован из [1]), при разработке солнечного датчика на базе ПЗС матриц подобрать правильное соотношение параметров X, Xc, L с учетом следующей формулы:

(3) $$\alpha = 2 \times arctg \frac{(X_c + X)}{2 \times L}$$

Где:
X – ширина щели;
Xc – ширина имитатора Солнца;
L – расстояние между имитатором Солнца и диафрагмой

Тогда для L=5м, X=0,0002 м $\alpha \approx 32'$ необходимо, чтобы диаметр источника света (имитатора Солнца) Xc=0, 0464 м

Расчет величины полезного сигнала

Расчет величины полезного сигнала начнем с задания рабочего диапазона длин волн (спектрального диапазона) $\lambda 1 \ldots \lambda 2$ датчика. Расчет производится по формуле из [1]:

(4) $$N \frac{h \times c}{\lambda_{cp}} = S \times t_k \times \tau \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} p(\lambda) d\lambda$$

Где N – количество фотонов, попавшее на фотоприемник;
h - постоянная Планка, равная $6{,}62 * 10^{-34}$ Js;
c – скорость света, m/s;
λcp - средняя длина волны в диапазоне $\lambda 1 \ldots \lambda 2$;
S – площадь отверстия в диафрагме, равная XxY;
t_k – время накопления (кадра), s;
τ - коэффициент пропускания фильтров;
$p(\lambda)$ – спектральная солнечная постоянная, Вт/(cm^2* µm.).

Нашей задачей является вычисление величины N, а затем количества электронов в элементе, генерируемых под воздействием фотонов, Зададимся диапазоном $\lambda 1 \ldots \lambda 2$ = 350-450 μm.

Задача фильтра

Задача фильтра заключается в том, чтобы:

- отсечь ближнюю ИК - область во избежание нежелательного нагрева;
- выделить область синего цвета (близкую к УФ) с целью устранения возможных помех и посторонних засветок);
- подавить излишне большой сигнал.

Зададимся следующими данными:

$\lambda ср$= 0,415 μm;

S=14x270 μm;

t_k =1*10-3 s;

τ=0,02;

$p(\lambda)$=0,0085 W/cm^2 (в диапазоне 350-450 μm).

Для этих условий N≈11,1*10^{-6} фотонов.

В промежуточной области подсвеченных элементов линейки (за исключением 3-х крайних с каждой из сторон линейки) яркость подсветки близка к максимальному уровню. И почти вся энергия сигнала приходится в данном случае на 14 пикселей линейки.

Тогда на каждый пиксель поступает *0.8.10^6* фотонов.

Выводы

1. Для обеспечения правильной обработки оптического сигнала должны быть учтены результаты энергетического расчета системы излучатель (солнце) – приемник (ПЗС-линейка).

2. Слишком мощный оптический сигнал засвечивает изображение.

3. Слишком слабый сигнал сложно корректно зарегистрировать и обработать.

4. Для проведения измерений в области углов более 50° необходимы специальные алгоритмические решения.

Литература:

1. Пашков, В. С. Солнечный датчик на ПЗС-матрице без объектива// Сборник трудов Всероссийской научно-технической конференции «Современные проблемы определения ориентации и навигации космических аппаратов», Таруса, 2008. М. ИКИ РАН, 2009. с.104 -123.
2. Владов, М. П., Д. И. Украинцев, Р. Недков. Датчик солнечной ориентации для микроспутника// Proceedings Eighth Scientific Conference with International Participation SPACE , ECOLOGY , SAFETY, 4 – 6 December 2012, Sofia, Bulgaria, ISSN 1313-3888, pp. 231-238,

S E S 2 0 1 6
Twelfth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
2 – 4 November 2016, Sofia, Bulgaria

ПРОЕКТИРАНЕ И ИЗСЛЕДВАНЕ НА СИСТЕМА "БЕЗПИЛОТЕН САМОЛЕТ – АВТОПИЛОТ"

Димитър Йорданов

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

***Ключови думи**: проектиране на самолети, управление в затворен контур, автопилот.*

***Резюме:** Представени са резултати от изследване на системата "Безпилотен самолет – автопилот" (БС-АП) при модернизация чрез замяна на автопилота.*

PROJECT AND RESEARCH OF THE SYSTEM "UNMANNED AERIAL VEHICLE - AUTOPILOT"

Dimitar Yordanov

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

***Keyword:** Aircraft design, Control loop, Automatic pilot*

***Abstract:** Results are presented from a research of the system "Unmanned Aerial Vehicle - Autopilot" by modernization through exchange of the Autopilot.*

Цели и основни методи на проекта

Една от често срещаните задачи на практиката е построяването на безпилотен самолет с максимално близки габаритно–масови характеристики до някакъв прототип, за който има най-общи данни и сведения за успешна реална експлоатация. Съществуват възможности за експериментиране на идеи, свързани с модернизацията на апарата на базата на нови технологии и изделия. Най-често се срещат случаите със замяната на двигатели и автопилоти, а така също и с промяната на начина на стартиране за самолета. В настоящата разработка е показана една възможна методологията за постигане на целите с използване на компютърна техника и съвременни програмни продукти. Най-общо целите може да бъдат формулирани кратко до две, които в конкретния случай са базирани върху конструкцията на българска авиомишена.:

Цел 1: Да се разработи компютърен модел - аналог на безпилотен самолет (БС), максимално близък до българската авиомишена "Ястреб", като се извърши оценка на възможностите за замяна на оборудването, двигателя и поставяне на колесник на авиомишената, за да може да се използва многоцелево за наблюдение на земната повърхност и състоянието на обектите върху нея.

Цел 2: Да се изчислят предавателните числа на автопилота и се моделират движения в "Matlab-Simulink" за проверка на подбраните предавателни числа на автопилот с кръстосана схема (изменението на курса се извършва с отклонение на елероните). Да се илюстрират с реални резултати последствията от неудачна комплектовка с автопилот.

Чрез решението на поставените задачи в изследването се получава и представа за полета и възможните неудачни решения (конфликти в системата БС-АП) преди реалното построяване на първия образец и неговото изпитание в полет. Разбираема е икономическата изгода от проверката на идеите по предлаганата методика.

Методът на изследването е предварително проектиране на компютърен модел - аналог по прототипа чрез решение на уравнението за масовия баланс. В ИКИТ е разработен продукт, базиран на стандартен ***"Excel "***, с който са снабдени всички компютри. След удовлетворяване на условията за точност на решението (обикновено до 0,5-1 % от зададената маса на самолета) се получава приблизителен геометричен, масов и аеродинамичен аналог на прототипа при предварителен избор на двигател от каталог. В конкретния случай е подбран двутактов двигател с вътрешно горене, производство на Германия:

3W106 i B2F classic/CS; 106.4ccm; 8.1KW (11Ph) ; 2.865kg;.

Основни резултати

Най-общо резултатът от работата по тази методология дава облика на самолета-аналог с пълна стартова маса от 67 kg и натоварване 25kg (гориво 15kg + полезен товар 10kg),. Относителната маса на конструкцията е 0.627. Тази стойност отразява нивото на технологиите и вложените композитни материали. При най-добрите конструкции (планер, силова уредба, системите излитане, кацане и за спасение, оборудването и управлението) относителната маса на конструкцията се стреми към 0.5. В таблица 1 са изходните данни за решението на уравнението за масов баланс.

Таблица 1

ЗАДАДЕНИ ПАРАМЕТРИ-НАЧАЛНИ УСЛОВИЯ НА ИТЕРАЦИОННИЯ ПРОЦЕС	
Мощност в **киловати** на избрания двигател (**3W106iB2Fclassic/CS**)	8.1
Маса на избрания двигател (kg)	2.865
Маса на спасителни системи за кацане (парашут) - (kg)	9
Удължение на крилото λкр	8
Експлоатационно претоварване	4
Маса на полезния товар (kg)	10
Маса на горивото (kg)	15
Резерв на масата в проценти	5%
Ъгъл между двете опашни плоскости на V-обр. схема на опашката (deg)	100
Удължение на тялото	8

РАЗПРЕДЕЛЕНИЕ НА ЛИМИТА ОТ МАСИ НА ГЛАВНИТЕ ЧАСТИ

ПЛАНЕР - до 22.944 kg

Фюзелаж, Крило,Опашни плоскости; Колесник ; Съединителни елементи

Тяги от управлението

СИЛОВА УРЕДБА - до 3.438 kg

Двигател, въздушно витло,система за запалване; елементи за закрепване и обтекаемост

ГОРИВО за двигател с вътешно горене - **до 15 kg**

УПРАВЛЕНИЕ И ОБОРУДВАНЕ - **до 12.355 kg**

Акумулатори; генератори; кормилни машини; електронно оборудване; електропроводна мрежа

Бордови компютър; навигационна апаратура; средства за комуникация; екранизация, парашут

Двуканален автопилот (елерони и корм. за височина)

ПОЛЕЗНО НАТОВАРВАНЕ: камери за наблюдение и оборудване. към тях - **до 10 kg**

РЕЗЕРВ - 3.354 kg

Обща маса 67.09 kg

ОСНОВНИ ЛЕТАТЕЛНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА САМОЛЕТА-АНАЛОГ

МАКСИМАЛНА СКОРОСТ в *km/h*	**230**
РАЗБЕГ ПРИ ИЗЛИТАНЕ от бетонна писта без ускорител (*m*)	**169**
РАЗБЕГ ПРИ ИЗЛИТАНЕ в *m* с ракетен ускорител (допълнителна тяга от 500 нютона)	**37**
СКОРОСТ НА ИЗЛИТАНЕ в *km/h*	**96**
РЕАЛНА СКОРОСТ НА КАЦАНЕ в *km/h*	**94**

Уравнение на полярата: $C_x = 0.021 + 0.22C_y^2$; Най-изгоден ъгъл на атака ≈4^0.

Режим на полета за моделиране: Височина на полета е до 3000m и работна скорост *185km/h (51.2m/s)*. Самолетът е спирално устойчив. Честотата на колебания в надлъжния канал е около 1 Hz, а относителният коефициент на затихване на колебанията е 0.5. Показателят за колебания тип "холандска стъпка" е 2.3 на работен режим.

В продукта на ИКИТ в ***"Excel*** " по методика от [6] са определени предавателните числа на автопилота, които окончателно са проверени по вида на преходните процеси. Определен е диапазонът на възможни изменения на настройката на автопилота след моделиране на реални траектории.

Рационални предавателни числа (препоръчителен диапазон за настройка на модела) на двуканален автопилот кръстосана схема:

Елерони:

$K_e^{\psi} = 1 \div 2.2 \quad K_e^{Z} = 0.1 \div 0{,}21 \ deg/m \quad K_e^{\gamma} = 0.48 \div 0{,}95 \quad K_{\int e} = 0.26 \div 0{,}5$

Кормило за височина на опашните плоскости:

$K_в^{H} = 0.05 \div 0{,}1 \ deg/m; \quad K_в^{\vartheta} = 0.6 \div 1{,}16 \quad K_в^{\omega_z} = 0.066 \div 0{,}133 \ s$

Закони за управление в ГОСТ 20058-80:

$$\delta_e = K_e^{\gamma}(\gamma - \gamma_{зад}) + K_{\int e}\int(\gamma - \gamma_{зад})\,dt + K_e^{\omega_x}\omega_x$$

$$\gamma_{зад} = K_e^{\psi}(\psi - \psi_{програмно}) - K_Z(Z - Z_{програмно}) + \gamma_{пилот}$$

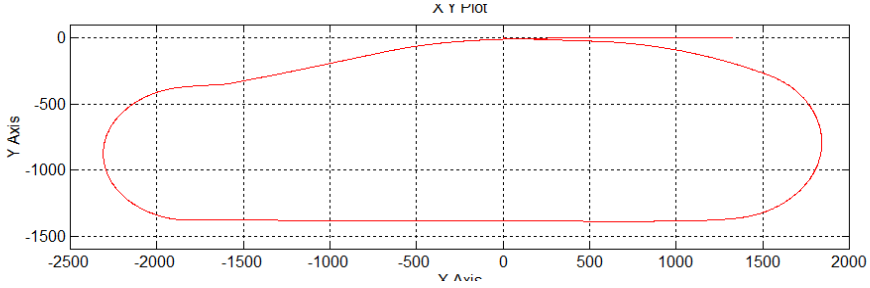
$$\delta_в = K_в^{\vartheta}(\vartheta - \vartheta_{зад}) + K_в^{\omega_z}\omega_z + K_в^{H}(H - H_{зад}); \quad \vartheta_{зад} = \vartheta_{програмно} + \vartheta_{пилот}$$

ψ – *ъгъл на рискание*; γ – *ъгъл на наклона*; ϑ – *ъгъл на тангажа*.

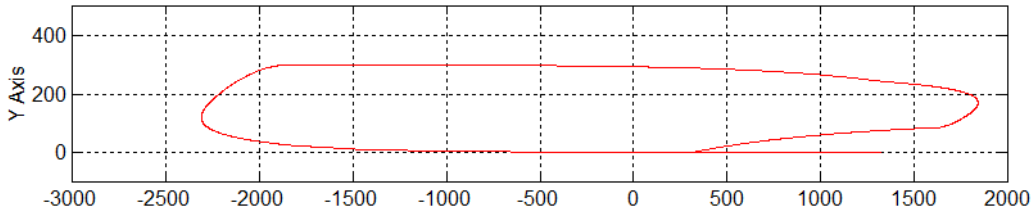
В символа на предавателното число е включено следното разбиране. Например $K_e^{\gamma} = 0.48 \div 0{,}95$ представлява безразмерно предавателно число за отклонение на елероните с два символа: орган за управление –параметър на полета. Индексът "е"- елерони, като долен символ означава , че кормилната машина движи елероните. Индекс γ в горната част на символа означава, че управляващата команда е по сигнал от изчислителя за разлика от реален и зададен крен (наклон в радиани). Предавателното число $K_{\int e} = 0.26 \div 0{,}5$ е пред интегралния член на командата. Този член прави автопилота астатичен по крен (без статични грешки).

Командата по страничното изместване $Z_{програмно}$ в структурата на закона за управление се включва от пилота-оператор в командния пункт, който оценява визуално траекторията на автоматичното кацане при видимо и субективно чувство за отклонение вследствие на атмосферни смущения. С нея се въвежда новото положение на зададената координата $Z_{програмно}$. В конкретния моделиран маньовър (по долу на графиките) това е въведено в *t=155s* от полета при подхода за кацане на височина *H=20m*, като $Z_{програмно}$.става равно на нула, за да се извърши автоматично кацане върху пистата без значимо странично изместване от линията на излитане (от статична грешка на автопилота). Автопилотът в тази структура е астатичен по крен, но не и по странично изместване от зададена посока на полета. Законът за управление показва, че при следене на траекторията върху карта операторът може да въвежда корекции на страничното изместване по свое желание, с което препрограмира работата на автопилота в страничния канал. Основният фактор, който влияе на статичната грешка е големината на предавателните числа (въведеното условие за време за изпълнение на страничния маньовър е възможно най-краткото – около 25-30сек.).

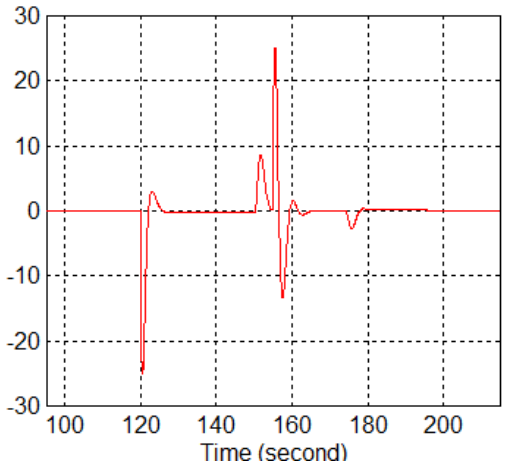
Проверка чрез моделиране на "полет по кръга" за оценка на получените аеродинамични характеристики и рационални предавателни числа на автопилота



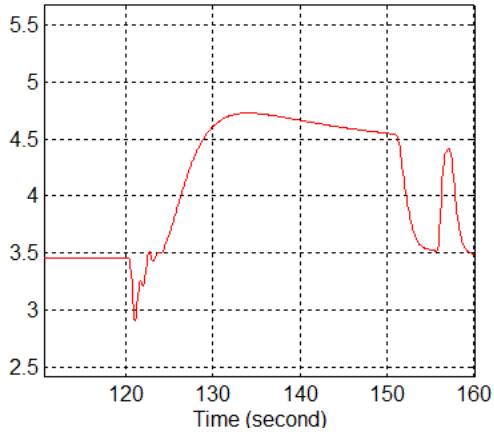
Фиг. 1. Проекция на траекторията върху хоризонтална плоскост при изпълнение на полетна задача от типа "полет по кръга"



Фиг. 2. Проекция на траекторията върху вертикална плоскост на “полет по кръга” с набор на височина от 300 метра по възходяща спирала, хоризонтален участък, снижение по спирала и кацане



Фиг. 3. Отклонение на елероните за въвеждане в низходяща дясна спирала с 30^0 наклон (120s) и корекция на страничното изместване с ляв крен (155s)

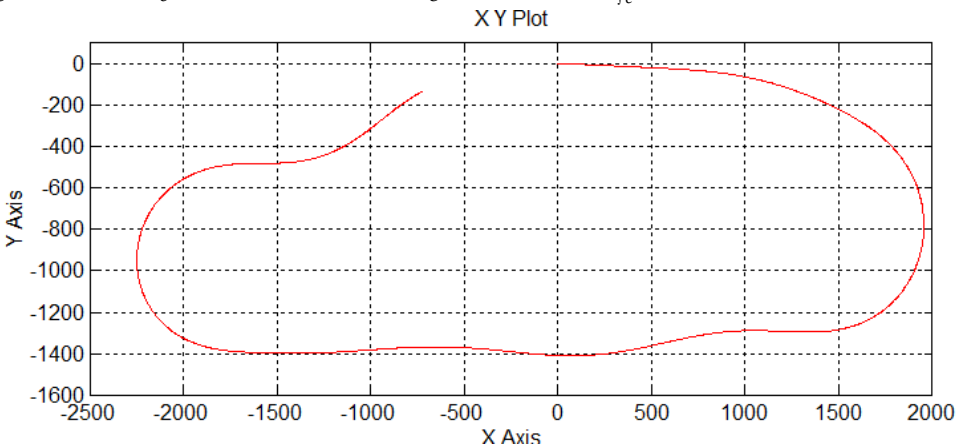


Фиг. 4. Реакция на самолета по ъгъл на атака при влизане в низходяща спирала (120s) и преминаване от десен в ляв наклон за корекция на траекторията (155s)

Конфликти в системата "БС-АП"

Най-често срещания конфликт в системата “БС-АП” е работата на двуканалния автопилот с неподходяща настройка. Този случай е илюстриран на фиг.5 чрез моделиране при настройка с малки предавателни числа в канала на елероните (зададена продължителност на краткото странично движение 15 s, а на страничния маньовър 60s):

$$K_e^{\psi} = 0{,}83\ ;\ K_e^{Z} = 0{,}036\ deg/m\ \ ;\ K_e^{\gamma} = 0{,}106\ ;\ K_{\int e} = 0{,}0189$$

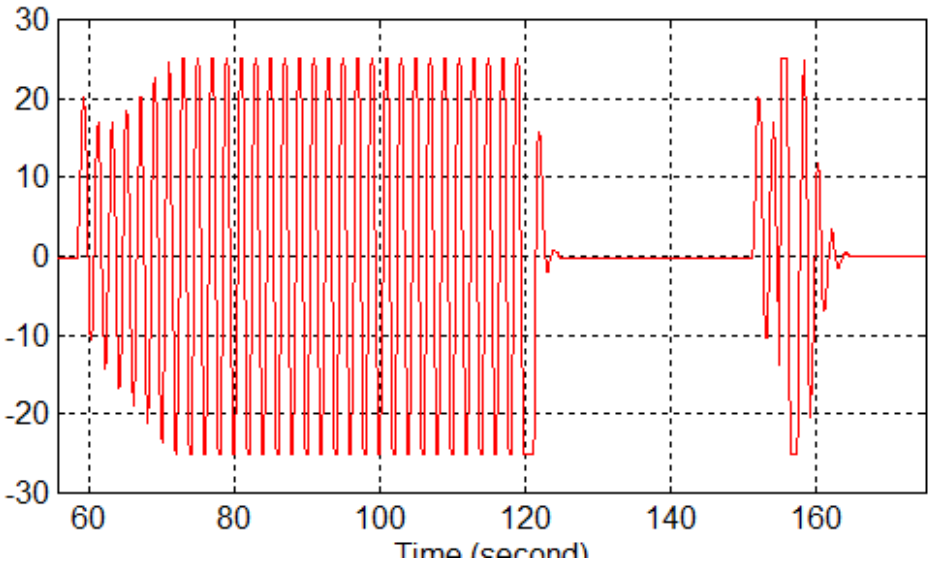


Фиг. 5. Проекция на траекторията в хоризонтална плоскост (авария преди кацане – падане върху земната повърхност)

При работа на двуканалния автопилот с големи (надкритични) предавателни числа в канала на елероните (зададена продължителност на краткото странично движение 3 s, а на страничния маньовър 15s) се развиват автоколебателни процеси с голяма продължителност. Елероните работят в целия диапазон, разрешен от конструкцията. Моделиран е същият полет, но с настройка на автопилота както следва:

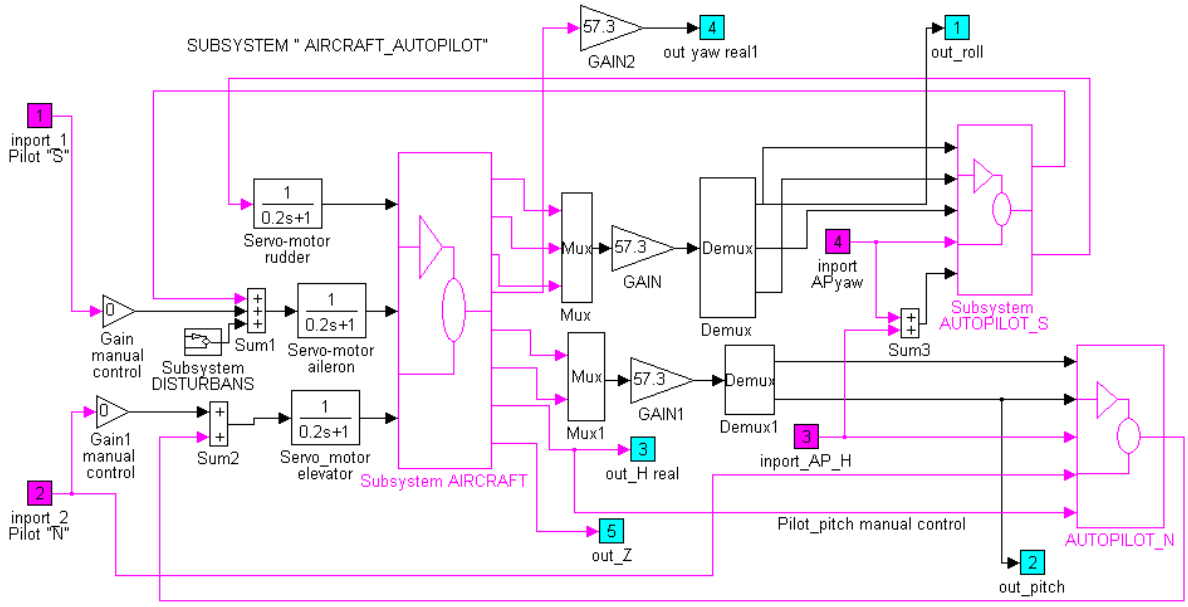
$K_e^{\psi} = 3{,}3$; $K_e^{Z} = 0{,}6$ *deg/m* ; $K_e^{\gamma} = 2.65$; $K_{\int e} = 2.3$; $K_e^{\omega_x} = 0.1$

Резултат за работата на елероните е показан на фиг.6. Колебанията по наклон са в диапазона ±10 градуса.

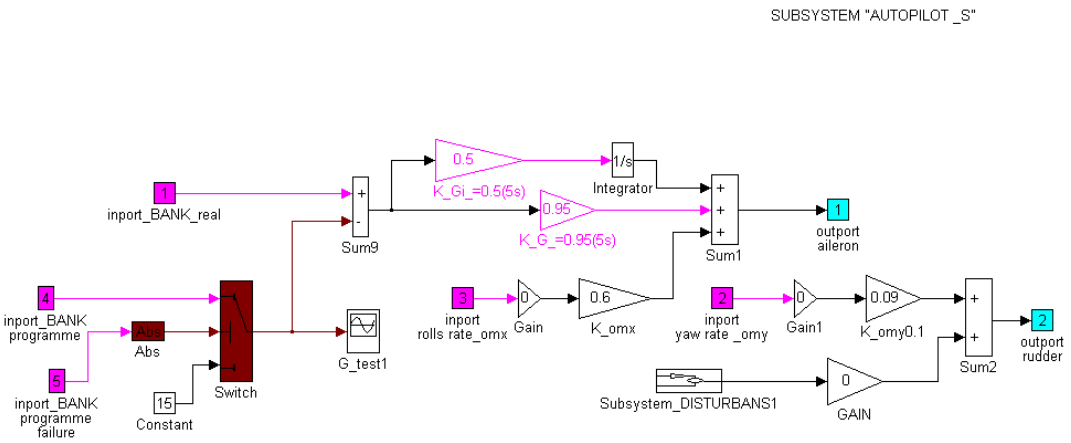


Фиг. 6. Отклонение на елероните с ограничение до ±25^0 в автоколебателен процес в праволинейната част от траекторията

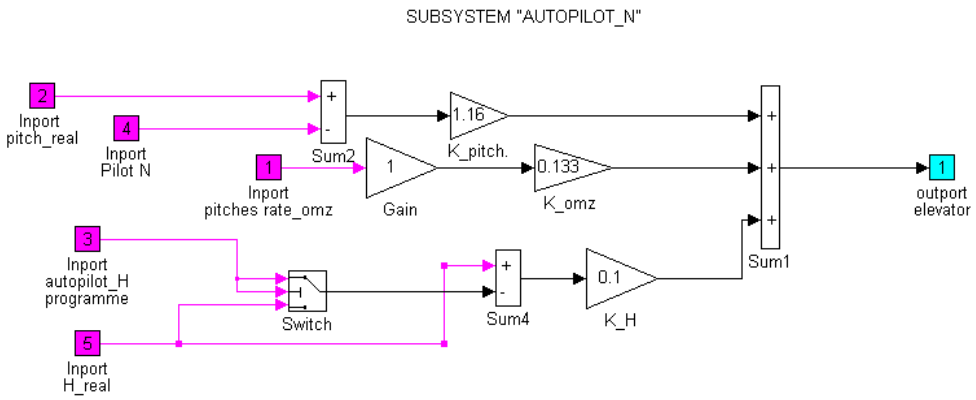
Компютърният модел - аналог на системата е показан на фигури 7, 8 и 9 в Matlab-Simulink.



Фиг. 7. Подсистема «САМОЛЕТ-АВТОПИЛОТ»



Фиг. 8. Подсистема от модел на автопилота в страничния канал за управление на елероните



Фиг. 9. Подсистема от модел на автопилота в надлъжния канал за управление на кормилото за височина

Заключение:

Самолетът-прототип има продължителна експлоатация като авиомишена и е достатъчно доработен като аеродинамика и конструкция.

Резултатите от проведеното изследване по компютърен модел-аналог дават основание да се твърди, че самолетът има добри летателни свойства и с подбраните рационални предавателни числа може да бъде управляван от двуканален, астатичен по крен автопилот с въздействие върху елероните и кормилото за височина. Отсъствието на команди по ъглови скорости в страничния канал (за демпфиране на смутените движения) не се отразява съществено върху полета и това опростява значително техническата реализация на автопилота. Автоматизираното кацане (с намеса на оператора за корекция преди последния завой) може да се осъществява по предварително програмирана траектория с малка вертикална скорост на приземяване и минимално отклонение от оста на пистата при наличие на смущения (страничен вятър).

Литература:

1. Бадягин, А. А, С.М. Егер, В.Ф. Мишин, Ф. И. Склянский, Н. А. Фомин – Проектирование самолетов, “Машиностроение”, Москва, 1972 г.
2. Бадягин, А. А. ,Ф. А. Мухамедов. Проектирование легких самолетов, “Машиностроение”, Москва, 1978 г.
3. Бадягин, А. А. Мотор есть, что дальше журнал Крылья Родины – 7/1987
4. Остославский, И. В. Аэродинамика самолета 1957г, Оборонгиз, Москва
5. Мартынов, А. К. Экспериментальная аэродинамика, Москва 1950, Оборонгиз
6. Михалев, И. А., Б. Н.Окоемов, И. Г.Павлина, М. С.Чикулаев, Н. М.Эйдинов. Системы автоматического управления самолетом – методы анализа и расчета, изд. ”Машиностроение”, Москва 1971 г.

S E S 2 0 1 6
Twelfth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
2 – 4 November 2016, Sofia, Bulgaria

ИЗСЛЕДВАНЕ РОЛЯТА НА СИСТЕМАТА ЗА УПРАВЛЕНИЕ ЗА БЕЗОПАСНОСТТА НА ПОЛЕТИТЕ

Димитър Йорданов, Стефан Гецов

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail:djordanov@space.bas.bg; airgec@gmail,com

Ключови думи: *Динамика на полета, Контур за управление, Безопасност на полетите*

Резюме: *Показани са резултати от моделно изследване на контур "пилот-система за управление-самолет" при условна замяна на традиционна хидромеханична система за управление с електродистанционна за самолет от поколението на 70-те години.*

RESEARCH OF THE ROLE THE CONTROL SYSTEM FOR THE FLIGHT SAFETY

Dimitar Yordanov, Stefan Getsov

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail:djordanov@space.bas.bg; airgec@gmail,com

Keyword: *Flight Dynamics, Control loop, Safety*

Abstract: *Results are presented from a research of the loop "Pilot –Control system – Aircraft" with exchange the hydraulic-mechanical control system with "fly-by wire" system.*

1. Увод

При изпълнение на енергичен маньовър с големи претоварвания в трансзвуковия диапазон (например, когато обстановката налага да се започне на свръхзвукови скорости форсиран завой), самолетът преминава от свръхзвукова на дозвукова скорост и има тенденцията да кабрира самопроизволно от преместването на аеродинамичния фокус напред по средната аеродинамична хорда на крилото. В авиационния жаргон явлението се нарича "скоростен подхват" [3] или "околозвуков подхват" [8]. Това е причина, поради която маневрирането в този диапазон на скорости се избягва и в реалната практика намаляването на скоростта се извършва най-често в хоризонтален полет. Но бойното използване на самолетите от поколението 1960-1970 показва, че реалните условия често налагат маневрирането да се започва на свръхзвукови скорости и задача на пилота е да парира "скоростния подхват". Оценката на възможностите за разпознаване на "скоростния подхват" и неговото париране е задача на теорията на безопасността на полетите. Моделирането е единствения надежден способ за изследване и оценка на ситуацията. Следващите поколения самолети имат редица подобрения в системата за управление, които до голяма степен освобождават пилота от необходимостта да парира развитието на "скоростен подхват" и свързаните с него потенциални опасности за конструкцията и сриване на основната задача по бойното използване. В настоящата работа авторите предлагат едно изследване за подобряване на системата за управление. Моделирането предлага такива възможности и е една добра илюстрация за ролята на системата за управление в повишаване на безопасността на полетите.

2. Изследван проблем и цели на разработката

В зависимост от условията на въвеждане във фигурата, ако "скоростният подхват" не бъде своевременно париран с отпускане на лоста и намаляване на усилието, се развива втора

фаза на аварийна ситуация, провокирана от реалните свойства на самолета на големи ъгли на атака. Тази втора фаза се нарича “сривен подхват” (допълнително енергично самопроизволно кабриране от откъсването на потока в краищата на стреловидното крило). Двете фази на непариран подхват в трансзвуковата зона довеждат самолета до опасни за конструкцията претоварвания или загуба на нормална управляемост (сваляне на крило с последващо развитие на свредел за височини над 3000m). Тези особености в трансзвуковата зона са били причина за летателни произшествия, които са се класифицирали като грешки на пилота. В своята същност тези летателни произшествия са провокирани от промяната на режима на обтичане на самолета – от свръхзвуков на дозвуков. В инструкциите по техника на пилотиране от 60-те години има предупреждения за опасността от “скоростен подхват” при преминаване на трансзвуковата зона с големи маневрени претоварвания. Проблемите са включени в особените случаи на маневрената авиация [3], [8] и се изучават в курсовете по аеродинамика, динамика на полета, системи за управление и безопасност на полетите. С въвеждането на астатични автомати за надлъжно управление на самолетите след 80-те години, работата на пилота значително се облекчава, защото парирането на “скоростния подхват” при целесъобразна настройка може да става от автомата.

В конкретния модел са отразени всички споменати особености и най-неблагоприятни съчетания на обстоятелства, които провокират развитието на потенциално опасен “скоростен подхват”, при който се надвишават разрешените експлоатационни претоварвания за самолета $(n_{уе} = 7)$. Целта на изследването е да се демонстрира ролята на автомата за надлъжно управление за повишаване безопасността на полетите. Постигането на тази цел изисква моделиране в “Simulink” на целия контур за ръчно управление в трансзвуков маньовър. Моделиран е форсиран вираж.

3. Особености на моделирането

Самолетът е с центровка, която на дозвукови скорости осигурява достатъчна надлъжна устойчивост по претоварване (m_z^{Cy}=-0.13), а на свръхзвукови скорости от вълновия кризис фокусът се премества назад по средната аеродинамична хорда и самолетът придобива характерната за свръхзвукови скорости по-голяма надлъжна устойчивост по претоварване (m_z^{Cy}=-0.42). Такава компоновка е характерна за по-старото поколение самолети (60г на 20 век) и е една от основните причини за неблагоприятното поведение в трансзвуковия диапазон при намаляване на скоростта.

Предлага се чрез моделиране да се провери възможността на надлъжен автомат за управление от електродистанционна система за управление (ЕДСУ) да подобри управляемостта на самолета и освободи пилота от парирането на “подхватите”. При такъв автомат системата за управление на самолета допълва командата на пилота и законът за отклонение на управляемия стабилизатор има следния вид:

$$\varphi_в = K_в.\Delta x_{в\ пилот} + K_д.\omega_z + K_i\int(\Delta n_y + K_x.\Delta x_{в\ пилот})dt$$

Първият член на закона отразява командата на пилота чрез движение на лоста за управление на разстояние $\Delta x_в$ в метри. Вторият член е закон за работа на автомат за демпфиране по сигнал от ъгловата скорост на тангажа ω_z в радиани за секунда. Третият член се нарича “интегрален”. Той сравнява зададеното от пилота (чрез движение на лоста за управление) нормално претоварване n_y с реакцията на самолета и отклонява управляемия стабилизатор до тогава, докато тази разлика стане нула. Този член работи само в преходния процес и в началото и края на командата е винаги нула. И трите члена се формират от ЕДСУ чрез съответните датчици, преобразуватели и изчислители.

Автомат за устойчивост не е нужен, защото самолетът е създаден по концепцията за пасивно управление (има гарантирана от компоновката надлъжна статическа устойчивост по претоварване на дозвукови скорости).

В закона $K_в$ *(1/m*) е предавателното отношение на системата за надлъжно управление. В конкретния случай, за трансзвуковия диапазон $K_в = 1$ *(rad/m)* и е с постоянно значение. Тази величина, заедно с приведената към лоста за управление коравина на пружинно-натоварващия механизъм $C_в$*=800 N/m,* определят усилията за пилотиране, които за необратимото бустерно управление се формират изкуствено по зададени характеристики на

управляемост. В конкретния случай за трансзвуковия диапазон чрез системата за управление са гарантирани характеристики на управляемост $P_в^{ny}$=-25N; $x_в^{ny}$=-31,5 mm, което съответства на нормативните характеристики за управление с централен лост в кабината. Предавателните числа на автомата за демпфиране $K_∂$, и пред интегралния член K_i се подбират от условията на приемлив преходен процес. Предавателното число K_x (дименсия 1/m) е равно на абсолютната стойност на обратната величина на характеристиката на надлъжна управляемост $x_в^{ny}$ ($\frac{1}{|x_в^{n_y}|} = \frac{1}{|-0{,}0315|} = \frac{1}{0{,}0315} \approx 32$) Конкретните настройки в закона за управление са:

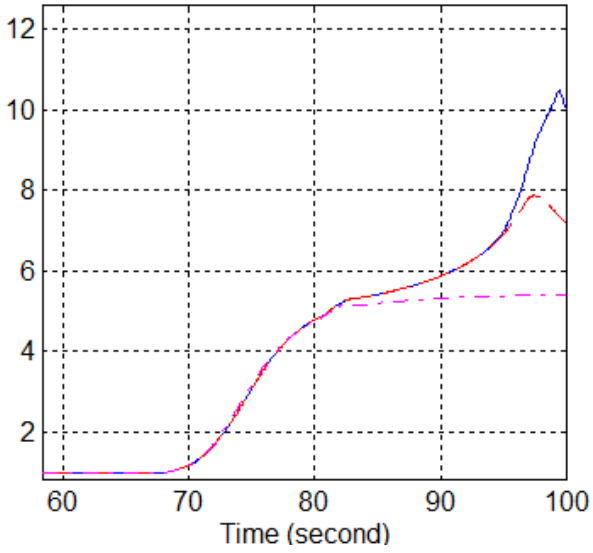
$$\varphi_в = 1.\Delta x_{в\ пилот} + 0{,}03.\omega_z + 0{,}015\int(\Delta n_y + 32.\Delta x_{в\ пилот})dt$$

Отклонението на стабилизатора е в радиани , а преместването на лоста за управление е в метри, ъгловата скорост е радиани/сек.

Траекторията се моделира на височини около 3000m на форсажен (до M=1.1) и максимален режим на двигателя (след влизане в завоя).

4. Резултати

За илюстриране на проблема, на фигура 1 са показани на един график три симулации - изменение на нормалното претоварване във “форсиран вираж” в транзвуковия диапазон.



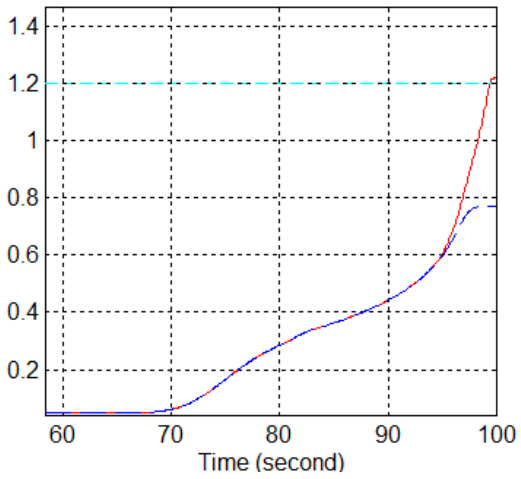
Фиг. 1. Изменение на нормалното претоварване във “форсирания вираж” на трансзвукови скорости - сравнение между три симулации за развитие и париране на “скоростен подхват”

На фигурата в трите симулации “скоростният подхват” започва в *t≈83s.* Показани са следните случаи:

- непариран “скоростен подхват”, който преминава в “сривен подхват” – в *t=98s* - претоварването n_y>10 и превишава експлоатационното $n_{y\_експл}$=7 ;
- непариран “скоростен подхват”, при който изкуствено е блокирано при моделиране развитието на втората фаза (“сривен подхват”) – претоварването само от “скоростния подхват” се повишава от n_y≈5 до n_y≈8 в *t=97 s*;
- париран “скоростен подхват” от системата за управление и нормално изпълнение на пространствената траектория с работа на пилота в контур, съвместно с астатичен автомат за надлъжно управление – претоварването е стабилизирано на n_y≈5,5.

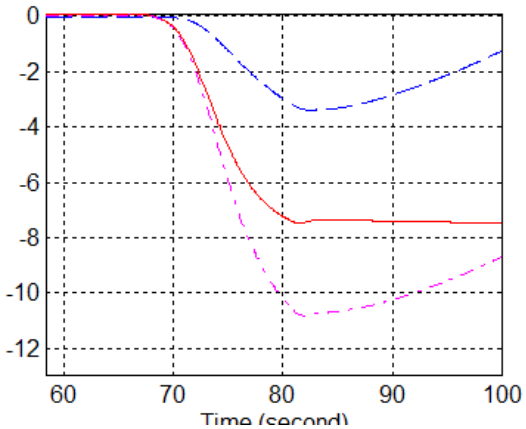
На фигура 2 е показано изменението на коефициента на подемна сила c_y в двата случая на непариран “скоростен подхват”. В резултат на развитието на двете фази на подхвата

самолетът в *t=97s* достига максималния коефициент на подемна сила $c_{y\max} = 1{,}2$. След това ситуацията би се развивала в посока “сваляне на крило” и свредел.



Фиг. 2. Изменение на коефициента на подемната сила c_y в непариран подхват при изпълнение на форсиран вираж в трансзвуковата зона - след *t=96s* е показан вторият етап на подхвата (само от скоростен подхват c_y нараства до $c_y = 0{,}77$)

На фигура 3 е показан резултат за отклонението на стабилизатора при система за управление с астатичен автомат за надлъжно управление по претоварване.



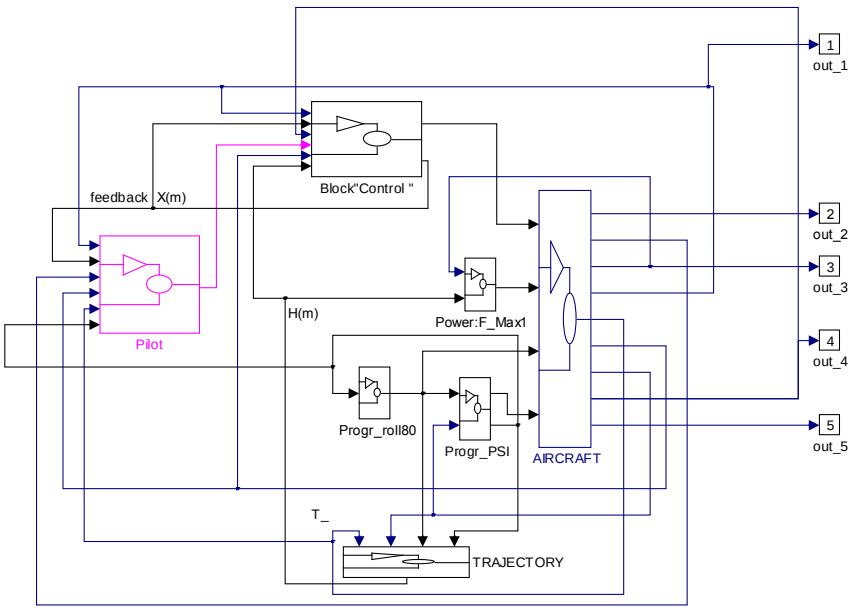
Фиг. 3. Отклонение на управляемия стабилизатор в градуси – от командата на пилота (средна графика – отклонението на хоризонталния стабилизатор “на кабриране ” е без промяна след t=80s) и автомата за надлъжно управление (горна графика); общото отклонение е сума от двете команди и в *t= 82s* например е $\varphi_{в\text{-}85s} \approx -11^0$ (“на кабриране”)

“Пилотът” (от модела) не се е опитвал да парира тенденцията за самопроизволно кабриране в “скоростния подхват”. Това се забелязва по отклонението на стабилизатора формирано само от него след t=80s (средна линия на фиг.3). Автоматът извършва потребното връщане на стабилизатора леко в посока към неутрално положение след 80s (в горната част). Реалното отклонение на стабилизатора при изпълнение на фигурата е сума от двете съставни на закона за управление. Само моделирането в “Matlab-Simulink” позволява да се разделят двете функции и команди и да се демонстрира ролята на автомата за повишаване на безопасността на полета.

Проблемът на парирането на “скоростния подхват” е, че се изисква прецизно движение с органите за управление (примерно около $2.5^0...3^0$ за около 10 секунди по фиг.3), което пилотите обикновено не дозират точно, защото работят в дефицит от време при неблагоприятни характеристики на устойчивост и управляемост. В резултат на по-груби действия може да се получи “надлъжна разкачка” на самолета (колебателна неустойчивост) и

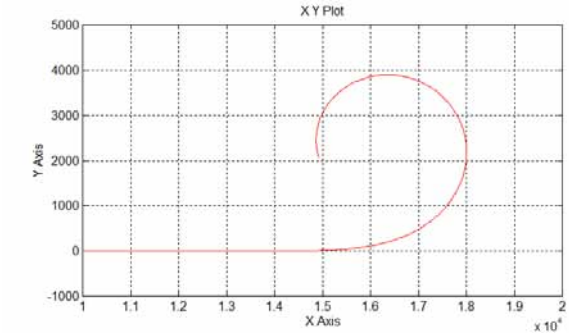
срив на маньовъра. Самолетът се намира много близо до експлоатационните ограничения и “разкачката” се получава след преминаване на дозвукови скорости главно от това, че при груби действия по стабилизация на претоварването се навлиза в зоната на големите ъгли на атака, където от откъсването на потока в краищата на стреловидното крило самолетът става практически неутрален и даже неустойчив по претоварване. Това може да продължи няколко секунди (например 5...6 секунди) и в зависимост от действията на пилота самолетът може да излезе от зоната на неустойчивост или да задълбочи неблагоприятното развитие на проблема. Стабилизацията на неутрален самолет е много трудна задача за пилота защото той трябва рязко да намали коефициента си на усилване (т.е. усилието, с което движи лоста за управление за изменение на претоварването с единица), за да запази устойчивостта на целия контур “пилот- система за управление – самолет”). При неутрален самолет на много малки отклонения от стабилизатора реакцията на самолета е с големи изменения на ъгъла на атака (нараства коефициентът на усилване на самолета). В контура за управление това нарастване на коефициента на усилване на самолета трябва да бъде компенсирано с намаляване на коефициента на усилване на пилота, за да се запази устойчив процесът на управление. Тази пренастройка за кратко време е много трудна задача за пилота. Ако самолетът стане надлъжно апериодично неустойчив, процесът на стабилизацията става невъзможен. Това е доказано от практиката и препоръката на пилотите-изпитатели е да се фиксира лостът в близост до неутрално положение, вследствие на което пилотът се изключва от контура за управление и самолетът сам излиза от “разкачката”. Ситуацията на такова неблагоприятно развитие на “скоростния подхват” не може да бъде тренирана в реален полет защото е потенциално опасна и препоръките за парирането й са дефинирани по редки събития. Единствен надежден метод за изследването е адекватното компютърно симулиране. В [3] и [8] са представени резултати от моделирани и реални полетни ситуации на “скоростен (околозвуков) подхват”, които потвърждават адекватността на предлагания модел в “Matlab-Simulink”. Резултатите в [3] са получени с участието на първия от авторите през 1973г., когато на анализ беше подложена безопасността на полетите по опита от бойното използване на реактивните самолети от второ и трето поколение във военни конфликти от района на Близкия Изток и Виетнам.

Общият вид на модела в “Matlab-Simulink”, използван за изследователски цели, е показан на фиг.4. Разработен е в няколко нива на подробност за всяка подсистема. Особеното в него е, че в контура е включен детерминиран модел на среден пилот с гъвкави обратни връзки по усилие и преместване, адаптиран към средни стойности на нормативните характеристики за надлъжна управляемост. Моделът на самолета е реализиран по уравненията за надлъжно движение в координатните системи на ГОСТ. Потребните за маньовъра данни от страничното движение са програмно зададени (наклон $\gamma^0=f(t)$). Наклонът във “форсирания вираж “ (завой) достига 80 градуса. Програмно зададено в модела е и управлението на двигателя.

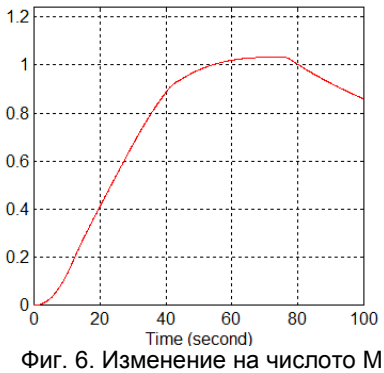


Фиг. 4. Общ вид на модела - фрагмент от първо ниво

На фиг 5 и 6 са представени проекцията на траекторията в хоризонтална плоскост и изменението на числото М в маньовъра



Фиг. 5. Хоризонтална проекция на маньовъра



Фиг. 6. Изменение на числото М през целия моделиран полет

Изводи:

- Проведеното моделиране дава възможност да се изследва сложно явление в трансзвуковата зона, проблемна за пилотажа поради същественото изменение на аеродинамичните характеристики.
- Чрез моделиране сравнително леко се решава проблемът за настройката на предавателните числа в автомата за надлъжно управление на ЕДСУ, който може да освободи пилота от необходимостта да извършва прецизни париращи движения за балансировка на самолета в трансзвуковия диапазон.
- Моделът може да бъде използван в обучението и изследователска дейност по динамика на полета, системи за управление и безопасност на полетите.

Литература:

1. Бюшгенс, Г. С. Р. В. Студнев. Динамика продольного и бокового движения, изд. “Машиностроение”, Москва, 1979г.
2. Михалев, И. А., Б. Н.Окоемов, И.Г. Павлина, М.С. Чикулаев, Н.М. Эйдинов. Системы автоматического управления самолетом – методы анализа и расчета, изд. ”Машиностроение”, Москва 1971г.
3. Галашев, Е.С., Н.М. Лысенко и др. Аэродинамика и динамика полета маневренных самолетов,“Военное издательство”, Москва 1984г. стр.235...240
4. Гультяев, А. К. MATLAB 5.2 Имитационного моделирования в среде Windows - практическое пособие Санкт Петербург, изд. “Корона принт” 1999г.
5. Денисов, В.Г., В.Ф. Онищенко. Инженерная психология в авиации и космонавтике, изд. ”Машиностроение”, Москва 1972г.
6. Йорданов, Д. В. Летателни апарати - системи за управление, изд. “Мадара Принт”- АД, 1999г (кн.16 от поредица "Библиотека на авиоспециалиста")
7. Йорданов, Д. В. Компютърни модели на системи за управление на самолети и хеликоптери 2005г, 2006г–учебно пособие в две части, изд. на ТУ-София.
8. Калачев, Г. С. Самолет, летчик и безопасность полета, изд. ”Машиностроение”, Москва 1979 г.-стр.119...139.

S E S 2 0 1 6
Twelfth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
2 – 4 November 2016, Sofia, Bulgaria

ОБУЧЕНИЕ И ОЦЕНКА НА ОПЕРАТОРИ НА БЕЗПИЛОТНИ ЛЕТАТЕЛНИ АПАРАТИ С ТРЕНАЖОР SIMLAT

Зоя Хубенова, Константин Методиев

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: zhubenova@space.bas.bg; komet@space.bas.bg

Ключови думи: *човек-оператор, БЛА, тренажор, обучение*

Резюме: *В статията се разглеждат проблемите свързани с обучението, оценката и подбора на оператори за управление на безпилотни летателни апарати. Обсъдени са и са препоръчани основните психофизиологични и професионални качества на оператора на БЛА. Представени са експериментални данни от проведените курсове за обучение на оператори с тренажор* ***C-Star*** *на израелската фирма* ***Simlat.***

TRAINING AND EVALUATION OF UAV OPERATORS BY MEANS OF C-STAR SIMULATOR

Zoya Hubenova, Konstantin Metodiev

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: zhubenova@space.bas.bg; komet@space.bas.bg

Key words: *man – operator, UAV, simulator, training*

Abstract: *In the paper hereby, problems related to training, evaluation, and selection of operators of UAV are considered. In addition, main psychophysiological and professional qualities of the UAV operator are discussed and recommended. Experimental data taken from recent courses of operator training by* ***C-Star*** *simulator of Israeli company* ***SimLat*** *are presented.*

1. Актуалност на проблема

Всяка година расте броят на компаниите, разработващи и произвеждащи безпилотни летателни апарати (БЛА). Например броят на безпилотните самолети в състава на военновъздушните сили на САЩ за 10-те предходни години е нараснал 136 пъти – от 50 единици през 2000 г. до 6,8 хил. през 2014 година. В Европа се налага схващането, че въоръжените безпилотни комплекси могат да се окажат добър заместител на бойната авиация, която в европейските страни става все по-малка, а загубите на самолети и пилоти са все по-неприемливи. Русия се опитва да догонва Европа, САЩ и Израел в създаването на безпилотна авиация, като в близките три години четворно е увеличила разработката на различни типове безпилотни летателни системи (БЛС).

Увеличава се обемът на безпилотните системи, използвани за граждански цели с приложение за решаване на различни задачи. Развитието на безпилотната авиация с гражданско предназначение се забавя поради това, че потенциалните потребители се интересуват от цялостно изградени системи, предпочитат да закупуват услуги (определен брой летателни часове*)* от специализирани за това компании, а и все още няма създадена нормативна база за сертифицирането на БЛА и тяхната интеграция в съществуващата система за управление на въздушното движение [1, 2].

Осигуряването на безопасност е от първостепенна важност при подготовката и изпълнението на полети с БЛА, като могат да се осъществяват полети в национално или международно въздушно пространство, във фиксирано въздушно пространство или по правилата за осъществяване на Оперативен въздушен трафик. На определено технологично

ниво е възможно полетите с БЛС да бъдат под контрола на граждански органи за управление или контролът им да се осъществява от военни органи за обслужване на въздушното движение или бойно управление [3].

Един от основните фактори за високата аварийност на БЛА е човешкият фактор, като независимо от названието си, управлението им се осъществява от екип оператори от земята или въздушен команден пункт. За съжаление болшинството специалисти, управляващи този вид техника, не притежават необходимата квалификация. Очевидно, че обучението и подготовката на персонала на БЛС – пилотът-оператор, операторът на полезния товар, обслужващите специалисти – могат съществено да повлияят на безопасността. Това налага необходимостта от разработването на единни изисквания и програми за обучение на оператори, както и надеждни средства за обучение в зависимост от различните категории БЛА. Като основно средство за обучение се използват тренажори, които осигуряват индивидуална и колективна подготовка на операторите и подобряват квалификацията им в условия на сложна обстановка – в различни ситуации/мисии и при наличие или не на особени условия във въздушното пространство в зоната на действие.

2. Професионални качества на оператори на БЛА

По настояще време управлението на БЛА се осъществява основно в полуавтоматичен режим. Болшинството операции, такива като полет по маршрут, аерофотоснимка, патрулиране на местности, екологичен мониторинг и други, протичат в автоматичен режим, което позволява на оператора да контролира работата, намирайки се на значително разстояние от обекта на управление. Независимо от това, в крайните фази на полет, като излитане и кацане често операторите са принудени да преминат в режим на ръчно управление. Повече от 70% от загубата на военните БЛА се случват заради субективни грешки на оператора [4,] като повечето аварии стават по време на кацане и сблъсък.

Значителна част от трудностите при излитане и кацане се обясняват с интуитивната реакция на оператора, който не се намира на борда на ЛА и не получава неприборна (визуална) информация: не може да чува работещите двигатели, да усеща „стремително" снижение и изкачване, не използва за ориентация периферното си зрение, понеже наблюдава обстановката чрез камерата на БЛА. По тези причини операторът е принуден да интерпретира показанията на приборите само виртуално, тъй като не усеща скоростта на полета и действащите претоварвания. Задачата на човека-оператор, включен в контура на управление и насочване на БЛА, се състои в откриване и разпознаване на зададените цели от телевизионното изображение на местността на екрана на дисплея, а също да съпровожда целта с оптико-телевизионния визьор. Естествено, възможностите и ефективността на БЛА до голяма степен се определят от способността на човека да обработва визуална информация, да реализира точни и висококоординирани действия при откриване и следене на целите.

За преодоляване на трудностите, свързани със сложността на контрола и командването (концепция за централизирано мрежово управление), е въведен стандарт за оперативна съвместимост на НАТО STANAG 4586 (Standard Interface of the Unmanned Control System (UCS) Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Interoperability) [5].

Работата на оператора при управление на БЛА е свързана с основно с когнитивните процеси, свързани с обобщаването и анализа на значителен обем информация, като в същото време е необходимо да притежава умения бързо да изпълнява сложни процедури и действия, да взема решения в ограничено време и едновременно да комуникира и взаимодейства в рамките на екипа. [6].

Обработката на информацията е основен подход в когнитивната психология. В този случай когнитивната система на човека се разглежда като система, имаща устройства за въвеждане, съхранение, изход на информацията при отчитане на пропускателната ѝ способност (по аналогия на компютъра). Методите на когнитивната психология са предназначени за качествен и съдържателен анализ на такива психически процеси, като мотивация, вземане на решения, целеполагане, преработка на информацията и т.н. Основни когнитивни навици в случая са показани в таблица 1.

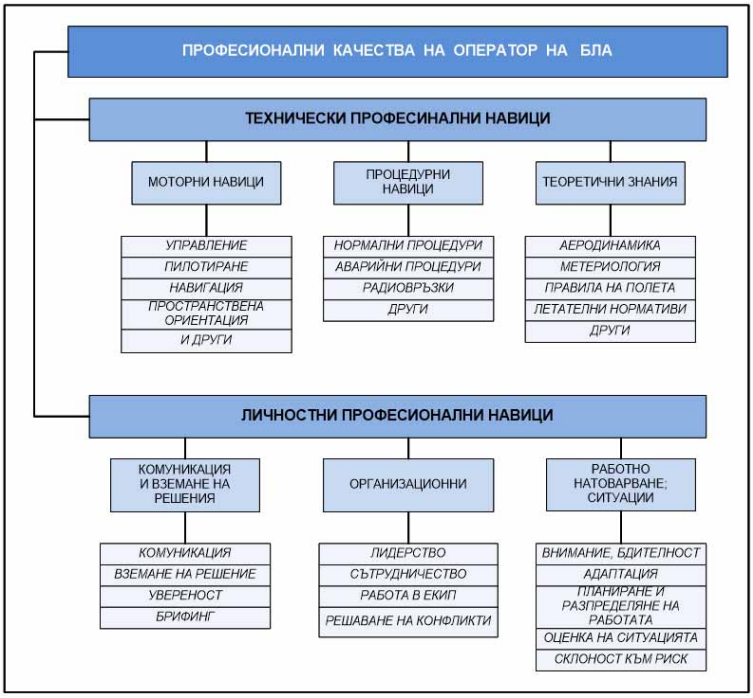
Таблица 1.

КОГНИТИВНИ НАВИЦИ	НЕОБХОДИМОСТ
● Възприятие за разпознаване и реагиране на визуална и звукова информация	Откриване и реагиране на възникнали отклонения от запланувана траектория на полета или мисията
● Внимание и бдителност по време на смяната	Свързано с периоди на интензивна работа, а при автоматичен режим и продължителен период на относително бездействие

● Обученост	Необходима за овладяване на процедурите и практиката при управление на БЛА, а също да се извличат поуки от натрупания опит
● Памет	Необходимо за правилна и бърза оценка на възникващите ситуации, както в краткосрочна перспектива за действия в реално време, така и в дългосрочна перспектива с цел интегриране на знания и процедури
● Обработка на информация	**Н**еобходимо за обобщаване на голямо количество данни за полета, промяна на времето, състоянието на машината, навигационните средства и пр. в една "картина" в съответствие с процедурите на действащата мисия
● Ситуационна осведоменост	**Н**еобходимо за успешно интегриране на цялата налична информация в даден момент, за предвиждане какво става в момента и какво ще стане в бъдеще.
● Планиране	Умение да се планира полета, за да се проследи полата на БЛА в очакваната последователност от планирания полет и мисия
● Вземане на решения	**С**воевременен избор на оптимални действия в конкретната ситуация, но също и оценка, какъв ще резултатът от това решение за в бъдеще

При анализа на проблемите, свързани с човешкия фактор, основно внимание се отделя на такива аспекти, като задачите, решавани от всеки оператор ("субект – процедура"), оборудването, с което разполага (“субект – обект”), и влиянието на елементите на системата на безопасността и ефективността на функциониране на системата ("субект – среда") – по модела SHELL на ICAO [7, 8].

Организацията и професионална подготовка на оператори на БЛА включва провеждане на професионален подбор на кандидатите и организация на обучението и контрола на придобитите навици и знания на базата на тренажори и обучаващи системи. За кандидатите, които се оценяват, се определя дали притежават необходимите умения за работа и доколко са склонни да бъдат поставени на подходящо място и да демонстрират по-висока производителност при дежурство (фиг.1).



Фиг. 1. Структура на професионално важните качества на оператора (пилота)

Реализацията на образователната програма за обучение на кандидати (професионалисти и любители) е насочена към обучение и сертифициране на оператори на БЛА, приложими за използване в различни сфери – природо-ресурсен и екологичен мониторинг на околната среда, картиране, инспекция на инфраструктури обект, реклама, професионална ориентация на юноши и младежи. Комплексът за обучение включва: безпилотни летателни апарати (платформи) 2 до 3 типа; самолетна система за управление (електронна бордова

апаратура за управление, навигация и телеметрия); елементи на полезния товар за природоресурсен и/или екологичен мониторинг на околната среда (видеокамери, датчици и пр.); мобилен наземен пункт за управление на полета на БЛА (работно място на оператор); система за обучение на оператори с наземни средства за управление на БЛА на основата на тренажор, персонализиран за определена платформа, товар или мисия.

3. Тренажор C-STAR 3G на фирма Simlat

Тренажорът **C-Star** на израелската фирма **SimLat**, разположен на територията на ИКИТ-БАН, е проектиран за едновременно обучение на пилоти и оператори за БЛА като екип. Тренажорът предлага виртуална среда, която наподобява до голяма степен реалната в т.ч. и динамиката на взаимодействие между членовете на екипажа. Тренажорът дава възможност за обучение на пилоти или оператори на сензор чрез индивидуален режим на работа. В този режим инструкторът изпълнява задачите на липсващия член на екипажа. Например, при обучение на оператор на бордовия сензор, инструкторът пилотира платформата от своята станция, изпълнявайки съответните действия на пилота. От друга страна, когато обучаемият е пилот, инструкторът управлява полезния товар и взаимодейства с него по съответния начин.

Общата работна среда на системата е достъпна и разбираема за потребителя. Потребителският интерфейс е интуитивен и всеки, който е развил елементарни работни навици с конвенционална компютърна периферия може да се обучи за работа с тренажора.

На своята станция инструкторът създава сценария на мисията и контролира нейното изпълнение от обучаемите. На симулация подлежат откази на техниката и неблагоприятни метеорологични условия. Инструкторът задава модели на поведение на наземни, водни и въздушни обекти в сценария, маршрут на автоматичния полет на БЛА, вида на полетната задача (откриване, съпровождане на цели, сканиране на земен участък и др.) и накрая записва данните от обективния контрол. Софтуерният модул **PANEL** подпомага инструктора в обработката на натрупаната информация, като автоматично създава графики и диаграми, а така също и поставя оценки на обучаемите.



Фиг. 2. Общ вид на тренажора **C-Star**

Институт за космически изследвания и технологии към БАН разполага с базова версия на тренажора **C-Star**, показан на фиг. 2. Обучението на екипажи се извършва в „Лаборатория за подбор, обучение и контрол на оператори на безпилотни летателни апарати” от служители на института, които са сертифицирани за тази дейност от фирма **SimLat**.

4. Експериментални данни от проведени тренировки с тренажор C-STAR 3G

През 2016 г. се проведе обучение на три групи кандидати за оператори на БЛА от служители на МВР и МО. Общата продължителност на обучението беше 5 дни (48 учебни часа), в това число: теоретична част (13 часа), обучение на тренажор (14 часа), практически упражнения (11 часа). Накрая на курса бе проведен теоретичен изпит [9]. Групите бяха по 15 човека, като първите се състояха от мъже на възраст между 20 и 30 години. Третата група включваше и 3 жени, както и трима професионални пилоти.

Първоначално стажантите преминаха обучение по управление на ЛА на работното място на пилота, като с тренажора бяха реализирани следните задачи: излитане / кацане със стабилизация от автопилота; излитане / кацане без стабилизация; полет по зададена посока без стабилизация; полет до определена точка (по карта).



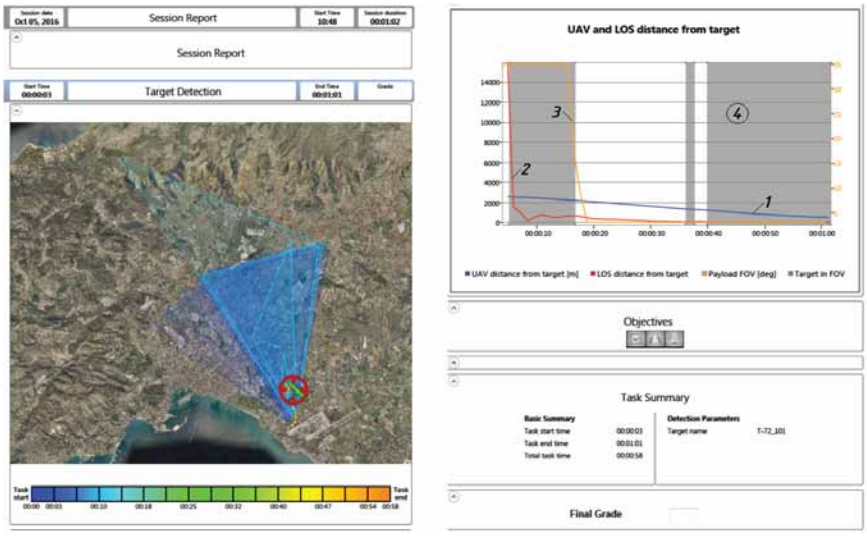
Фиг. 3. Задача за откриване на подвижна наземна цел.

Обучението на работното място на оператора на полезен товар включваше задача за откриване и съпровождане на подвижна наземна цел. Чрез модула **Panel** данните от обективния контрол се записваха в реално време. Целта на задачата бе отработване на синхронизация в работата на екипажа, а в частност – откриване на целта за най-кратко време. На фиг. 3 е показана траекторията на самолета и подвижната цел танк, който се движи по магистрала.

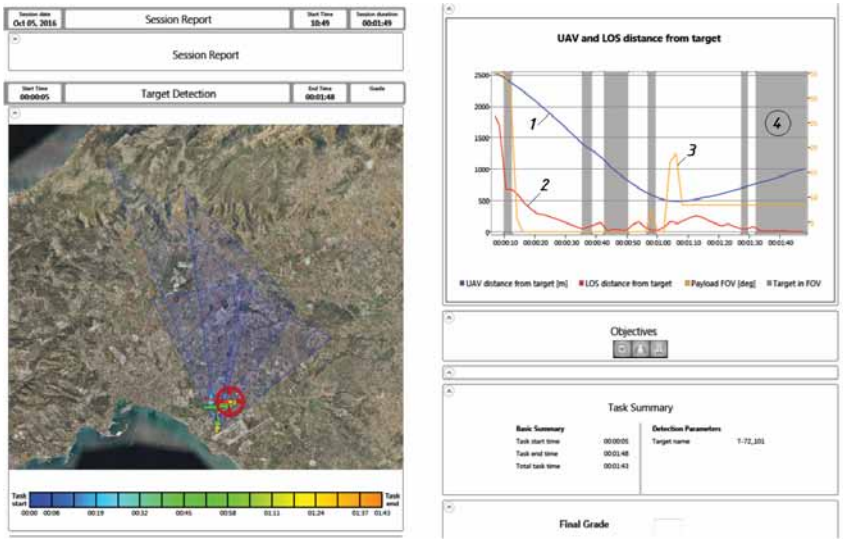
На фиг. 4, 5 и 6 са показани протоколите на програмата **Panel** с най-типични резултати на обучаеми, съответно, най-добро ниво, реализирано от професионален пилот, средно и най-слабо ниво.



Фиг. 4. Много добър резултат – професионален пилот



Фиг. 5. Средно ниво при начално обучение



Фиг. 6. Слабо представяне при начално обучение

Графиките показват ефективността на оператора на полезния товар по време на изпълнение на задачата за откриване и съпровождане на подвижна цел. Кривите на фиг. 4-6 показват следното:

- Линия 1 – разстояние от БЛА до целта [m]
- Линия 2 – разстояние между линията на обзора и целта [m]
- Линия 3 – ъгъл на обзорното поле на полезния товар [deg]
- Сиви площи 4 –целта попада в обзорното поле на сензора

Проведените изследвания показват, че операторите, имащи голяма скорост на реакции, като правило, или имат навици от управлението на транспортни средства (в частност ЛА) , изискващи повишено внимание или регулярно играят компютърни игри от определени жанрове.

Опирайки се на опита от преминалите групи е целесъобразно да се проведат изследвания на по-широк контингент оператори, като се обърне внимание на предварителния опит и квалификация на кандидатите, независимо от къде е тя – професионална, любителска, хоби и пр. Необходимо е предоставянето на по-продължително време за обучение и тренировки на симулатора (от 3-4 часа в два дни) за придобиване на такива качества, като висока скорост на реакция, минимална умора, контрол върху няколко процеса едновременно и прочие. Добре е за в бъдеще да се отчита и сравнява субективната оценка на оператора за неговата работа на тренажора.

5. Изводи

Във връзка с осигуряването на безопасността на полетите в понятието „Безпилотна авиационна система” следва да се включват и изследват операторите на БЛА, обслужващия персонал, а също и системата за подготовка на операторите.

Програмата за обучение е съставна част от комплексната програма за подготовка на операторите на БЛА, която е с акцент на практическата подготовка на кандидатите. При завършване на курса кандидатите трябва да имат изработени навици за бърза оценка на ситуациите, избор на стратегии за управление, вземане на оптимални решения в бързо променяща се среда. Формирането на тези качества и техническа култура предполага индивидуален подход към всеки участник.

Експерименталните изследвания, проведени в цел изучаване на дейността на човека-оператор с тренажора **C-Star** включваха:

- **Изследване** на дейността на човека-оператор при управление на БЛА при различни типове задачи (излитане, полет по маршрут, кацане);
- **Оценка** на алгоритъма за правилна регистрация на данните от модула **PANEL** на **SimLat**;

- **Сравняване** на данните от начално обучение на стажантите без предварителен опит в управлението на БЛА

***Благодарности**. Тренажорът C-Star е доставен на ИКИТ–БАН по Проект BG161PO003–1.2.04–0053 „Информационен комплекс за аерокосмически мониторинг на околната среда“ (ИКАМОС) с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на конкурентоспособността на българската икономика” 2007–2013, съфинансирана от Европейския фонд за регионално развитие и от националния бюджет на Република България.*

Литература:

1. Гецов, П., З. Хубенова, Г. Сотиров, Професионален подбор и тренажорна подготовка на оператори на безпилотни авиационни комплекси, THIRD INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE SCIENCE, EDUCATION, INNOVATION, Shumen, Bulgaria, 2014, Vol. 1, p. 50-63
2. Концепция за въздушно наблюдение и разузнаване с безпилотни летателни системи от Въоръжените сили на Република България, Министерство на отбраната, 2012
3. Williams, K.W. (2004). A summary of unmanned aerial aircraft accident/incident data: Human factors implications.
4. Aviation Accident History**,** http://www.planecrashinfo.com/cause.htm
5. STANAG 4586 NAVY (EDITION 2) - STANDARD INTERFACES OF UAV CONTROL SYSTEM (UCS) FOR NATO UAV INTEROPERABILITY, NATO STANDARDIZATION AGENCY, 2011
6. Langevin, S., B. Joseph , S. Straussberger , B. Guiost , G. Boy, Human-centered design methodology: an example of application with UAVs mission, http://conferences.telecom-bretagne.eu, 2008
7. ICAO SHELL Model is a conceptual framework proposed in ICAO Circular 216-AN31
8. ICAO: Human Factors documents, http://aviationknowledge.wikidot.com/ aviation:icao-human-factors
9. Йорданов, Д., Летателни апарати. Системи за управление, стр. 200, ТУ-София, Мадара принт АД, 1999

S E S 2 0 1 6
Twelfth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
2– 4 November 2016, Sofia, Bulgaria

ОТНОСНО РАБОТАТА НА СИСТЕМИТЕ ЗА БЛИЗКА РАДИОЛОКАЦИЯ, ИЗПОЛЗВАЩИ НЕПРЕКЪСНАТ ЧЕСТОТНО МОДУЛИРАН СОНДИРАЩ СИГНАЛ

Пламен Трендафилов

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

Ключови думи: *автодин, системи за близка радиолокация.*

Abstract: *Using linear idealization of static modulation characteristics of the transistor avtodin, an analysis of the work of the avtodin is carried out, presenting it as mixture of drilling and reflected signals. It is shown that at a sufficiently shallow parasitic modulation and sinusoidal modulating signal, the nature of the outlet signal is not significantly different from that in the absence of parasitic modulation. The conclusion is verified experimentally. Recommendations have been made to synthesize the system.*

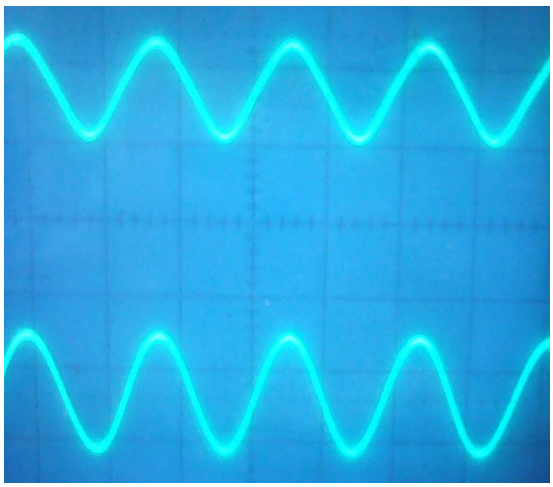
Съществува клас от системи за близка радиолокация, които в качеството на сензор използват автодин. Те намират широко приложение поради това, че автодинът преставлява най-простото съвместяване на радиопредавателно и радиоприемно устройство. Той по същество е самоосцилираща система, която е достатъчно силно свързана с антена и така реагира на промените в околната среда. За по-пълно удовлетворяване на нарастващите изисквания за относителна стабилност и управление на височината, на която те да реагират, се налага работа с честотно мадулиран сотдиращ сигнал.

Детаилната нелинейна теория на автодините в условията на тяхното приложение е сложна и непрегледна за практически цели. Според квазилинейната теория [1] установените трептения на автогенераторите се дефинират от т.н. уравнения за „баланса на амплитудите" и за „баланса на фазите". Първото дефинира амплитудата на трептенията, а второто – тяхната честота. Практически всяка промяна в параметрите на трептящата система води до промяна, както на честотата, така и на амплитудата на генерираните трептения. При автодините такава промяна може да доведе и до промяна на тяхната радиочестотна чувствителност, което допълнително усложнява работата на СБРЛ.

В теорията на близката радиолокация [2] е разгледано приложението на честотно модулираните сондиращи сигнали в идеализирани условия, които на практика трудно се постигат, особенно при работа с автодинни сензори. В [3] с използване на символическите окъсени уравнения е представен анализ на честотно модулиран автодин , който води до изводи относно оптималния работен режим и до характера на изходния сигнал. Направените изводи са важни за проектирането на системата, но изискват по-конкретно практическо изясняване.

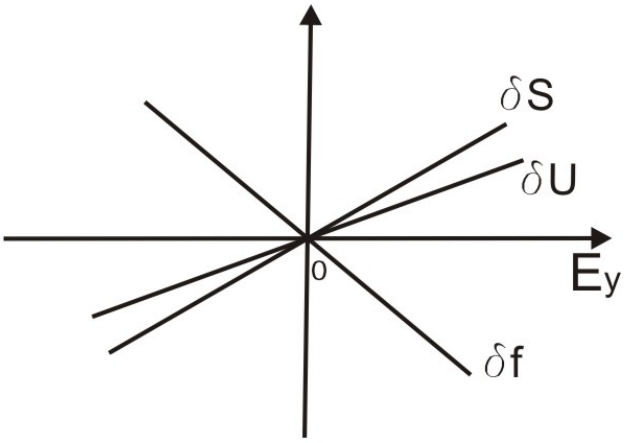
Принципно погледнато т.к. изходният сигнал на автодинния сензор в реални условия съдържа силна компонента от паразитна амплитудна модулация (ПАМ), а освен това и зависи от чувствителността му, предварително не е ясно какъв ще е характерът на сигнала при промяна на височината. Очевидно, ако изходният сигнал съдържа паразитни компоненти, това може да доведе до проблеми в определяне на достигнатата височина. Такава ситуация ще се получи, ако модулиращият сигнал има сложен спектър и ако модулационните характеристики на сензора са дълбоко нелинейни. Така се стига до извода, че модулиращият сигнал трябва да е максимално близък до синусоида.

В лабораторни условия е изследван транзисторен автодин, който е построен съгласно горните изисквания. В него честотната модулация се извършва с варикап, а изходният сигнал се получава след амплитудно детектиране на генерираните трептения чрез транзисторна схема. На Фиг.1 са показани осцилограми на изходния сигнал (горе) и на модулиращия синал (долу). В случая изходният сигнал е следствие на паразитната амплитудна мадулация и е практически хармоничен, което означава, че модулацианният процес е практически линеен.



Фиг. 1

На Фиг. 2 са представени идеализирани статични модулационни характеристики (СМХ), отговарящи на получените експериментални резултати.



Фиг. 2

Посредством δf и δU са обозначени промените в честотата и амплитудата на трептенията, а с δS – промените на чувствителността.

Ако се приеме, че модулацията е линейна, може да се направи нагледен анализ на работата на системата. Така, ако в качеството на модулиращ сигнал се използва синусоида със честота $\Omega_{\text{М}}$ то съгласно Фиг.2 може да се запише :

- честотата на генерираните трептения ще се изменя по закона

(1) $\omega = \omega_0 + \Delta\omega \, sin\, \Omega_{\text{М}}\, t$

като ω_0 е честотата при $E_y = E_{y0}$, а $\Delta\omega$ е дивиация ;

- амплитудата на генерираните (опорните) трептения ще се изменя по закона

(2) $U_{\text{ОП}} = U_{\text{ОПО}}\, (1 - m_U\, sin\, \Omega_{\text{М}}\, t)$

Допълнително се приема, че радиочестотната чувствителност се изменя по закона :

(3) $S = S_0\, (1 - m_S\, sin\, \Omega_{\text{М}}\, t)$

като $U_{\text{ОПО}}$ и S_0 са амплитуда и чувствителност при $E_y = E_{y0}$, а m_U и m_S са коефициенти на паразитната модулация по опорно напрежение и по чувствителност.

Когато е налице отразен сигнал с амплитуда $U_{\text{С}}$ **,** изходният сигнал се получава от смесването на опорния и приетия отразен сигнал :

(4) $$U_{\text{ИЗХСМ}}(t) = \beta(t)\, S_0\, U_{\text{ОПО}}\, U_{\text{СО}}\, (1 - m_S \sin \Omega_{\text{М}}\, t\,) \,.\, (1 - m_U \sin \Omega_{\text{М}}\, t\,).$$
$$[1 - m_U \sin \Omega_{\text{М}}\, (t - \tau)]\,.\, \sin[\omega_0 t + \frac{\Delta\omega}{\Omega_{\text{М}}} \sin \Omega_M\, t]\,.\, \sin[\omega_0 (t - \tau) + \frac{\Delta\omega}{\Omega_{\text{М}}} \sin \Omega_M\, (t - \tau)]$$

Тук:

$\beta(t)$ – обобщена величина, свързана с параметрите на антената, ъгълът на падане, отражателните свойства на грунда и разстоянието до целта. С течение на времето $\beta(t)$ се променя обратно пропорционално на разстоянието до целта ,

$U_{\text{СО}}$ – приведена амплитуда на отразения сигнал при $E_y = E_{y0}$,

$S_{\text{О}}$ – чувствителност при $E_y = E_{y0}$,

$\tau = \frac{2r}{c}$ – време на закъснение на отразения сигнал ,

r – разстояние до целта ,

c – скорост на светлината.

Тъй като $\tau \ll T_M = \frac{2\pi r^2}{\Omega_M}$, за $m_U \ll 1$ може от (4) да се получи следният опростен израз:

(5) $$\frac{U_{\text{ИЗХСМ}}(t)}{\beta(t) S_0 U_{\text{ОПО}} U_{\text{СО}}} \approx [1 - (2m_U + m_S) \sin \Omega_M\, t].\, a(t)$$

Съответно

(6) $$a(t) = \sin[\omega_0 t + \frac{\Delta\omega}{\Omega_{\text{М}}} \sin \Omega_M\, t]\,.\, \sin[\omega_0 (t - \tau) + \frac{\Delta\omega}{\Omega_{\text{М}}} \sin \Omega_M\, (t - \tau)]$$

По такъв начин се оказва, че в случая полезният сигнал има две основни съставни :

(7) $$U_{\text{ИЗХСМ}}(t) \approx \beta(t)\, S_0\, U_{\text{ОПО}}\, U_{\text{СО}}[a(t) + b(t)],$$

като $b(t) = -[(2m_U + m_S) \sin \Omega_M\, t]$.

Първата съставна отразява работата на автодина без ПАМ, а втората дава представа за влиянието на ПАМ върху спектъра на сигнала.

Спектърът на $a(t)$ е известен от [2] и при изменение на разстоянието до целта със скорост v се представя с израза :

(8) $$a(t) = J_0(x)\, cos(\Omega_{\text{Д}} t - \omega_0\, \tau_0) -$$
$$-J_1(x)\,\{sin[(\Omega_{\text{М}} - \Omega_{\text{Д}})\, t + \omega_0 \tau_0] - sin[(\Omega_{\text{М}} + \Omega_{\text{Д}})\, t - \omega_0 \tau_0]\} +$$
$$+ J_2(x)\,\{cos[(2\Omega_{\text{М}} - \Omega_{\text{Д}})\, t + \omega_0 \tau_0] + cos[(2\Omega_{\text{М}} + \Omega_{\text{Д}})\, t - \omega_0 \tau_0]\} -$$
$$-J_3(x)\,\{cos[(3\Omega_{\text{М}} - \Omega_{\text{Д}})\, t + \omega_0 \tau_0] + cos[(3\Omega_{\text{М}} + \Omega_{\text{Д}})\, t - \omega_0 \tau_0]\} \ldots.$$

Съответно :

$x = \frac{2\Delta\omega}{\Omega_{\text{М}}}\, .\, sin \frac{\Omega_{\text{М}}.\tau}{2} \approx \Delta\omega\tau,$

$r = r_0 - \upsilon t,$

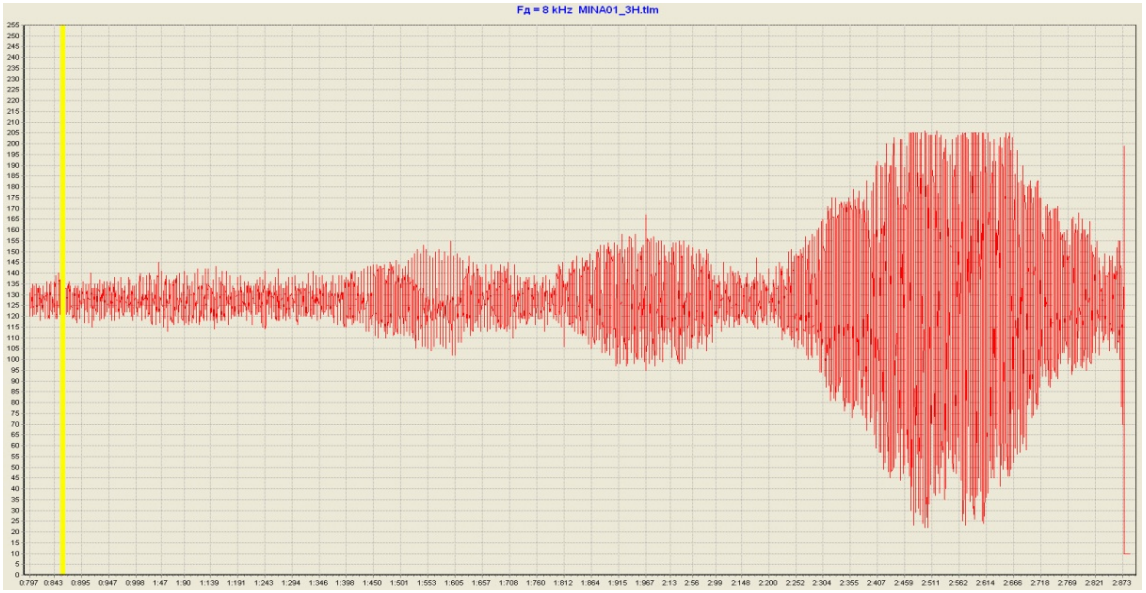
$\tau = \frac{2r_0}{c} - \frac{2\upsilon t}{c} = \tau_0 - \frac{2\upsilon t}{c}$,

J_0 , J_1 , J_2 , J_3 ……. J_n – функции на Бесел от първи род с аргумент χ ,

$\Omega_{\text{Д}} = \frac{2\omega_0 \upsilon}{c}$ – Доплерова честота .

Спектърът на $b((t)$ има сложен състав, но в общи линии съвпада със спектъра на $a(t)$, като изходният сигнал допълнително е модулиран по амплитуда с честота $\Omega_{\text{М}}$. Съгласно (4), ако паразитната модулация е по-силна, ще се появи допълнителна паразитна компонента с честота $2\Omega_{\text{М}}$, т.к. $\sin \Omega_{\text{М}} t.\, \sin \Omega_{\text{М}} t. = 1 - \frac{1}{2} cos\, 2\, \Omega_{\text{М}} t.$ Затова не е желателно да се използва втора хармонична .

С помощта на дрон и цифрово записващо устройство бе проверена зависимостта на третата хармонична на изходния сигнал на автодина от разстоянието до целта (височината). На Фиг.2 е представен запис на сигнала в реални условия.



Фиг. 3

При експеримента модулацията се извършваше с девиация $\Delta f = 10\,MHz$, което отговаря на т.н. "дължина на модулационната вълна" $\lambda_{\text{М}} = \frac{c}{\Delta f} = 30\,m$. От записа се вижда, че промяната на амплитудата на изходния сигнал добре отговаря на теоритичните зависимости (т.е. – на функциите на Бесел) и не се наблюдава значително вредно влияние на ПАМ . Неабходимо е да се подчертае, че получените добри резултати са следствие на използването на синусоидален модулиращ сигнал и практическа линейност на СМХ.

От направените до тук разсъждения може да се стигне до следните по-важни **изводи и препоръки**:

1. В спектъра на изходния сигнал присъства много силна паразитна компонента с модулационната честота $\Omega_{\text{М}}$, което налага вземане на сериозни мерки за нейното филтриране преди входа на усилвателя на полезния сигнал. В противен случай усилвателят може да навлезе в нелинеен режим и да започне да генерира изключително вредни хармонични.

2. За честоти $n\Omega_{\text{М}}$, където $n = 2\,,3\,,\ldots$ допълнително се появяват паразитни компоненти, които са пренесени от спектъра на управляващия сигнал или са следствие на нелинейни процеси в автодина. Тези компоненти са особено вредни, т.к. директно внасят шум от източника на управляващия сигнал, а при голяма собствена амплитуда могат да подавят полезния сигнал**.** Налага се използването на модулиращ източник с минимално ниво на хармоничните и нисък собствен шум, а автодинът да има максимално близки до линейните модулационни характеристики.

3. За най-добри резултати обработката на сигнала трябва да е цифрова, като се търси и открива стръмният участък на основния лист. Така ще се постигне по-добра стабилност на височината на задействане на системата в условията на променящи се отражателни свойства на земната повърхност [4]**.**

Литература:

1.Зернов, Н. В., Карпов В. Г. Теория радиотехнических цепей Л. "Енергия" 1972.
2. Коган, И. М. Ближняя радиолокация (теоритические основы) . М. „Сов. радио". 1973.
3. Смольский, С. М. Некоторые вопросы теории и расчета частотно-модурованных автодинных систем ближней радиолокации. Доклад ЦИНТИ.
4. Трендафилов, П., С. Танев, П. Генов. "Метод за стабилизиране на височината на разривите при радиовзривателите" Юбилейна хаучна конференция "100 години авиационно образование в България" 9-10 октомври . Д. Митрополия 2014.

S E S 2 0 1 6
Twelfth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
2– 4 November 2016, Sofia, Bulgaria

АЛГОРИТЪМ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ПЕРСОНАЛНИТЕ АНАТОМИЧНИ КОЕФИЦИЕНТИ В СИСТЕМА ЗА НЕПРЕКЪСНАТО СЛЕДЕНЕ НА СЪСТОЛНОТО И ДИАСТОЛНО НАЛЯГАНЕ ПО МЕТОДА НА PULSE TRANSIT TIME

Христо Христов

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: hr.hristoff@gmail.com

Ключови дум: *Non invasive blood pressure measurement, Pulse transit time method, Blood pressure monitoring*

Abstract: *Arterial blood pressure is one of the most important vital parameters of a warm-blooded organisms, whom is connected directly to their existence. In the present work shown the realization of a device and algorithms for signal processing in determining personal anatomical factors for measuring AKN a method of PTT.*

Артериалното кръвно налягане (АКН) е един от най-важните жизнени параметри на топлокръвните организми, свързан пряко с тяхното съществуване. Това важи в пълна степен и за човека. АКН е налягането, което оказва кръвта върху стените на артериите. Измерват се два типа налягане – систолно (SP) по време на съкращаване на камерите на сърдечния мускул, и диастолно (DP) постоянно налягане в кръвоносната система по време на релаксация на сърдечния мускул. Нормалните средно статистически стойности са: 110 до 120 mm Hg за SP, и 70 до 80 mm Hg за DP.

В зависимост от използвания метод, АКН се измерва по инвазивен или неинвазивен път. Инвазивният е по-точен, но се използва предимно в случаи на оперативна интервенция. Този метод е неприложим в ежедневната практика поради редица причини, като напр. присъствие на високо квалифициран специалист, стерилна среда или измервателни модули, вградени най-често в скъпи операционни монитори. По-широко приложение в практиката намират неинвазивните методи. Някои от тях датират от преди повече от 3000 г. Такова е измерването на АКН чрез „палпиране" (напипване на пулса с пръсти), като в зависимост от сърдечната честота и „отчетливостта на пулсациите" в Китай и други източни страни могат да бъдат определени от 3 до 7 нива на кръвното налягане. Векове по-късно, след откриването на стетоскопа, руският лекар Коротков прилага прост и сравнително точен метод, който и към настоящия момент е един от най–използваните. С развитие на технологиите се създават и редица други неинвазивни методи (фиг. 1.1), притежаващи както предимства, така и недостатъци. Освен подходът на Коротков, по-известни са тонометричният, ултразвуковият, осцилометричният и времевият метод Pulse Transit Time (PTT).

Всеки един от изброените по-горе методи имат, както предимства така и множество недостатъци, оказващи съществено влияние върху качеството и достоверността на направените измервания. От всички посочени методи времевият метод известен още като пулсометричен притежава най-добро отношение предимства/недостатъци в полза на предимствата, като измерване на систолното и диастолното АКН при всяко съкращение на сърцето, не се влияе от акустични шумове, устойчиво измерване при движение, възможност за продължително наблюдение, не стресира пациента, влиянието на субективния фактор е практически сведен до нула, не се използва маншет и много др.

Измерването на АКН по метода на пулсометрията (PTT) се основава на закъснението на пулсовата вълна спрямо QRS комплекса, регистрирано най-често с фотоплетизмограф. Подходът се прилага в предварително избрана периферна точка от тялото на субекта ***M*** и позволява относително просто, достоверно и непрекъснато (при всеки сърдечен цикъл) измерване на АКН за неограничен период от време. При нарастване на систолното налягане

времето за разпространяване на пулсовата вълна ***T*** регистрирана в ***M*** намалява и обратно при по-ниско налягане се увеличава.

Създаването на уред, работещ по описания по-горе времеви метод, изисква разработване на измервателен комплекс за еднократно определяне на персоналните коефициенти ***a, b, c*** както и образа на доминантния нормален QRS комплекс на изследвания индивид.

Комплексът се състои от модул за определяне на индивидуалните коефициенти на изследваното лице, включващ два аналогови канала за регистриране ЕКГ и ПВ, микроконтролер и уред за измерване на АКН по осцилометричен метод, както и модул за измерване на закъснението на пулсовата вълна T_p спрямо регистрирания максимум на QRS комплекса.

Изчислените стойности за систолното и диастолното налягане могат да бъдат показвани на графика в реално време или записвани върху информационен носител, с възможност върху тях да се прилагат различни допълнителни вторични обработки.

В настоящата работа е разгледан алгоритъмът за измерване на референтните стойности на АКН необходими за измерване на персоналните анатомични коефициенти. По същество модулът за измерване на АКН не се различава от съществуващите устройства за измерване на АКН с изключение на това че измерването се прави в процеса на напомпване на маншета с въздух а с получените закъснения от регистратора на РТТ автоматично се изчисляват коефицентите *a*, *b, c.*

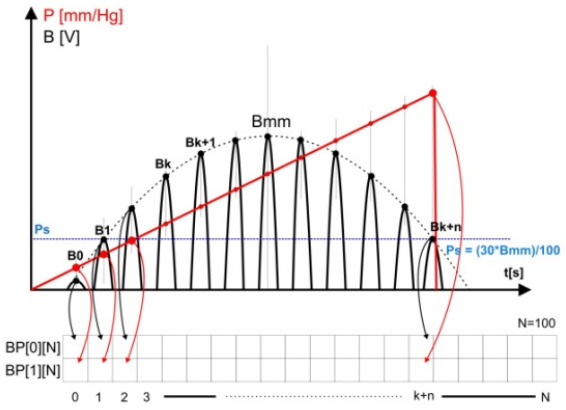
Целта на настоящата работа е да покаже реализирането на прибор и алгоритмите за обработка на сигнала при определяне на персоналните коефициенти за измерване АКН по метода на РТТ.

Процесът на измерване се състои от четири основни фази:

- Повишаване на налягането в маншета, регистриране на пулсовата крива и максималната пулсация P_{mm} определяне на момента на преустановяване на измерването.
- Анализ на пулсовата крива и корекция на шумове и артефакти.
- Определяне на АКН.
- Изчисляване на персоналните коефициенти.

Измерването на АКН се осъществява посредством осцилометричен метод. Известни са два начина за измерване, измерване на АКН след спиране на кръвотока с контролируемо изпускане на налягането от маншета и измерване в процеса на контролируемо повишаване на налягането в маншета до спиране на кръвотока. Вторият начин е по-добър, поради факта че не се налага контрол на изпускането на въздух от маншета, времето за измерване е по-кратко, горната гранична стойност на налягането се определя точно независимо от текущото състояние на състолното налягане.

Алгоритъмът на работа е показан на фиг.1.1. В процеса на повишаване на налягането в маншета показано с червна линия се регистрират максималните стойности на пулсациите предизвикани от турболенциите на кръвния поток преминаващ през стеснените от маншета артерии. При всеки регистриран локален максимум на пулсова вълна се записва стойността на налягането в маншета. Данните се съхраняват в двумерния масив акумулатор ***BP[2][100]***. В първия ред се съхраняват максималните стойности на регистрираните пулсови вълни B_0 до B_n а във втория моментната стойност на налягането в маншета за всяка една пулсация. В процеса на регистриране и запис на B_k се определя и B_{mm} (пулсацията с най-голяма амплитуда асоциирана с налягането в машета известно като средно кръвно налягане) След определяне на B_{mm} алгоритъмът следи амплитудите на пулсациите, които непрекъснато намаляват поради повишаване на налягането в маншета и затваряне на лумена на артериите в зоната на измерването. При достигане на амплитуда B_{k+n} по-малка от 30% от B_{mm} повишаването на налягането се преустановява вентилът се отваря и налягането в маншета става равно на нула.

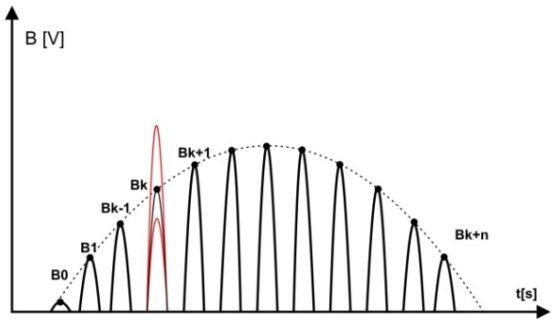


Фиг. 1.1. Алгоритъм за регистриране на пулсовата крива

След като стойностите на максимумите на регистрираните пулсации и асоциирането с тях налягане е записано, алгоритъмът преминава към анализ на пулсовата крива. В реални условия, често се случва амплитудата да не нараства/намалява плавно (в зависимост от това дали налягането в маншета е по-малко или по-голямо от P_{mm}) Причина за това могат да бъдат камерни екстрасистоли характеризиращи се с генерирането на голяма амплитуда, както и артефакти вследствие движение по време на измерването. Наличността на пусации с амплитуди нарушаващи камбанообразния характер на обвиващата крива на регистрираната пулсова вълна могат да опорочат измерването и доведат до грешни резултати. На фиг.1.2 е показано с червен цвят подобно смущение, което съществено нарушава обвиващата осцилометричн крива.
Анализът се извършва последователно за всички регистрирани стойности от масива ***BP[0][k+n]*** . Ако

(1.1) $$B_k \le B_{k-1} \quad \cdots \rangle \quad B_k = \frac{B_{k-1} + B_{k+1}}{2}$$

(1.2) $$B_k \ge B_{k+1} \quad \cdots \rangle \quad B_k = \frac{B_{k-1} + B_{k+1}}{2}$$



Фиг. 1.2. Отстраняване на артефакти и смущения

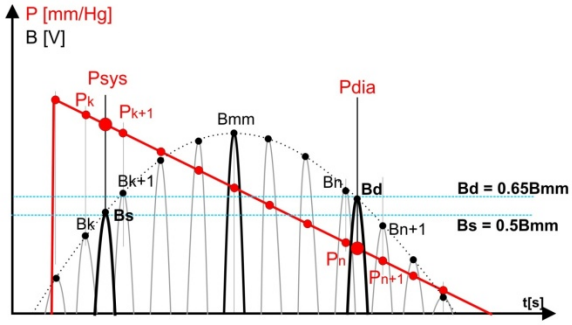
След проверка и корегиране на амплитудите на пулсовата крива се пристъпва към определяне стойностите на систолното и диастолното налягания. За систолно налягане се взема налягането отговарящо на пулсация в маншета с амплитуда

(1.3) $$0.5B_{mm} \quad \cdots \rangle \quad P_{sys} > P_{mm}$$

а за диастолно налягането асоциирано с пулсация

(1.4) $$0.65B_{mm} \quad \cdots \rangle \quad P_{dia} < P_{mm}.$$

Обикновено масивът ***BP[][]*** не съдържа амплитуди с търсените стойности. Приемането на възможно най-близката до тях отговарящи на условие 1.3 за систолното и 1.4 за диастонолното налягане би довело до съществени грешки. Поради тази причина се налага интерполация за определяне както на търсената за съответното налягане амплитуда, така и за асоциираното с нея налягане. За опростяване на задачта допускаме, че между две съседни пулсации от осцилометричната крива амплитудата се изменя по линеен закон. Ако търсената амплитуда B_s попада между стойностите на амплитудите B_k и B_{k+1} (фиг.1.3) т.е.



Фиг. 1.3. Определяне на систолното и диастолно АКН

(1.5) $$B_k < B_s < B_{k+1}$$

се приема стъпка на интерполация

(1.6) $$Bs_{step} = \frac{B_{k+1} - B_k}{100}$$

Броя на стъпките k_s до достигане на желаната амплитуда B_s се определя от зависимостта:

(1.7) $$k_s = \frac{0.5B_{mm} - B_k}{Bs_{step}}$$

Асоциираното налягане за амплитуда на пулсовата вълна B_s определяме посредством (1.7) и интерполация на налягането по подобие на 1.6.

(1.8) $$Ps_{step} = \frac{P_k - P_{k+1}}{100}$$

Систолното налягане се определя от зависимостта:

(1.9) $$P_{sys} = P_k - k_s Ps_{step}$$

По подобен начин определяме диастолното налягане като трябва да се вземе предвид факта, че амплитудите на пулса в участъка в дясно от B_{mm} намаляват в следствие на разширяването на артериалния лумен.

Тогава:

(1.10) $$B_n > B_d > B_{n+1}$$

Определя се стъпката на интерполация

(1.11) $$Bd_{step} = \frac{B_n - B_{n+1}}{100}$$

Броя на стъпките k_d до достигане на желаната амплитуда B_d се определя от зависимостта:

(1.12) $$k_d = \frac{0.65B_{mm} - B_{n+1}}{Bd_{step}}$$

Асоциираното налягане за амплитуда на пулсовата вълна B_d se определя посредством (1.12) и интерполация на налягането по подобие на 1.11.

(1.13) $$Pd_{step} = \frac{P_n - P_{n+1}}{100}$$

Диастолното налягане се определя от зависимостта:

(1.14) $$P_{dia} = P_n - k_d Pd_{step}$$

Известни са зависимостите за определяне на персоналните коефиценти ***a, b, c*** позволяващи определянето на систолното и диастолно АКН [1], като функции на времето за разпространение

на пулсовата вълна регистрирана в предварително зададена периферна точка от човешкото тяло.
Определянето на систолното налягане се осъществява с помощта на коефицентите ***a*** и ***b*** системата уравнения (1.15)

$$(1.15)\quad \begin{vmatrix} P_1 = aT_{p1} + b \\ P_2 = aT_{p2} + b \end{vmatrix}$$

За решаване на системата и определяне на коефицентите ***a*** и ***b*** са необходими две измервания с гарантирано различаващи се систолни налягания съответно P_1 и P_2 както и асоциираните с тях времена за разпространение на пулсовата вълна . съответно T_{p1} и T_{p2}. Това условие лесно се постига като се направи едно измерване на АКН на субекта в състояние на покой и имитация на изкачване на 20 стъпала (степ тест качване и слизане от имитация на стъпало със височина 30 см). Времето за разпространение на пулсовата вълна се определя от модул за регистриране на T_P. Измерването на АКН по метода на PTT се извършва в модула регистращ времето на закъснение T_P. Измерените референтни стойности за АКН постъпват по радио линия в модула регистриращ T_P.
Систолното налягане се определя посредством израза (1.16)

$$(1.16)\quad P_{sys} = aT_p + b$$

Диастолният коефицент ***c*** се определя зависимостта (1.17)

$$(1.17)\quad c = (P_{sys} - P_{dia})T_p$$

Където P_{sys} и P_{dia} се определят от (1.9 и 1.14)
Диастолното налягане се определя посредством (1.16 и 1.17) от израза:

$$(1.18)\quad P_{dia} = (P_{sys} - \frac{c}{T_p})$$

Изводи: Описаният метод за измерване на АКН по метода PTT позволява надеждно и точно измерване на АКН. Медодът притежава съществени преимущества пред използваните до момента известни неинвазивни методи за измерване на АКН. При направените референтни измервания по метода на Коротков (със стетоскоп и сфигномanометър) както и с апарат TRANSTEK работещ на принципа на осцилометричния метод бяха постигнати отклонения в измерванията +5/-4 mmHg за систолното и +2/-7 mmHg за диастолното налягания. Описаният алгоритъм е внедрен в медицински център Оксилайф София.

Литература:

1. Танев, С, Трендафилов П., Генов П., Танева Л. (2009): 'Неинвазивен времеви метод за измерване на артериално кръвно налягане при всеки сърдечен цикъл', Пета научна конференция с международно участие "Космос, екология, нанотехнология, сигурност SENS 2009", 2-4 ноември, София, стр. 87-90.
2. Tanev, S., Trendafilov P., Genov P., Taneva L. (2009) : 'Fast algorithm for detection of normal and pathological events in long period electrocardiogram recordings', Aerospace Research in Bulgaria, Sofia, **23**, pp. 131-138.
3. Tanev, S. (2012): 'Ventricular beat detection and classification in long term ECG recordings', Int J Bioautomation, **16** (4), pp. 273-290.
4. Gesche, H., Grosskurth D, Kuehler G, Patzak A (2011): 'Continuous blood measurement by using the pulse transit time: comparison to a cuff-based method', *Eur J Appl Physiol*, **112** (1), pp. 309-315. doi: 10.1007/s00421-011-1983
5. Gu-Young Jeong, Kee-Ho You, Nam-Gyun Kim (2005): 'Continuous blood pressure monitoring using pulse wave transit time', http://2005.iccas.org/submission/paper/upload/ICCAS2005_jgy.pdf
6. Haiying Zhou, Kun-Mean Hou, Decheng Zou (2009): 'Real-Time Automatic ECG Diagnosis Method Dedicated to Pervasive Cardiac Care', *Wireless Sensor Network*, **1**, pp. 276-283, doi:10.4236/wsn.2009.14034, http://www.scirp.org/journal/wsn

S E S 2 0 1 6
Twelfth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
2 – 4 November 2016, Sofia, Bulgaria

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ДВИЖЕНИЕТО НА АВТОМАТ – НАКЛОНИТЕЛ СИСТЕМА „HILLER–BELL“ В СРЕДА AUTODESK INVENTOR

Константин Методиев

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

Ключови думи: *Autodesk Inventor, автомат – наклонител*

Резюме: *Цел: Изучаване на движението на автомат – наклонител система „Hiller – Bell“ от радиоуправляем модел на хеликоптер.*
Метод: Създаване на триизмерен модел на ротора на хеликоптера е развойна среда Autodesk Inventor v.2016. Изследване на траекторията на различни точки от механизма чрез модул Dynamic Simulation.
Резултати: Симулация на движението на ротора. Определяне на интервала на изменение на стъпката на лопатите на винта.

STUDY OF HILLER–BELL ROTOR MOTION IN AUTODESK INVENTOR IDE

Konstantin Metodiev

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

Keywords: *Autodesk Inventor, swashplate*

Abstract: *Objective: Studying Hiller – Bell rotor motion of a remotely controlled helicopter.*
Method: A three dimensional model development of the helicopter rotor in Autodesk Inventor integrated development environment v.2016. Studying path of distinct mechanism points by means of the Dynamic Simulation module.
Results: Rotor motion simulation. Determination of pitch angle scope of rotor main blades.

Въведение

Продуктът Autodesk Inventor®, разработван от американската компания Autodesk Inc., е развойна среда по машиностроене. Той се състои от модули, позволяващи изследването на възли и детайли от машини на различни етапи от тяхното проектиране. Така например е възможно да се определят напрежения и деформации в детайли и сглобени единици по метода на крайните елементи, да се изследват фермени конструкции, да се проектира инструментална екипировка, окабеляване, детайли от листов материал, тръбопроводи и др. Продуктът разполага с голяма база данни от стандартизирани машинни елементи. Възможно е да се зададе материал на всеки детайл и по такъв начин да се определят неговите масови характеристики точно. Предлагат се модули за проектиране на различни видове предавки.

Модулът Dynamic Simulation позволява да се изследва динамиката на движение на детайлите от изследваната машина. Посредством задаване на стойности на сили, скорости и ускорения, като гранични условия, механизмът се привежда в движение. Изучаването на движението на елементи от механизма позволява да се оптимизира неговата конфигурация преди производството на първия прототип.

В настоящото изследване е моделирано движението на автомат – наклонител система Hiller – Bell на мащабен модел на хеликоптер, изпълнен по схема с опашен винт, фиг. 1. Целта на изследването е експериментално да се установи диапазона от ъгли на атака на лопатите на

носещия винт. Задачата е симулация на движението на ротора за различни стойности на цикличната и обща стъпка, респ. положение в пространството на подвижната тарелка.



Фиг. 1. Общ вид на хеликоптера в среда Autodesk Inventor

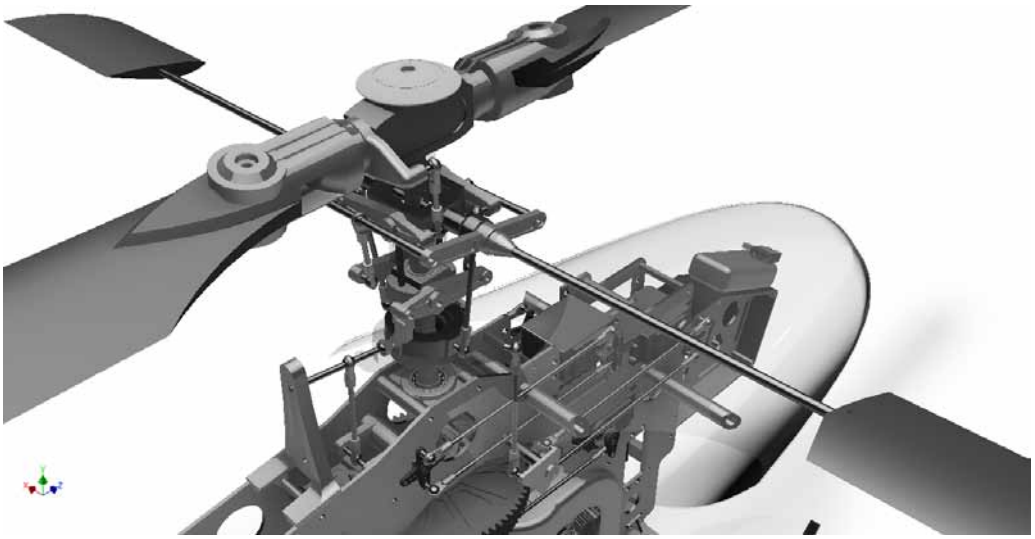
Теория

В авиомоделизма са разпространени три основни схеми на автомат – наклонител за модели на хеликоптери: Bell, Hiller и хибридна, [1]. В система Bell автомат – наклонителят е свързан директно с лопатите на ротора, броят на които в повечето случаи е два. Предимство на тази схема е бързата реакция на машината при изменение на цикличната стъпка. Системата за управление контролира директно стъпката на лопатите на носещия винт и затова хеликоптерът реагира бързо на управляващи команди. Недостатък на схемата е малката устойчивост на хеликоптера при косо обтичане в хоризонтален полет. В този случай натоварването на винта е асиметрично, защото настъпващата лопата генерира най-голяма подемна сила, а отстъпващата – най-малка. Образува се силен накланящ момент от страничното изместване на вектора на теглителната сила. Освен това свързващите щанги са допълнително натоварени, поради директната им връзка с тежките лопати на ротора. Това налага използването на серво машинки с голям въртящ момент. Първите варианти на схема Bell използват стабилизиращ лост, който е монтиран перпендикулярно на осите на лопатите и има тежести в двата си края. Ролята на този лост е управляващ жироскоп, [2]. Това осигурява устойчивост на хеликоптера, като в случай на случайни колебания на планера жироскопът прецесира и променя стъпката на лопатата в нужния азимут чрез диференциална люлка. По настоящем малко хеликоптери използват класическа схема Bell на ротора, поради изброените недостатъци (Bell UH-1H).

Схемата Hiller допринася за по-добра устойчивост на хеликоптера. Автомат – наклонителят не управлява директно стъпката на лопатите. Вместо това механизмът променя цикличната стъпка на малки серволопати, свързани със стабилизиращ лост, монтиран от своя страна перпендикулярно на осите на лопатите с хоризонтален шарнир. Колебанието на лоста променя цикличната стъпка и маховото движение на лопатите на носещия винт в зависимост от азимута. Схемата има две основни предимства. Серво машинките са малко натоварени поради това, че те управляват директно стъпката на серволопатите на стабилизиращия лост. Серволопатите от своя страна имат жироскопични свойства като маси по краищата на въртящия се лост. Недостатък на схемата е закъснение при изпълнение на команда. За да се измени стъпката на лопата е необходимо първо да се промени стъпката на серволопатата, което отнема време. По настоящем два популярни хеликоптера използват ротор схема Hiller: Piccolo ECO/Fun и GWS Dragonfly.

Схемата Hiller – Bell е хибрид на гореизброените. Тази схема представлява смесител на наклона на стабилизиращия лост и наклона на подвижната тарелка в автомат – наклонителя. Стъпката на серволопатите на стабилизиращия лост се управлява от щанги, свързани с тарелката, аналогично на схема Hiller. Съществуват обаче и щанги, които изменят стъпката на лопатите на винта директно в зависимост от ъгъла на подвижната тарелка, подобно на схема Bell. Така стъпката на лопатите (респ. маховото движение) се управлява от два входни сигнала

– наклона на стабилизиращия лост и наклона на подвижната тарелка, които се смесват механично. Когато тарелката се наклони от серво машинките, пряката връзка между нея и лопатите на винта предизвиква незабавно изменение на стъпката на последните. Стъпката на серволопатите на стабилизиращия лост също се управлява от тарелката чрез двузвенник и диференциална люлка. Това от своя страна води до наклон на стабилизиращия лост, фиг. 2, а от там и на изменение на стъпката на носещите лопати в зависимост от азимута. Схемата има следните предимства. Необходими са сравнително по-слаби серво машинки за управление на тарелката. Схемата е по-стабилна от тази на Bell. Цикличната стъпка се изменя по-бързо от тази при схемата на Hiller, поради наличието също и на пряка връзка между лопатите на винта и тарелката. Недостатъците на схемата включват по-бавно изменение на цикличната стъпка от тази при схемата на Bell, както и сложна механична конструкция. По настоящем три популярни хеликоптера използват схемата на Hiller – Bell в ротора. Това са Hensleit 3DNT, Hensleit 3DMP и Century Hummingbird Elite CP. Подробни сведения за работата на различните схеми на ротори за носещия винт са дадени в [3].



Фиг. 2. Автомат – наклонител схема Hiller – Bell

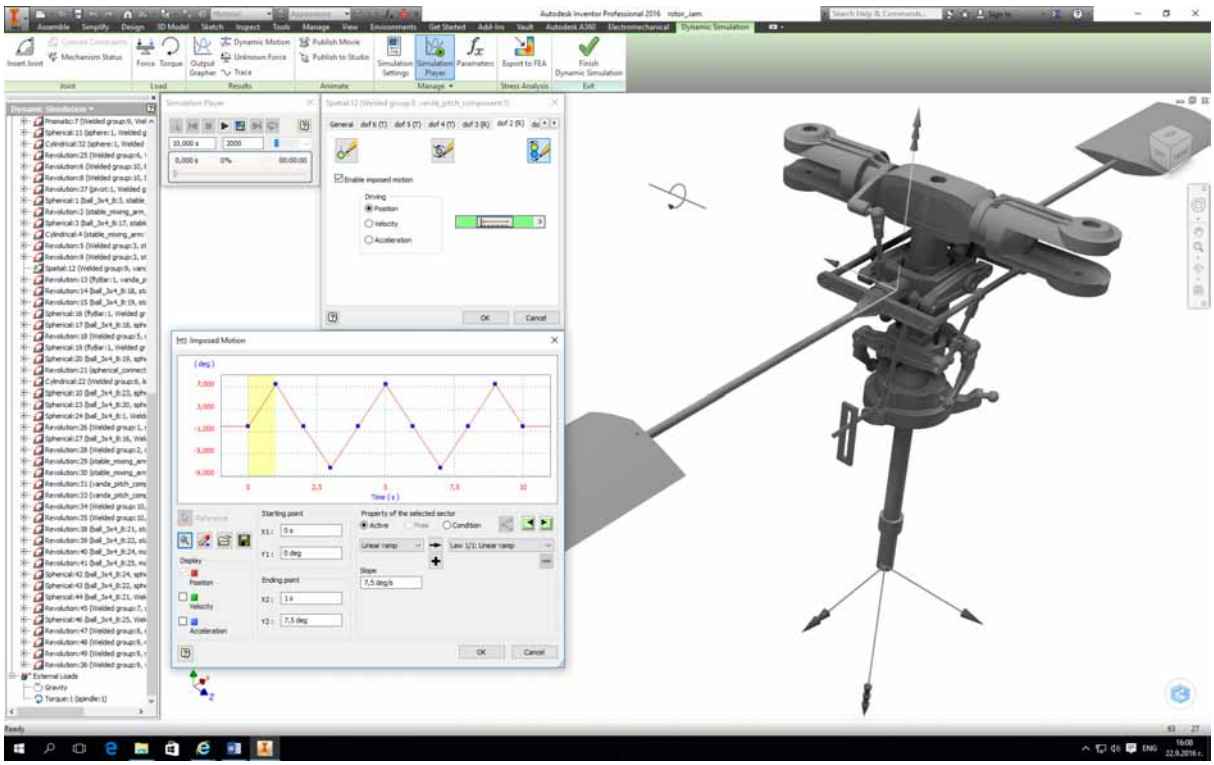
Методология

Моделирането на отделните детайли на хеликоптера не е предмет на настоящия доклад. Читателят може да направи справка в помощното меню на продукта за основните похвати за създаване на скици и прилагането към тях на инструментите за тримерно моделиране. За доклада е достатъчно само да се спомене, че общият брой на детайлите е приблизително 150.

Основните механизми на хеликоптера, а именно опашка, носещ винт и двигател, са сглобени в отделни файлове и в последствие добавени в общата сглобка с активирана опция от контекстното меню Flexible в Model Browser. Този похват на работа дава допълнително удобство при сглобяването на модела.

Особеност на проведената симулация е ограничената възможност да се моделира точно маховото движение на балансиращия лост. Причината е неизвестната аеродинамична сила, действаща на серволопатите на лоста при изменение на тяхната циклична стъпка. Възможно е обаче маховото движение на лоста да се въведе предварително в симулацията с известно приближение. За целта в модула Dynamic Simulation се добавя нова става от тип Spatial. В контекстното меню Properties се редактира една от трите степени на свобода, представляващи ротационното движение на лоста спрямо шпиндела. Добавя се т.нар. Imposed Motion, като в графичния редактор се задава закона за изменение на съответния ъгъл. Примерен диалог е показан на фиг. 3. Повече подробности за реализацията на описаната техника са посочени в статия [4].

За определяне на закона за движение на стабилизиращия лост, за един оборот на винта, се използва приблизителна методика за пресмятане на външните моменти, действащи на механичната система. От тези моменти с най-голямо влияние е аеродинамичният, който се образува при обтичането на серволопатите на различни стъпки. Маховото движение на стабилизиращия лост зависи от двоица сили, действаща едновременно на двете серволопати.



Фиг. 3. Диалогът Imposed Motion за задаване на маховото движение на стабилизиращия лост

За пресматяне на аеродинамичната сила, действаща на серволопатата се допуска, че тя е тънка пластина. От теоретичната аеродинамика е известна картината на обтичане на пластината след конформна трансформация на единична централна окръжност по Жуковски. Големината на силата, действаща на пластина с единична дължина, се определя съгласно израза, [5]:

(1) $$P = 2\pi a \rho v_{\infty} \sin\alpha$$

където 2a е дължината на хордата на профила на серволопатата, m; ρ е плътността на въздуха, kg/m^3; v∞ и α са респ. скоростта, m/s, на несмутения поток и стъпката, rad, на серволопатата. За да се получи аеродинамичният момент, формула (1) се умножава по дължината на серволопатата и разстоянието от центъра на налягане до оста на въртене на винта.

Аеродинамичната сила, действаща на серволопатата, зависи от стъпката α, а тя от своя страна – от цикличната стъпка, задавана с подвижната тарелка. Законът за изменение на цикличната стъпка може да се измери в средата на Autodesk Inventor и в последствие да се експортира в Excel. За тази цел е необходимо да се зададе постоянна ъглова скорост на въртене на винта чрез въвеждане на нова става Spatial между шпиндела и фиксиран неподвижен в модела елемент. Примерна траектория на точка от серволопатата за един оборот на винта е показана на фиг. 4.

За определяне на маховото движение на стабилизиращия лост се решава числено система уравнения на Ойлер, описваща движението в свързана координатна система на тяло с една неподвижна точка:

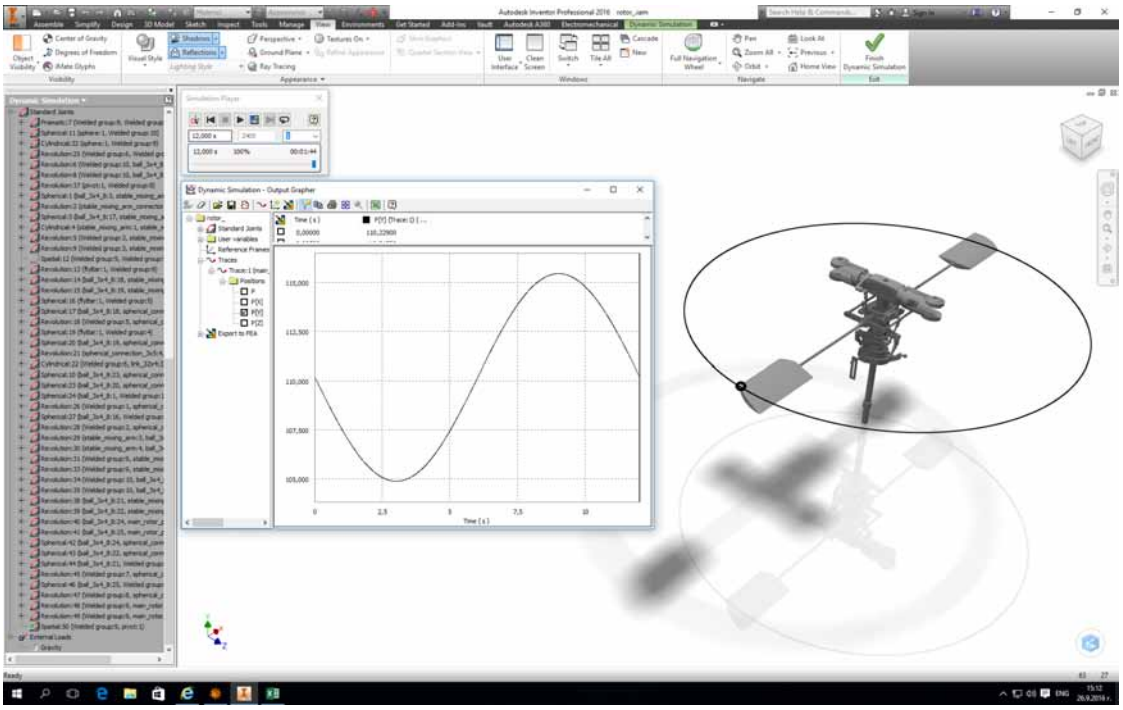
(2) $$I\dot{\boldsymbol{\omega}} + \dot{\boldsymbol{\omega}} \times \left(I\dot{\boldsymbol{\omega}}\right) = \boldsymbol{M}$$

където векторът $\boldsymbol{\omega} = ||\theta\ \varphi\ \psi||^T$ съдържа ъглите на отклонение на стабилизиращия лост, I е симетричен тензор, съдържащ осовите и центробежни инерционни моменти, а $\mathbf{M} = ||Mx\ My\ Mz||^T$ е векторът на външните за механичната система моменти. Система (2) е валидна ако свързаните оси са главни инерционни. Маховото движение на стабилизиращия лост се описва от второто уравнение в система (2). Координатната система е дясно ориентирана по осите на лоста и шпиндела. Векторният компонент Mz е приравнен на нула, тъй като ъгловата скорост на шпиндела не се изменя по условие. Това води до постоянен кинетичен момент на ротора и нулева компонента на външния момент по оста на носещия винт. Векторният компонент My се получава от аеродинамичния анализ на обтичането на серволопатата. Векторният компонент Mx е с малък порядък и се получава от въздействието на лостовата система при промяна на цикличната стъпка на серволопатата.

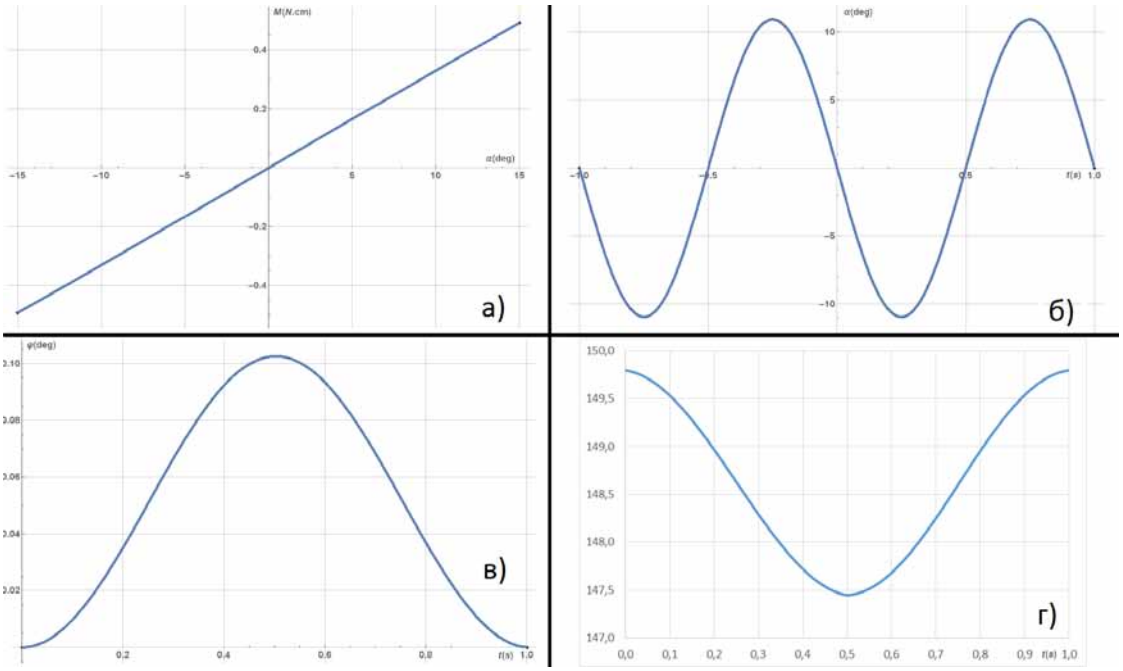
Резултати

За тестов случай бе избрана постоянна ъглова скорост на въртене на ротора от 60 rpm и ъгъл на подвижната тарелка от +7.5 deg при азимутален ъгъл на лопатата 0 deg (над опашката). При интегрирането на диференциалните уравнения е използван продуктът Wolfram Mathematica v. 10.4. Инерционните моменти на стабилизиращия лост се определят от контекстното меню на Model Browser iProperties/Physical.

Междинните резултати са показани на фиг. 5 както следва: а) аеродинамичен момент [N.cm] от една серволопата за различни стъпки [deg] и фиксирана периферна скорост; б) стъпка на серволопатата [deg] във времето [s] за един оборот по фиг. 4; в) махово движение [deg] на стабилизиращия лост за един оборот [s] (числено решение на второто уравнение на система (2); г) вертикално отклонение на атакуващия ръб [mm] на носещата лопата във времето [s].



Фиг. 4. Траектория на точка от стабилизиращия лост



Фиг. 5. Резултати

По данните от фиг. 5 г) се определя диапазонът, в който се изменя стъпката на лопатата на носещия винт: 7 deg.

Заключение

Резултатите от проведената симулация са точни ако се приеме, че детайлите на механизма са идеално твърди и не се деформират по време на движение. Еластичните деформации на отделните детайли и възли от конструкцията могат да се моделират при необходимост в модула Stress Analysis по метода на крайните елементи. Повечето детайли обаче не претърпяват деформации по време на въртенето на ротора. Изключение правят лопатите на носещия винт. Тяхното пространствено движение е сложно поради влиянието на аеродинамичните и масови сили. Продуктът Autodesk Inventor не предлага модул за решаване на куплираната задача за взаимодействие на флуид и твърдо тяло. Това ограничава възможностите за моделиране на маховото движение на лопатата. Друг недостатък от същия характер, както вече бе описано в изложението, е ограничената възможност да се моделира точно маховото движение на балансиращия лост.

Важно е да се направи уточнението, че полученият закон за движение на стабилизиращия лост е валиден само при нулеви стойности на ъглите на крена и тангажа за хеликоптера, т.е. при режим висене. Изобщо динамиката на движение на ротора е зависима от стойностите на Ойлеровите ъгли на летателния апарат. В случай на маневриране ъглите на елементите на ротора трябва да се трансформират в собствена свързана координатна система. Повече подробности за динамиката на ротора по време на маневриране на хеликоптера могат да се намерят в статия [6].

Въпреки посочените недостатъци, описаната симулация на движението на ротора има ред предимства. Възможно е например да се получат стойностите на траекторията, скоростта и ускорението на точки от детайли от механизма, които в реалността са трудно достъпни за наблюдение и измерване. Резултатите дават предварителна информация за нивото на правдоподобност и приложимост на механизма на етапа на неговото проектиране. С помощта на модула Contact Solver например може да се установи нежелан физически контакт между детайлите на механизма. Възможно е също детайлите да се сглобят с предписаните допуски и сглобки.

Движението на отделните възли от хеликоптера може да се наблюдава на адрес [7]. Моделът може да бъде изтеглен безплатно от адрес [8].

Литература:

1. http://www.swashplate.co.uk/ehbg-v16/ch23s03.html
2. Йорданов, Д., Летателни апарати. Системи за управление, стр. 200, библиотека на катедра „Въздушен транспорт“, ТУ-София, Мадара принт АД, 1999
3. Дмитриев, И. С., С. Ю. Есаулов, Системы управления одновинтовых вертолетов, стр. 45, 54, Машиностроение, Москва, 1975
4. https://knowledge.autodesk.com/support/inventor-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2015/ENU/Inventor-Help/files/GUID-8CA019EE-3E10-491C-BFFB-9EC353043C0E-htm.html
5. Валландер, С., Лекции по гидроаэромеханике, стр. 158, Издательство Ленинградского университета, Ленинград, 1978
6. Kim, S., D. Tilbury, Mathematical Modeling and Experimental Identification of an Unmanned Helicopter Robot with Flybar Dynamics, Journal of Robotic Systems, 21(3), 95-116, Wiley Periodicals, Inc., 2004
7. https://www.youtube.com/watch?v=NhkAIfBEqjg
8. https://grabcad.com/library/yet-another-rc-heli-1

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ИЗСЛЕДОВАТЕЛСКИ РАКЕТИ „БИО”

Христофор Скандалиев[1,3], Калин Крумов[1,2], Нели Сивева[1,2], Томислав Скандалиев[1,3]

[1]Клуб за аерокосмически технологии “Зодиак”– Кюстендил
[2]Химикотехнологичен и металургичен университет – София
[3]Школа по ракетомоделизъм при ОДК, Кюстендил
e-mail: fori2ivanov@yahoo.com; kalin_krumov@mail.bg

Ключови думи: *Експериментални изследователски ракети, аерокосмически технологии, биотехнологии, екология, „зелени” ракетни горива, любителски проекти*

Резюме: *Представени са последните резултати от проведените експериментални изследвания за създаване на ракетни прототипи, направени изцяло от биоразградими материали и композити. Дискутирани са някои аспекти, свързани с употребата на нови «зелени» горивни състави за тези ракети. Възможните приложения на предложените технологични решения са свързани със създаване на ново поколение екологично чисти ракети за гражданска употреба.*

EXPERIMENTAL SOUNDING ROCKETS “BIO”

Hristofor Skandaliev[1,3], Kalin Krumov[1,2], Neli Siveva[1,2], Tomislav Skandaliev[1,3]

[1]Club for aerospace technology “Zodiac” – Kyustendil
[2]University of Chemical Technology and Metallurgy – Sofia
[3]Study group of space modelling, ODK, Kyustendil
e-mail: fori2ivanov@yahoo.com; kalin_krumov@mail.bg

Keywords: *Experimental sounding rockets, aerospace technologies, biotechnologies, ecology, green rocket propellants, amateur projects*

Abstract: *The results of recent experimental studies on the establishment of rocket prototypes, built entirely from biodegradable materials and composites are presented. Certain aspects related to the use of new “green” propellant compositions for such rockets are discussed. The possible applications of the proposed technological solutions related to the creation of a new generation of environmentally friendly rockets for civilian use.*

Въведение

Дистанционните изследвания /ДИ/ на Земята и околоземното пространство са многостранен и многоцелеви начин за провеждане на наблюдения, измервания и мониторинг. Събира се информация за геофизични и метеорологични процеси и явления, природно и антропогенно замърсяване на околната среда, екологични бедствия и катастрофи, пожари и въздействия на някои фактори с космически произход. В практиката се използват основно околоземни орбитални космически апарати и станции, микроспътници, изследователски ракети, стратосферни балони, както и летателни апарати, движещи се в плътните слоеве на атмосферата – самолети, вертолети и безпилотни летателни апарати /БЛА/. [1,2,3]

Провеждането на ДИ става чрез национални, международни и глобални научни програми, а също и чрез регионални, частни и неправителствени проекти, изпълнявани от фирми, учебни заведения и други организации. Големите космически агенции като NASA и ESA имат стройни дългосрочни програми за обучение на студенти и ученици, и включването им в подготовката на технически средства и последващата експлоатация на такива системи за ДИ.

Такива са различните по същност академии и конкурси на NASA, програмите AREES, APL Intership, Astro Camp, DIME, First robotics, GSRP, Student Launch и много други. [3,4]

Европейската Космическа Агенция обръща огромно внимание към ангажирането на млади хора в своя проект за професионална ориентация и научна кариера в инженерни специалности, наречен ESERO. В него се предлагат атрактивни теми от сферата на аерокосмическите технологии, като база за обучение, практически занимания и конкурси за ученици и студенти. Други подобни научни програми са Can Sats, Mission X, REXUS/BEXUS, Cube Sats, Fly Your Thesis, Europen Student Earth Orbiter. [5]

В нашата страна съвременното виждане за провеждане на актуални ДИ е свързано с промяна на концепциите за събиране на научна информация в посока към използване за целта на високотехнологични микросателити и БЛА, вместо големи и скъпи спътници и специализирани самолети. Сравнително малката територия на България позволява провеждането на наблюдения и мониторинг с леки и евтини летателни апарати, летящи както в приземните плътни атмосферни слоеве, така и в суборбиталното пространство, или на ниска околоземна орбита. Примери за разработката на такива платформи са безпилотният летателен апарат „Ястреб" и проектът „Балкансат", изпълнявани от Институтът за Космически Изследвания и Технологи на БАН и Руската Академия на Науките. [3,6]

От десетилетия в световната практика за събиране на данни в горните слоеве на атмосферата, в диапазона от 20км до 200км надморска височина, са се наложили за употреба изследователски ракети от различен калибър, или така наречените Sounding Rockets. Те позволяват достигането на посочените височини в рамките само на няколко минути, на сравнително ниска цена и провеждането на неограничени по вид научни измервания и наблюдения. Посоченият височинен обхват на ракетите е недостижим нито за самолети, нито за балони, или пък за орбитални космически апарати, като това е основното им предимство пред много други средства за провеждане на ДИ. [7]

Същност на проекта „Биоракети"

Проект „Биоракети" е замислен и се осъществява като част от дългосрочна екологична програма на Клуба за аерокосмически технологии „ЗОДИАК" в Кюстендил, наречена „Зелени простори". В дейността на този клуб от години се експериментира с различни видове изследователски ракети, каквито в България не са били използвани досега и не е имало научни програми за подобни експерименти. През последните 10 години членовете на клуб „ЗОДИАК" са осъществили множество конструктивни и полетни проекти за оптимизация на дизайна, използваните материали, горивата и електрониката на ракетните модели. [8]

Актуална и все по-необходима тенденция в усъвършенстването на прототипите е те да бъдат проектирани и изпълнени като абсолютно безопасни и безвредни за хората, животните и околната среда при тяхната експлоатация. За целта конструкцията им трябва да е изпълнена от разградими в природна среда материали, а горивата им да са нетоксични при изгаряне. Проектът на клуба, наречен „Биоракети", или за кратко „БИО", има за задача да гарантира, че целият жизнен цикъл на тези изделия ще бъде природосъобразен, в симбиоза с всички компоненти на природните екосистеми. Той се изпълнява съвместно със студенти и преподаватели от ХТМУ-София, чийто ценен опит и смели новаторски идеи позволяват получаването на много добри резултати в изключително кратки срокове.





Основни направления в процеса на експериментите „БИО"

Работата по проект „БИО" може да се разглежда като съвкупност от дейности в следните основни три направления:

- разработване на иновативни разградими конструктивни материали и композити, на базата на природни продукти и отпадъчна биомаса
- получаване на работещи формули на твърди ракетни горива, използващи в състава си безвредни съставки и отделящи при изгарянето си само нетоксични продукти
- усъвършенстване и миниатюризация на бордовите компютърни и измервателни системи чрез влагане на модерни високотехнологични компоненти в тях

Задачата за създаване и внедряване в практиката на нови „зелени" конструктивни материали не е самоцел, а логично следствие и необходимост, продиктувана от световната тенденция към ограничаване използването на продукти, производни на петрола, както и такива, които не могат да се рециклират успешно. Към тази група на първо място може да се посочи многообразието от пластмаси и синтетични полимери, но също и някои модерни и широко използвани материали, като фибростъклени и въглеродни композити. Въпреки, че тяхното производство има много по-нисък въглероден отпечатък от този на металната индустрия и като цяло якостните им качества са отлични, техният основен недостатък е невъзможността да бъдат успешно рециклирани и да се разграждат в разумни срокове при попадане в природна среда. Погледите на множество изследователи са насочени към замяна на компонентите, влагани в пластмасите, синтетичните полимери и традиционните композити с такива, които са с натурален произход и не създават предпоставки за натрупване в отпадъчни депа, където да престоят десетки и стотици години преди да се разградят. [9]

Разбира се, при сегашното състояние на науката, новите природосъобразни материали са до голяма степен компромис по отношение на якостните и механичните си показатели, за сметка на бързата разградимост и способността им да бъдат рециклирани. Затова е целесъобразно тяхното създаване да бъде с конкретна насоченост, за точно определена област на приложение, която да определя специфични изисквания към тях, които по-лесно могат да се постигнат.

На този принцип се провеждат изследванията на клуб „ЗОДИАК" – за всеки конкретен детайл се търси оптималната формула, според изискванията за механична якост, температурна издръжливост, надеждност, стареене, съвместимост с другите системи на конструкцията и получаване на необходимата скорост на разграждане. Този евристичен подход позволява получаването на бързи решения, които не винаги са идеалните, но са реално работещи и в множеството случаи се оказват най-близките възможни, като позволяват прогресивно придвижване на проектите в правилната посока. На следващи етапи от работата почти винаги се получава добра оптимизация на първоначалните резултати и достигане на нови съществено подобрени варианти в конструктивния дизайн и параметрите.

Пример за успешно получени композитни материали от натурални суровини са корпуси за моделни ракетни двигатели с диаметри до 50мм от ленена тъкан, желатин и добавки, които издържат работни налягания до 8MPa, при 40% намалена собствена маса спрямо алуминиева тръба със същите показатели. По аналогичен начин са направени серия корпусни тръби за телата на ракетните прототипи и плоскости за стабилизаторите им, изградени от ленени, памучни и конопени влакна и тъкани в матрици от желатин, ПВА, водно стъкло, нишесте и добавки.







За носовите обтекатели на моделите са разработени широка гама композити от отпадъчна биомаса, дървени стърготини, корков гранулат, кюспе и смлени плодови костилки, споени с натурални продукти и смоли. Подходящото процентно съотношение на влаганите компоненти позволява да бъдат получени най-добрите масови и механични характеристики при всеки отделен детайл, спрямо функциите, които той изпълнява в системата на прототипа.





Отлични показатели са получени при експериментите с листова и тръбна високотемпературна изолация на ракетните двигатели, с използването на продукти от корк, магнезиев окис, природни влакна и тъкани, смоли и водно стъкло. От същите съставки са направени соплови блокове за някои от ракетните двигатели, издържащи работни температури до над 2000° С и устойчиви на абразивното действие от продуктите на изгаряне.

Тъй като основната идея на новополучените материали е тяхната способност да се разграждат в естествена среда, са проведени дългосрочни тестове с образци от тях, оставени в природата за период от 12 месеца. Установено е, че всичките мостри се разграждат напълно за срокове от 3 до 12 месеца, според вида на конкретния композит.






Един от най-важните проблеми при използването на ракети от всякакъв вид е отделянето на огромни количества токсични вещества в продуктите от изгарянето на ракетното гориво. Специално при твърдите ракетни горива, най-голям дял в това замърсяване имат хлорните съединения, заради масово използваният окислител амониев перхлорат /АП/. За преодоляване на този проблем се търсят подходящи начини за замяна на АП с други видове окислители, които не образуват вредни емисии при работа в двигателите. [10,11,12,15]

В клуб „Зодиак” до момента са получени повече от 10 работещи формули за екологично чисти горивни ракетни състави. Използван е диференциран подход при тяхната разработка, като в зависимост от конкретното предназначение се акцентира върху точно определени характеристики. При твърдите горива, насочени към употреба за състезателни ракетни модели и хоби ракети от любители, се набляга изключително на тяхната безопасност при приготвяне и експлоатация, достъпността им и ниската цена. На базата на окислители калиев, натриев и амониев нитрат и горивен елемент от захари, смоли и технологични добавки са създадени рецептурите „Изомалтов карамел”, „АНСИАЛ”, „ХЕЛИОС”, „ПЛАЗМА”, „ДРАКОН-Ф”, които притежават достатъчно добра енергетика за любителски цели. [14]





Когато се търси решение за екологични заместители в индустриалния и военния сектор, водещи са изискванията за високи енергетични показатели, надеждност и дълготрайност при съхранение и употреба. Използват се химически реактиви с много по-високо качество,

високомолекулни съединения, прахообразни метали, както и окислители, които могат да бъдат и доста „екзотични" химични съединения с висока цена. В много случаи се работи върху пиротехнически състави с възможна двойна употреба, при което решението е до голяма степен компромис между изискванията на отделните сектори от потенциални потребители. Независимо от приложенията, определящи са ограниченията, свързани с недопускането на токсични и замърсяващи вещества, както в изходните съставки на горивата, така и в продуктите на тяхното изгаряне. [11,13,15]

Уникални по своята същност и актуалност са успешните експерименти с твърдогоривни състави на базата на директно извлечени нерафинирани природни захари в комбинация с евтектични смеси от окислители, провеждани в дейността на клуба от 2014 година насам. Използвани са некачествени и негодни за продажба плодове от череши, ябълки и грозде. Тяхната фруктова смес от захари има достатъчен енергетичен потенциал за получаване на твърдо биогориво, което е нетоксично, евтино и безопасно за боравене и употреба, особено в средите на аматьорските организации за ракетомоделизъм. Проведена е програма за предварителна оценка на химико-физичните и балистични характеристики на фруктовите твърди биогорива. Получените данни са допълнени от полетни тестове с помощта на ракетни прототипи от фамилията „БИО". [12]






В зависимост от процента на използваните конструктивни материали в тези модели е направена класификация и поредната им номерация. При ракетите от серията „БИО-3" вече над 90% от използваните материали са с натурален произход, като само някои закрепващи детайли и бордови електронни компоненти са неразградими. Тенденцията при поредните модели „БИО-4" е да се постигне почти 100% изпълнение от природни суровини.

В тази връзка е изследователската работа по максимално ограничаване на броя и размерите на бордовите електронни схеми, чрез оптимизация и миниатюризация на градивните им компоненти до степен, при която дори и след изгубване на изделието, да няма сериозен риск от замърсяване на околната среда.

Заключение

Постигнатите до момента резултати са многообещаващи и са добра база за по-нататъшно развитие на тези иновативни технологии. Чрез създаване и внедряване на нови екологични продукти може да се постигне значителен напредък при изделия от следните области на приложение:

- Спортно-състезателни и хоби ракетни модели;
- Изследователски ракети;
- Противоградови ракети;
- Геофизични и метеорологични ракети;
- Ракети и газгенератори против мъгли, пожари и за модифициране на времето;
- Аерокосмическа индустрия;
- Гражданска и индустриална пиротехника, военно дело.

Като цяло, тази развойна дейност бързо и успешно дава решения на проблеми, когато те са насочени към конкретна и специфична сфера на употреба. Бързата направа на прототипи ускорява значително процеса на изследвания и получаване на ценни практически резултати. Важни са целенасочените действия на всеки един екип и всеки отделен човек, което се явява част от колективната еволюция на отношението към заобикалящия ни свят и устойчивото бъдеще на човечеството.

Литература:

1. Мишев ,Д., Дистанционни изследвания на Земята от Космоса. БАН, София, 1981
2. Мардиросян, Г. От Космоса срещу екологичните катастрофи, БАН, София, 1993
3.http://infocall.bg/institut-za-kosmicheski-izsledvaniia-i-tehnologii-21647/uslugi/distantcionni-izsledvaniia-na-zemiata-v-sofiia-12197.html

4.https://www.nasa.gov/offices/education/programs/descriptions/All_Alpha.html
5.http://www.esa.int/Education/Rocket_Balloon_Experiments_for_University_Students
6. Гецов, П. С., Национална аерокосмическа система за дистанционни изследвания на земята и приложението и за мониторинг и защита от природните екокатастрофи., Автореферат, София, 2012
7. Goddard Space Flight Center, Sounding Rocket Program Handbook, NASA, 1999
8. Любителска космическа програма „ЗОДИАК", Кюстендил, 2011
9. Kalia, S., Biodegradable Green Composites., Indian Military Academy, 2016
10. Васянина, А. Ю., А. А. Тонких, Т. Н. Антоновский, Д. С. Швецова, Влияние продуктов сгорания жидково и твердого ракетного топливо на окружающую среду., СГАУ, Красноярск, 2014
11. Lempert, D. B. , G. B . Manelis, and G. N . N echiporenko, The Ways for Developement of Environmentally Safe Solid Composite Propellants., EDP Sciences, 2009
12. Галеев, А. Г., Экологическая безопасность при испытаниях и отработке ракетных двигателей., МАИ, Москва, 2005
13. Цуцуран, В. И., Военно-технический анализ состояния и перспективы развития ракетных топлив., МОРФ, Москва, 1999
14. Камбурова, Г., Основни свойства и изисквания към най-употребяваните окислители в пиротехническите състави и изделия., МГУ, София, 2010
15. Klapötke, T. M., "Perchlorate and Halogen-Free High Energy Dense Oxidizers (HEDO)"., Ludwig-Maximilian University Munich, 2011

Session 3

Remote Sensing and Geoinformation Systems

Chairman: Assoc. Prof. Lachezar Filchev
Secretary: Assoc. Prof. Denitsa Borisova

ОПРЕДЕЛЯНЕ ГРАНИЦАТА НА МОХОРОВИЧИЧ ЗА ТЕРИТОРИЯТА НА БЪЛГАРИЯ ПО СПЪТНИКОВИ ГРАВИМЕТРИЧНИ ДАННИ

Любка Пашова, Божидар Сребров

Национален институт по геофизика, геодезия и география – Българска академия на науките
e-mail addresses: bismall@argo.bas.bg, srebrov@geophys.bas.bg

***Ключови думи**: граница на Мохоровичич, аномалии Буге, спътникови гравиметрични данни*

***Резюме**: В статията са представени резултати от определяне на границата на Мохоровичич за територията на България по спътникови гравиметрични данни. Изчисленията са извършени чрез итеративния подход на Parker–Oldenburg метода, като е приложен нискочестотен филтър при анализа на гравиметричните данни за постигане сходимост на окончателното решение. Получените в настоящето изследване резултати са анализирани и сравнени с такива от предходни изследвания, свързани с определяне долната граница на земната кора за територията на страната.*

OBTAINING OF MOHO BOUNDARY ON THE TERRITORY OF BULGARIA USING SATELLITE GRAVIMETRY DATA

Lyubka Pashova, Bozhidar Srebrov

National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail addresses: bismall@argo.bas.bg, srebrov@geophys.bas.bg

***Key words:** Mohorovičič discontinuity, Bouguer anomaly, satellite gravimetric data*

***Abstract:** This study represents the results of the modeling of Mohorovičič discontinuity (Moho depth) for the territory of Bulgaria using satellite gravity data. Parker-Oldenburg iterative method is used and a low-pass filter was applied to gravity information towards the convergence of the final solution. The obtained results are discussed and compared with those derived from previous studies for the Bulgarian territory.*

I. Въведение

Съвременните геолого-геофизични изследвания на територията на България допринасят за изясняване на геоложката еволюция, протичащите тектонски процеси и строежа на земната кора и горната мантия. С развитието на спътниковите технологии през последните десетилетия се осигуряват нови гравиметрични и геомагнитни данни с глобално покритие. Тази допълваща наземните измервания информация се използва за моделиране на различни параметри на земното гравитационно и геомагнитно поле с повишена пространствена и времева точност. Чрез съвместнен анализ и интерпретация на разнороден тип геофизични данни се изучават детайлно изостатичните условия за формиране на земната кора и произходът на отделни геоложки структури, формиращи нейният тектонския строеж. Един фундаментален геофизичен параметър е дебелината на земната кора, т. нар. граница на Мохоровичич (граница Мохо, дълбочина на Мохо). Проучванията, свързани с определянето на тази граница, започват в началото на 20 век с усъвършенстване на сеизмичните методи за изследване на земетресения. Подробен и задълбочен анализ на сеизмологичните изследвания, посветени на изясняване границата между земната кора и горната мантия през последното столетие, са публикувани в (Prodehl et al., 2013).

Съвременният геоложки строеж и протичащите геодинамични процеси на територията на страната определят комплексната тектонска обстановка. Тези обстоятелства намират

отражение в земното гравитационно поле и дават възможност да се изследва вътрешният строеж на Земята по гравитационни данни чрез решаване на обратни гравиметрични задачи. При решаването на тази геофизична задача се правят предположения и налагат редица ограничения за априорната информация, защото нейното решение не е еднозначно. Основен източник на информация за изследване дълбочинната структура на литосферата и земната кора за територията на страната са проучвателните геофизични методи, като сеизмично профилиране, сеизмична томография, гравиметрични/изостатични методи и др. Наличността на нови данни от гравитационни и геомагнитни проучвания позволява да се потвърдят или ревизират стойностите за дълбочината на земната кора за територията на страната, публикувани през последните десетилетия (напр., Zagorchev, 1992; Boykova, 1999; Raykova and Nikolova, 2007 и др.).

Това изследване цели да се моделира границата на Мохоровичич за територията на България чрез инверсионна процедура с използване на гравиметрични данни от глобалния геопотенциален модел WGM2012. GM2012 моделът е първа реализация на изчислените гравитационни (Буге, изостатични и за свободен въздух) аномалии на Земята, представени във вид на грид и карти (Balmino et al., 2012). За целите на изследването са използвани данни за аномалии Буге за територията на Балканския п-в във вид на мрежа с размер на клетката 2' x 2' и точност ±3mGal, които са изтеглени от базата данни на Международното гравиметрично бюро от интернет адрес: http://bgi.omp.obs-mip.fr. Допълнителни сравнения и анализи на спътниковите гравиметрични данни съвместно с такива от налични за територията на страната наземни гравиметрични измервания не са извършвани, поради ограничителния режим на достъп до такив тип информация.

II. Подход за определяне на границата на Мохоровичич

Численото моделиране на границата на Мохоровичич за територията на страната е извършено чрез итеративния метод на Parker-Oldenburg, като е използвана Matlab програмата 3DINVER.M (G.-Ortiz and Agarwal, 2005). Приложена е оптимизационна процедура за определяне 3D геометрията на границата Мохо, която се основава на връзката между преобразуванията Фурие на гравитационните аномалии Буге и сумата от преобразуванията Фурие на Мохо повърхнината. Схемата на итеративния процес включва изчисление на параметри чрез Фурие преобразувания, като са използвани следните уравнения:

- уравнение на Parker (1973)

$$F(\Delta g) = -2\pi G\rho e^{(-kz_0)} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k^{n-1}}{n!} F[h^n(x)] \quad , \tag{1}$$

където *F(Δg)* е Фурие трансформация на гравитационни аномалии Буге Δg ; *G* - гравитационна константа, ρ - разлика в плътността на границата между земната кора и горната мантия, *k* - вълново число, *h(x)* - дълбочина на Мохо, z_0 - средна дълбочина на търсената повърхнина;

- уравнение на Oldenburg (1974)

$$F[h(x)] = -\frac{F[\Delta g(x)]e^{(-kz_0)}}{2\pi G\rho} - \sum_{n=2}^{\infty} \frac{k^{n-1}}{n!} F[h^n(x)]. \tag{2}$$

F(h(x)) е Фурие трансформацията на търсената граница Мохо. В итеративната процедура за решаване на уравнение (2) са наложени следните ограничителни условия за сходимост на процедурата:

$$\mathrm{HCF(k)} = \frac{1}{2}[1 + \cos(\frac{\mathrm{k} - 2\pi\mathrm{WH}}{2(\mathrm{SH} - \mathrm{WH})})], \text{for } \mathrm{WH} < \mathrm{k} < \mathrm{SH}$$

$$\mathrm{HCF(k)} = 0 \text{ for } \mathrm{k} > \mathrm{SH}, \tag{3}$$

$$\mathrm{HCF(k)} = 1 \text{ for } \mathrm{k} < \mathrm{WH}$$

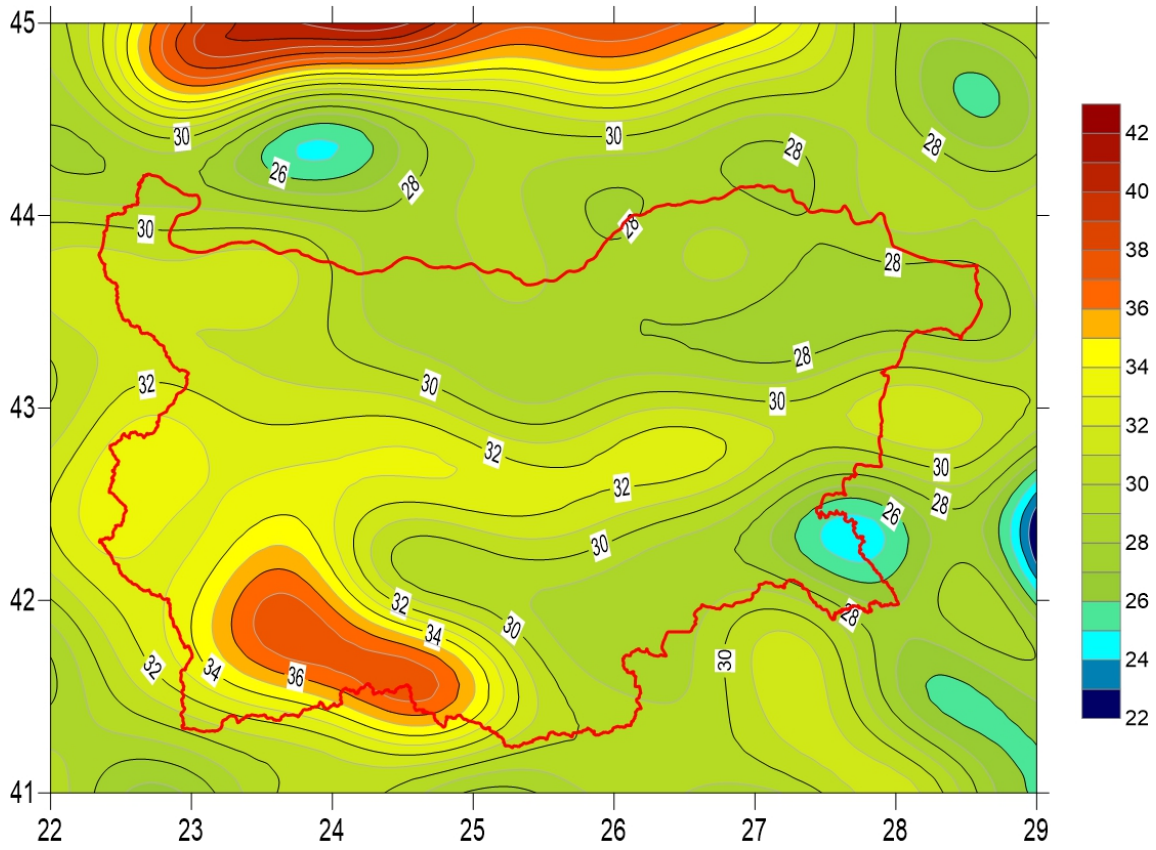
където WH и SH са съответно ниската и високата стойност на вълновото число κ при прилагане на нискочестотния филтър за отстраняване на високите честоти в гравитационния сигнал. Вълновото число k може да се замести с $1/\lambda$, където λ е дължината на вълната, изразена в km. За да се постигне сходимост на итерационния процес е приложен високочестотен филтър на гравиметричните аномалии Буге с реципрочната стойност на дължината на вълната λ.

III. Използвани данни и резултати от определяне на границата Мохо

Границата на Мохоровичич за българската територия е определена за района в граници $41^0 \leq \varphi \leq 45^0$ и $22^0 \leq \lambda \leq 29^0$. Използваните стойности на аномалии Буге от глобалния геопотенциален модел WGM2012 (Balmino et al., 2012) са във формата на мрежа с размери на клетката 2'x2' (~2.7 x 2.7 km за $\varphi_{ср.г.ш.}=43^0$). Гравитационните аномалии за изследвания район се изменят в границите -20.03 ÷ +199.44 mGal, със средна стойност и стандартно отклонение, съответно 98.49 ± 32.10 mGal. Площта на района е увеличена двукратно, за да се избегне появата на нежелани систематични изкривявания по границите на изследваната област. При численото моделиране са въведени оптимални управляващи параметри на итеративната процедура за решаване на уравнение (2) с гранични условия (3). Използвани са следните входни параметри, които са определени след многократни тестови числени опити:

- средна дълбочина на земната кора $z_0 = 30$ km;
- разлика в плътността на границата земна кора-горна мантия $\rho = 0.45$ g/cm^3;
- стойност на вълновото число за нискочестотния филтър в уравнение (3) 0.0067km^{-1} (150 km дължина на вълната);
- средна квадратична грешка между две последователни итерации RMSE = 0.1.

Резултата от итеративното решение на уравнение (2) са стойности на границата Мохо и оценка на точността, с която те са определени. На Фиг. 1 е изобразена повърхнината на тази граница, която за територията на страната се изменя в границите 24 - 38 km. Най-дълбоката граница земна кора-горна мантия се наблюдава в ЮЗ България, като изтъняване на земната кора се установява в югоизточната част, в района около Бургаската падина. Получената повърхнина на границата Мохо е гладка, отразява характера на аномалното гравитационно поле и дава обща представа за основните тектонски структури на земната кора за територията на страната.

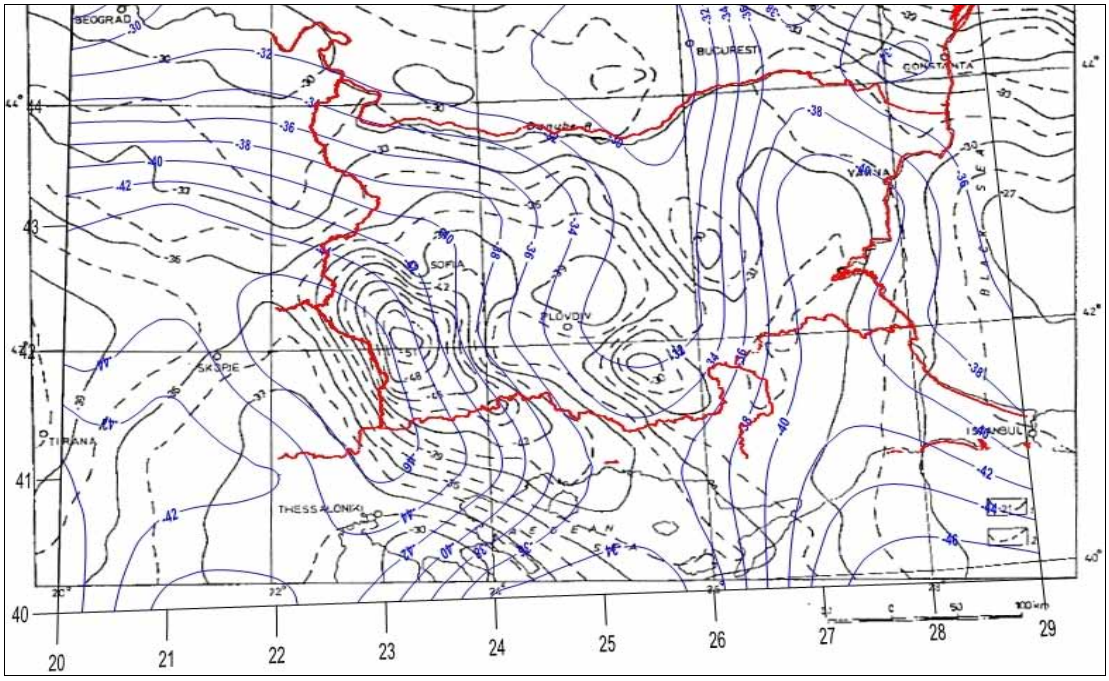


Фиг. 1. Аномалии Буге за изследваната територия от модела WGM2012

IV. Сравнение с други изследвания

Повърхнината на границата Мохо, определена чрез описаната итеративна процедура на Parker–Oldenburg, е сравнена с резултати от изследвания на други автори. Дълбочините на земната кора са близки по стойност с определените от глобалния модел за Европейската континентална плоча CRUST1.0 (Laske et al. 2013), който е построен на основата на сеизмични данни и допълнителна информация. Резултатите са сравними с тези от европейския модел на границата Мохо, публикуван от Grad, Tiira and ESC Working Group (2009). В източната част на българската територия и в западночерноморската падина са установени райони с изтъняване на земната кора, каквито резултати са получени от предходно изследване на авторите по данни от геопотенциалния модел EGM'2008 (Пашова и Сребров, 2011).

По геоложки данни, границата Мохо в ЮЗ България достига дълбочина около 50 km (Boykova 1999), като по данни от (Zagorchev, 1992) дори я надвишава в района на Пирин и Родопския масив. В (Boykova, 1999) е представена карта на границата Мохо за централната част на Балканския полуостров, която е получена чрез геостатистически (вариационен и кригинг) анализ на 144 неравномерно разположени точкови стойности от дълбочинно сеизмично сондиране и сеизмологични данни. Направената оценка на точността по грид 20 x 20 км показва, че максимална грешка от ±7 km е получена за периферията на изследваната зона, а средната квадратична грешка за цялата територия е ±2-3 km. Raykova and Nikolova (2007) прилагат друг подход за определяне на границата Мохо за българската територия - инверсионен анализ на срязващите вълни на сеизмичните сигнали, получавани в български сеизмични станции. На фиг. 2 е представено графично сравнение на определени две повърхнини на границата Мохо за територията на страната. На фигурата ясно личат разликите в дълбочините, като по-големи са тези в източната част от територията на страната, където разликите достигат 10-12 km. Забелязва се едно изместване на определената в (Raykova and Nikolova, 2007) дълбочина на земната кора от ~50 km на запад от местоположението на най-голямата дълбочина на земната кора, публикувано в (Zagorchev, 1992; Boykova 1999). По-ново изследване на границата Мохо от сеизмични данни е публикувано в (Georgieva & Nikolova, 2013), което не се различава съществено от резултатите от предходни сеизмични изследвания. Характерното при него е, че е установена разлика в дълбочините на земната кора, определени за сеизмични станции Крупник и Мусомища, съответно 27-30 km и 50 km, които са на отстояние една от друга от около 60 km. Това показва, че тектонският строеж в ЮЗ България е сложен и са необходими допълнителни геофзични изследвания за изясняване на дълбочините Мохо за този район.



Фиг. 2. Графично сравнение на повърхнини на Мохоровичич, определени от Boykova (1999) и Raykova&Nikolova (2007)

Получените в това изследване стойности за границата Мохо се различават от цитираните геоложки и сеизмични изследвания за територията на страната с около ±10-12 km. Това може да се обясни с различните подходи за определяне на тази повърхнина, използваните изходни данни и първоначална информация, както и предположенията в процеса на числения анализ и моделирането. За разлика от приложения в това изследване изчислителен подход за обработка на гравиметрични аномалии Буге, границата Мохо може да се определи по-детайлно чрез тримерно гравитационно моделиране с използване на голям обем различни по тип и с висока точност геофизични данни (вж. Starostenko et al., 2004). Друг съвременен геофизичен метод за дълбочинно проучване на строежа на литосферата е магнито- вариационното сондиране, което за първи път е приложено от (Srebrov et al., 2013) за изследване на геоелектричната проводимост на земната кора и мантия на дълбочина до 1000km в района на геомагнитната обсерватория Панагюрище.

V. Заключение

Подобрената пространствена разделителна способност на съвременните модели на гравитационното поле на Земята от типа на WGM2012 осигурява допълнителна информация за по-детайлно представяне на аномалното гравитационно поле, което отразява дълбочинната структура на земната кора и горната мантия. В това изследване е моделирана повърхнината на границата Мохо чрез итеративна процедура на Parker–Oldenburg. Резултатите показват, че използваният метод дава възможност да се определи границата Мохо, която отразява общия характер на аномалното гравитационно поле. Новите данни от спътниковите гравиметрични и геомагнитни мисии допълват информацията от предходни изследвания на повърхнината на Мохоровичич, която чрез усъвършенствани методи и изчислителни средства могат да се комбинират оптимално с наземни данни за нейното по-детайлно и по-точно моделиране. Такъв тип геофизични изследвания допринасят за изясняване генезиса на основните геоложки структури и на протичащите на територията на страната тектонски процеси.

Съставените досега карти на дълбочината /мощността/ на земната кора за българската територия са с различна точност и детайлност на изобразената повърхнина. Необходими са допълнителни съвременни и подробни наземни и морски гравиметрични измервания, магнитотелурично и сеизмично сондиране за определяне локалните особености на тектонския строеж на земната кора и горната мантия, в т.ч. и на границата Мохо. Наличната геофизична /геоложка, гравиметрична, сеизмична и др./ информация за територията на страната следва да бъде събрана, систематизирана и организирана в единна база данни, като се приложат международно приети процедури и стандарти за хомогенизиране, анализ и съхранение на данните. Спътниковите гравиметрични данни, сравнени със съвременни наземни гравиметрични, могат да се използват за определяне на границата Мохо. Сеизмичните данни могат да се използват в процеса на итеративната процедура за калибриране и при избора на по-добро решение при решаване на обратната гравиметрична задача. Осигуряването на допълнителни гравиметрични и геофизични данни за територията на страната и за Черно море ще позволи повишаване точността на моделираната граница Мохо и нейното по-детайлно представяне.

Благодарности: *Авторите изказват своите благодарности на Международното гравиметрично бюро (Bureau Gravimétrique International (BGI), Франция за възможността да ползват гравиметричните данни за целите на настоящото изследване, достъпни на интернет адрес (http://bgi.omp.obs-mip.fr).*

Литература:

1. Пашова, Л. и Б. Сребров. Моделиране границата на Мохоровичич за Черноморския регион по гравиметрични данни от геопотенциалния модел EGM2008, БГД, Сборник доклади от Национална конференция с международно участие „ГЕОНАУКИ 2011“, стр. 107-108.
2. Bonvalot, S., Balmino, G., Briais, A., M. Kuhn, Peyrefitte, A., Vales N., Biancale, R., Gabalda, G., Reinquin, F., Sarrailh, M., 2012. World Gravity Map. Commission for the Geological Map of the World. Eds. BGI-CGMW-CNES-IRD, Paris.
3. Boykova, A. Moho discontinuity in central Balkan Peninsula in the light of the geostatistical structural analysis, Physics of the Earth and Planetary Interiors, 114,1999, pp. 49–58.
4. Georgieva, G and S. Nikolova. The Moho depth and crustal structure beneath Bulgaria obtained from receiver function analysis, C. R. Acad. Bulg. Sci., 66(5), 2013, pp. 725- 732.
5. Gomez-Ortlz, D. and B. Agarwal, 2005. – 3DINVER.M: a MATLAB program to invert the gravity anomaly over a 3D horizontal density interface by Parker-Oldenburg's algorithm, Computer&Geosciences, 31(4), 513-520. doi:10.1016/j.cageo.2004.11.004

6. Grad, M., T. Tiira and ESC Working Group, 2009. The Moho depth map of the European Plate, Geophys. J. Int., 176 (1), pp. 279–292, doi:10.1111/j.1365-246X.2008.03919.x
7. Laske, G. Et al. CRUST1.0: an updated global model of the Earth's crust. EGU General Assembly, 14p. 3743, 2012. http://igppweb.ucsd.edu/~gabi/crust1.html
8. Oldenburg, D.W. The inversion and interpretation of gravity anomalies. Geophys., 39 (4), 1974, pp. 526–536. doi:10.1190/1.1440444
9. Parker, R. L. The rapid calculation of potential anomalies, Geophys. J. R. Astr. Soc., 31, 1973, pp. 447-455, doi:10.1111/j.1365-246X.1973.tb06513.x
10. Prodehl, C., B. Kennett, I. M. Artemieva, H. Thybo. 100 years of seismic research on the Moho, Tectonophysics, 609, 2013, pp. 9-44.
11. Raykova, R. and S. Nikolova. Tomography and velocity structure of the crust and uppermost mantle in southeastern europe obtained from surface wave analysis, Studia Geophysica et Geodaetica, DOI: 51(1), pp. 165-184, DOI: 10.1007/s11200-007-0008-5.
12. Srebrov, B., B, Ladanyvskyy, I. Logvinov, Application of space generated geomagnetic variations for obtaining geoelectrical characteristics at Panagyurishte geomagnetic observatory region, C. R. Acad. Bulg. Sci., 66 (6), pp. 857-864.
13. Starostenko, V., V. Buryanov, I. Makarenko, O. Rusakov, R. Stephenson, A. Ni kishin, G. Georgiev, M. Gerasimov, R. Dimitriu, O. Legostaeva, V. Pchelarov, C. Sava, Topography of the crust-mantle boundary beneath theBlack Sea Basin, Tectonophysics, 381, 2004, pp. 211–233.
14. Zagorchev, I. Neotectonics of the central parts of the Balkan Peninsula: Basic features and concepts, Geologische Rundschau, Vol.81, Iss.3, 1992, pp. 635-654.

S E S 2 0 1 6
Twelfth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
2 – 4 November 2016, Sofia, Bulgaria

ПОГРЕШНОСТИ В БЪЛГАРСКАТА УПОТРЕБА НА ТЕРМИНИ ОТ ОБЛАСТТА НА ДИСТАНЦИОННИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ

Румяна Кънчева

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: rumecho@abv.bg

Ключови думи: *дистанционни ицследвания, терминология, погрешности*

Резюме: *Посочени са редиза най-често срещани на български език терминологични погрешности от областта на дистанционните изследвания. Приведени са множество примери, които са систематизирани в няколко основни групи масово разпространени грешки, неточности и куриозни преводи на термини и изрази. Примерите за взети от научни публикации, лекции на преподаватели от висши учебни заведения, курсови и дисертационни работи, учебни планове, преводни материали на ЕС, печатни периодични издания, държавни документи (министерски наредби, правилници, указания и пр). В изследването не са включени такива източници като рекламни брошури, описания на технически търговски продукти, блогове и форуми в интернет.*

USING INCORRECT REMOTE SENSING TERMS IN BULGARIAN

Rumiana Kancheva

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: rumecho@abv.bg

Keywords: *remote sensing, terminology, misuse*

Abstract: *Attention is drawn to frequently encountered mistakes in written or spoken Bulgarian in the field of remote sensing terminology. Common wrong terms and phrases are collected and systematized into several main groups encompassing incorrect Bulgarian terms or.imprecise translation.The examples are taken from scientific publications on remote sensing issues, dissertations, teaching materials, academic programs, lectures of university professors, and etc.*

Въведение

Погрешната терминология в дадена област може да се окаже причина за неразбирателство в общуването и пречка за разпространението на идеи и информация. Това с още по-голяма сила се отнася за такава актуална, развиваща се с бурни темпове и изключително приложно насочена област, каквато са дитнационните технологии.

В процеса на съставянето на „Английско-български терминологичен речник по дистанционни изследвания" авторът се сблъска с множество погрешности в употребяваната на български език терминология по темата. Причините за това явление са различни – липса на съответни терминологични пособия, отсъствие на стандарти, недостатъчно познаване на материята, неточен превод и пр. Тези причини, както и твърде повърхностното, по всяка видимост, отношение към значението на терминологичната точност и яснота, обуславят също наличието на плашеш брой вариации, употребявани за един и същи термин, до една неправилни. Накратко, причините за написването на тази работа са следните: широко разпространение на погрешни термини в техническата литература, неспециализираната литература и говоримата реч; употребата на изрази без превод, буквален (най-често безсъдържателен) превод; ненужно използване на чуждици; неточен или неправилен превод, както и наличието на откровени куриози. Всичко това е обилно илюстрирано в изложението.

Материали и методи

Източници на приведените примери са: научни публикации, курсови и докторантски работи, лекции на преподаватели във ВУЗ, учебни програми на ВУЗ, изпитни и конкурсни

въпросници, държавни документи (министерски наредби, правилници и пр.), преводни документи на ЕС, периодичния печат. Не са ползвани блогове и форуми в интернет, рекламни брошури, описания на технически търговски продукти, макар точно там да са най-любопитните находки по отношение на безпрепятственото терминологично творчество.

Големият брой и разнородност на погрешностите биха могли да доведат до хаотичност на изложението, затова са систематизирани в няколко групи, касаещи основоположни за дистанционните методи понятия като лъчение, лъчист, яркост, поглъщане, пропускане, изображение, заснемане, разделителна способност и пр. Друга група се отнася до ненужното използване на чуждици там, където съществуват ясни и еднозначно установени български термини (например спътник, спътников, топлинен, цифров и пр.). Голяма група обхваща грешен превод, употребата на термини и изрази без превод, буквален и най-често лишен от съдържание превод, транслитерация със същите последствия и пр. Много от примерите попадат в повече от една група. По отношение на изложения материал трябва да отбележим следното: някои от основните групи грешки не са включени поради ограничения обем на публикацията, приведените конкретни примери са само част от находките, посочените погрешности са случайно откритие и не са търсени и допълвани изрично (което предполага значително увеличаване на броя им в противния случай), използваните източници са единствено на тема дистанционни методи и средства и приложението им.

Целта на тази работа е да обърне внимание върху най-често срещаните терминологични грешки в областта на дистаницонните изследвания, които да послужат като сигнал за наложителното сериозно отношение към герминологията и търсеното на начини за въвеждане на стандарти. Думите, в крайна сметка, не трябва да се превръщаг в извор за недоразумения (макар Екзюпери да твърди именно това). Оформлението на текста е продуктивано от съображението за по-добра нагледност и възможност за бърз повторен преглед на изложения материал.

Резултати без обсъждане

Лъчение (radiation), лъчист (radiant), енергетична яркост (radiance) и пр.

поток на радиация
соларната радиация
топлинна радиация
електромагнитна радиация
цялостна радиация - слънчева и термална
детектор за инфрачервена радиация
земна или обратна радиация (топлина)



радиационна интензивност
радиационен модел
радиационен пренос
радиационен топлинен поток



*** излъчван лъчист поток**
*** поток на електромагнитното излъчване**
*** чернотелно излъчване**
*** яркостна индикатриса**
*** яркост на лъчиста енергия**
*** яркост на излъчване**
*** лъчиста яркост**
*** яркост на светлината**
*** светлинна яркост**
*** лъчиста светимост**
*** спектрална плътност на облъчеността**
*** светлинна повърхностна плътност**
*** енергетична светлина, енергийна светлина**
*** енергетична светлинност**
*** поток на лъчение**







Отражение (reflection), отражателна способност (reflectivity)|, спектър на отражение (reflectance spectrum), спектрална отражателна характеристика (spectral reflectance signature) и пр.

Пропускане (transmission), коефициент на пропускане (transmittance) и пр.

рефлектирана светлина
рефлектирана енергия
рефлектиращ предмет
GPR е рефлективен метод



рефлексионна спектроскопия
рефлекция (отражение)
сеизмична рефлексия
отразяване (рефлексия)
благодарение на нискатa си рефлексия
рефлекционен спектър
рефлексионни спектрометрични измервания



максимална отражаемост
албедо или отражаемост
радиолокационна отражаемост
отражаемост на терена

висока степен на отражателност
дифузно-отражателен спектър
спектрална рефлекторна способност



коефициент на преотразяване
коефициент на отразяване на светлината
коефициент на отразителна способност
коефициент на отражаемост

отразителни характеристики
отразител
отразяване (преизлъчване)
светлоотражаващо покритие
отразен спектър





спектрални подписи
спектрални сигнатури (*spectral signatures*)

интензивност на отражателната способност (*intensity of the reflectivity*)
множествени отражения (multiple echoes)
правилно отражение (regular reflectance = specular reflectance)
радиолокационна отражаемост
спектрално разпределение на отражателните характеристики
коефициент на отразяване на пиксел от наблюдаваната повърхност





проникване (трансмисия)
избирателна пропускливост
коефициент на атмосферна пропускливост
коефицент на пропускливост
трансмисионен коефициент
трансмисионни спектрофотометрични измервания
пропускаща способност
пропускателна възможност

Грешка!

Топлинен (thermal), топлинно излъчване (thermal emission), изображение в топлинния диапазон (thermal image) и пр.

Грешка! → *термален*, *термичен*

термални изображения
термална камера
термални сензори
спектрометър за температурни емисии
спектрометър за температурни излъчвания (*Thermal Emission Spectrometer*)
термален инфрачервен диапазон
топъл инфрачервен диапазон
термални дистанционни изследвания
термалния край на инфрачервения диапазон
термични камери
термичен образ (*thermal image*)
термична картина (*thermal image*)
термичен шум
термично излъчване (*thermal emission*)



Цвят,цветови (color)

цветен модел (*color model*)
цветна аберация (*chromatic aberration*)
цветно пространство (*color space*)
цветна координатна система (*color coordinate system*)
цветов триъгълник (*color triangle*)
цветна температура (*color temperature*)
цветови
хроматична
цветово
цветова
цветови триъг. на цветовете
цветова
фалшиво оцветени изображения
индексни цветови изображения
цветно кодови изображения (*indexed color image*, *pseudocolor image*)
изображения в условни цветове



Разделителна способност (resolution)

висока резолюция
средно-спектрална резолюция
темпорална резолюция
земна резолюция
оптична резолюция
резолюция на изображението
пространствена разделителност
свръхразделителна способност
резолюция по дистанция

разрешаваща способност
разрешаваща възможност
разрешителна способност
разрешителна възможност
високоразрешаващи изображения

Resolved

спектрално разрешение
пространстгвено разрешение
радиометрично разрешение (резолюция)
разрешение на местността - (*Ground Sample Distance* - *permission of the site*)



елемент на разрешение
разделителен елемент
резолюционна клетка
клетъчна резолюция
resolution cell
резолюционни елементи, наречени пиксели
резолюционни характеристики

Изображение (image) , заснемане (imaging) и пр.

image

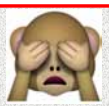
SAR образ
IR образи
класификация на образи
размери на образите
сателитен образ
комплексен интерферометричен образ
образ на наблюдаваната повърхност
генерация на комплексни образи
обработка на образи
възстановяване на образи
хиперспектрални картини





image





картинна равнина (*image plane*)
образна равнина
картината се заснема с „pushbroom“ (*image*) сканиращ режим
картен и образен мащаб
образни координати (*image coordinates*)
данни с изображения (*image data*)
информация от образи (*information from imagery*)
образно-обработващи цифрови устройства



imaging



формиране на изображения — *imaging*
топлинно **изобразяване** — *thermal imaging*
тесновълново изобразяване — *narrow band imaging*
хиперспектрално изобразяване
ултразвуково изобразяване — *ultrasound imaging*
флуоресцентен **имиджинг** — *fluorescence imaging*
сеизмични **образни методи** — *seismic imaging methods*
спектрометрия на изображения } *imaging spectrometry*
картинна спектроскопия
спектрометър за изображения } *imaging spectrometer*

imaging





многоспектрално формиране на изображение → multispectral imaging
система за визуализация } → *imaging system*
изобразяваща система }
Спектрометър на изображения със средна резолюция → Medium Resolution Imaging Spectrometer (MERIS)



Спектрорадиометър за изображения със средна резолюция → Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)

Спътник, спътников (satellite)



image sensor





имидж сензор
картинен сензор
заснемащ сензор
образочувствителен елемент
видеосигнален преобразувател
приемник на изображението
сензор **за изображения**
CCD **сензор за образи**
образови сензори
матрици **за образи**





сателит
сателитен

координати на **сателита**
използват се сателити и спътници
изчисляване на позициите на сателита
микро-сателит
проекция на сателита върху земната повърхнина
спътникови снимки от сателит METEOSAT
употребата на сателити

сателитни дистанционни изследвания
сателитен честотен обхват
сателитен спектрофотометър
сателитни SAR изображения
сателитен мониторинг
сателитни преминавания
сателитни сензори
сателитна информация





Метод (technique)

Цифров (digital)



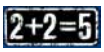
→ **техника**



→ **метод**

дистанционните техники
техники за дистанционно изследване
техники за сегментиране на изображения
класификационни техники
техники и методи
техниките на обработка
интерферометричната SAR (In-SAR) техника
спектрометрични техники
техники с различни разрешителни възможности
спектроскопията е аналитична техника
техника за размит клъстеринг
техники за придобиване на данни

3D **дигитална** карта
дигитален образ
дигитално изображение
дигитална обработка
дигитална филтрация
дигитални технологии
дигитално устройство
дигитална аерокамера
дигитални земни модели (DTM)
цветни аероснимки в дигитален вид
дигитална фотограметрични методи





- **Дигиталната** фотограметрия работи с **дигитални** образи, получени от **дигитални** метрични камери
- С **дигиталните** системи се прави **дигитална** аеро-триангулация
- **Дигиталните** изображения, направени чрез **дигитална** камера

Sensor (чувствителен елемент, преобразувател, прибор), detector (приемник, преобразувател, датчик).

дистанционни **сензорни наблюдения**
фотокамерите са **сензори за ДИ**
сензорни прибори
дистанционен **сонарен сензор**
изображения от **хиперспектрален сензор**
активни микровълнови **сензори за изображения**
въздушни сензорни технологии
мултисензорни изображения
активни и пасивни сензори
въздушни сензори
космически сензори, спътников сензор
сензорът MODIS, SAR сензор
сензорна информация
сензорна система
детекторна система
CCD сензорна камера





чувствителен елемент
преобразувател
прибор, уред, датчик

данни от сензори
мултисензорни датчици
CCD сензорът е **картинен сензор**
CCD сензорна камера
светлинно-сензорна система
чувствителен сензорен елемент
сензори за регистриране на обекти
фотодетекторът е **сензор на светлина**
светлинен сензор, фотосензор
осезател (sensor), **откривател** (detector)
детекторната калибровъчна функция
детектор **по индекс на пречупване**
детектиране на астрономически обекти
детекция на обекти и **ситуации**
детектиран от сензора
минимално **детектируем**







Времеви (temporal), разновремеви (multitemporal)

TEMPORAL — **времеви**

темпорална резолюция
темпорална хетерогенност
темпорални запитвания
темпорални данни
темпорална неопределеност
темпорални бази от данни



пространствено-темпорален анализ
пространствено-темпорален модел
пространствено-темпорални промени
пространствено-темпорална динамика
пространствени и темпорални данни

MULTITEMPORAL — **разновремеви**

мултитемпорално събиране на данни
мултитемпорални сателитни изображения
многотемпорални спътникови данни
многовременна класификация



разновременен анализ
разновременно заснемане
разновременно засичане
разновременна информация
разновременни спътникови изображения
различни темпорални мащаби

Наземен (ground-based, ground, terrestrial), космически (space-based), въздушен (airborne), лазерен (laser-based) и пр.

space-based information
space-based imagery
space-based spectrometer

ground-based platform
ground-based radar
Earth based telescope

airborne laser
airborne sensor

laser-based communications
laser-based instrumentation
laser-based testing

raster-based image editor
feature-based classification
computer-based analysis
edge-based segmentation
region-based segmentation
light-based technology

WARNING NO

космически базирани приложения
космически базиран телескоп
космически базирани сателити
космически базирани решения
космически базирана апартура

датчици с космическо базиране
телескоп с космическо базиране
система за наблюдение с космическо базиране

базирани в космоса заплахи

въздушно базиран комплекс
въздушно базирани сензори
въздушно базиран модул за свръзка
BOINC-базирани изследвания

NO

airborne



наземно базиран радар
наземно базирани наблюдения
наземно базирани уреди
наземно базирани платформи

ground-based



земно-базиран комплекс
мобилно-земно базиране
радар със земно базиране
технологии с аерокосмическо базиране

NO

пикселно базирана класификация
ръбово-базиран метод
обастно базирана сегментация
уейвлет-базирана обработка
машинно обучение базирани методи

NO

растерно базиран редактор на изображения
растерно-базирани карти
растерно базирана програма
растерно-базирани приложения
векторно базиран файлов формат
компютърно базиран анализ



оптично базирани технологии
светлинно-базирани технологии
лидарно базирана детекторна система

WRONG! RIGHT!

наземен

земна резолюция	*ground resolution*
земна фотограметрия	*terrestrial photogrammetry*
земни снимки	*terrestrial photographs*
земно лазерно сканиране	*terrestrial laser scanning*
земен радар	*ground penetrating radar*
земно-фотограметрично снимане	*terrestrial photogrammetric imaging*
средна земна орбита	*medium Earth orbit* (околоземна)

Ъгъл (angle)

space-based	космически
ground-based	наземен
airborne	въздушен, аеро
laser-based	лазерен
pixel-based	пиксел по пиксел, поелементен
raster-based	растерен
vector-based	векторен
threshold-based	прагов
feature-based	по характерни признаци
region-base	по области

YES!

малко ъглово разсейване — small-angle scattering
разсейване под малък ъгъл

ъгъл на видимост — angle of view
видим ъгъл — ъгъл на зрение, зрителен ъгъл — angle of view
ъгъл на зрение, зрителен ъгъл — viewing angle
ъгъл на видимост — ъгъл на наблюдение

No!



ъгъл на виждане — field of view
поле на зрение
поле на виждане — field of view
поле на зрение
ъгъл на полезрение — field of view
поле на зрение

YES

ъгъл на полето на зрението ??

Multi-

MULTI- *много...*

мултифункционален
мултидисциплинарен анализ
мултитематично представяне
мулти-честотна радарна система
мултибанд камери
мултиспектрална камера
мултиспектрална сателитна сцена
мултивълнов
мултидименсионни данни
цветни (многоканални) изображения
многоспектърен скенер

MULTI- *разен, различен*

мултитемпорални снимки
мултитемпорални NDVI данни
мултисензорни изображения
мултимащабни изображения
мултипространствена разделителна способност
мулти-насочено заснимане
мултиполяризационно заснимане
мултиъглов режим на камерата
многоъгълна технология на изобразяване

MULTI-

фотограметрични мулти-образни системи изображения, получени в режим на мултиподобряване
многоъглови измервания
многоъглова технология на сканиране
многоъглови инструменти
Многоъглов спектрорадиометър
Многоъгълен спектрален радиометър
Multi-Angle Imaging SpectroRadiometer (MISR)

радиолокатор за вторичен обзор
secondary surveillance radar
вторичен радиолокатор, радиолокатор с активен отговор

радиофар за аварийно местоположение
emergency position indicating radio beacon
авариен радиофар

мултидименсионни източници на данни
multidimensional data sources
източници на многомерни данни

система за наблюдение на глобалната атмосфера
spatial data analysis
система за глобално наблюдение на атмосферата

“Обърнат” превод

пространствена структура на данни
spatial data structure
структура на пространствените данни

система за глобално позициониране
Global Positioning System
глобална система за позициониране

пространствен анализ на данни
spatial data analysis
анализ на пространствени данни

многоканална класификация на сателитни изображения
multispectral image classification
класификация на многоканални спътникови изображения

спектрална функция на отговор
spectral response function
относителна спектрална чувствителност

относителна спектрална реакция
relative spectral response
относителна спектрална чувствителност

модулационна предавателна функция
модулирана предавателна функция
модулация на предавателната функция
функция за предаване на модулацията
функция на трансфера на модулацията
modulation transfer function (MTF)
честотно-контрастна характеристика

функция-отговор
функция на отговор
response function
предавателна функция

Буквален превод

време за реакция ***response time***
бързодействие

връх на импулса ***impulse peak***
амплитуда на импулса

дълбок космос ***deep space***
далечния космос

тренировъчни данни ***training data***
обучаващи данни

интерпретационен ключ ***interpretation key***
дешифровъчен признак

сонографско изображение ***sonographic image***
ехографско изображение

видим спектрометър ***visible spectrometer***
спектрометър за видимия диапазон

наблюдателна техника ***observational technique***
метод за наблюдение

хроматична диаграма ***chromaticity diagram***
диаграма на цветността, цветови локус

въглероден цикъл ***carbon cycle***
кръговрат на въглерода

полски компютри ***field computers***
полеви компютри

планово позиционен индикатор
plan position indicator (PPI)
индикатор за кръгов обзор

идеален отразяващ разсейвател
perfect reflecting diffuser
идеален дифузен отражател

Без превод

CCD сканер
SAR изображения
UV-vis спектри
MTF функцията
LiDAR данни
look-up таблици
notch филтър
speckle ефект
swithing lobe метод
в downlink честотната лента
използван е NDVI индекса
спектрална NDVI снимка
чрез "cross-validation" техника
чрез невронни мрежи и fuzzy логика







ролята на програмите IGBP и IHDP
чрез point-to-point връзки
така-наречените thermal cameras
съвременните Focal Plane Array приемници
в областта на Image Processing са направени
докато pushbroom HRSC сканира повърхността
известни като direct broadcast satellite (DBS)
Lidar заснемане
push-broom сканираща камера
двубандов cw/ssb трансивър
Лунар Риконъсънс Орбитър
(Lunar Reconnaissance Orbiter)



Транслитерация

мултидимензионални данни — *multidimensional data* — многомерни данни
сателитен сензор — *satellite sensor* — космически прибор
спектрална сигнатура — *spectral signature* — спектрална характеристика
нормализация — *normalization* — нормиране
директорна антена — *directional antenna* — насочена антена
омни-дирекционна антена — *omnidirectional antenna* — всенасочена антена
планарна антена — *planar antenna* — плоска (думерна) антена
пулсов радар — *pulse radar* — импулсен радиолокатор





радиодетерминация — *radiodetermination* — радиопеленгация и радионавигация
мултилатерация — *multilateration* — многопозиционна радиолокация
стандартен колориметричен обсерватор — *standard colorimetric observer* — стандартен колориметричен наблюдател
комплементарни цветове — *complementary colors* — допълнителни цветове
нелинеарна трансформация — *nonlinear transformation* — нелинейно преобразуване
революционен период — *revolution period* — период на завъртане





Ненужни чуждици

дистанция
детекция
конекции
пропагация
аутлаери
трансдуцери
репитри
дигитализиране
трансформация
имплементация
имплементиране
екстинкция
трансфер на данни
селф-калибровка
биконична антена
семплинг честота
фадинг
позиция на сателита



крос-валидация
кръстосано валидиране
честота на семплиране
амбиентно осветление
перцепция на цветовете
три димензионно
тридимесионално
рецептор на лъчение
индекс на рефракция
рефрактивен индекс
абсорбционен спектър
емисионна способност
дигитализиране
репрезентация
м н о г о д р у г и



Други

aerocosmic industry
aerocosmic remote detection
aerophoto
radio-electronics
radio-technical reconnaissance
radio lines
amplitude-frequency characteristic
аерогама спектрометрични данни
аеродрумни системи за кацане
дистанционно сондиране на Земята
радиометрическо разрешение
планетарна атмосфера
соларна радиация
азимутална проекция
лунарна сонда
полиномиални модели







Невероятно, но… факт

радар със синтетична апертура
радар със синтезируема апертура
синтетично-апертурен радар
радиолокатор със синтезна апертура
synthetic aperture radar (SAR)
радиолокатор със синтезирана апертура



радар за продължителни вълни
continuous-wave radar
радиолокатор с непрекъснато излъчване

пулс доплеров радар
pulse-Doppler radar
импулсен доплеров радар



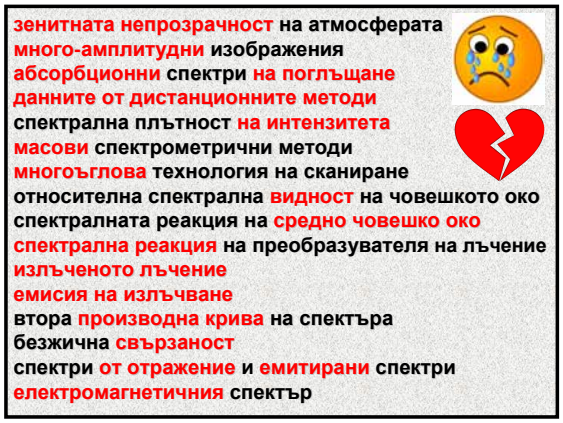
странично ориентиран радар
side-looking radar
радиолокатор със страничен обзор

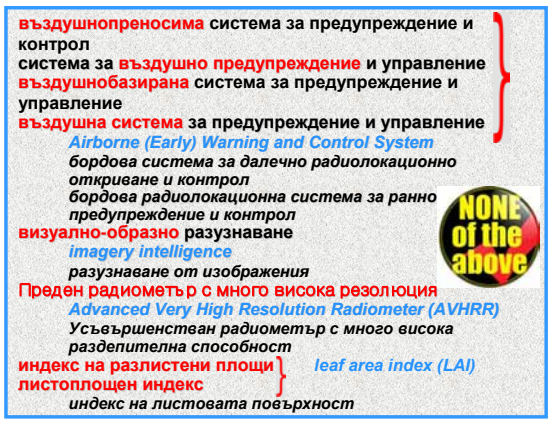
прецизен радар за подход
радиолокатор за точно приближение
precision approach radar
радиолокатор за прецизен подход

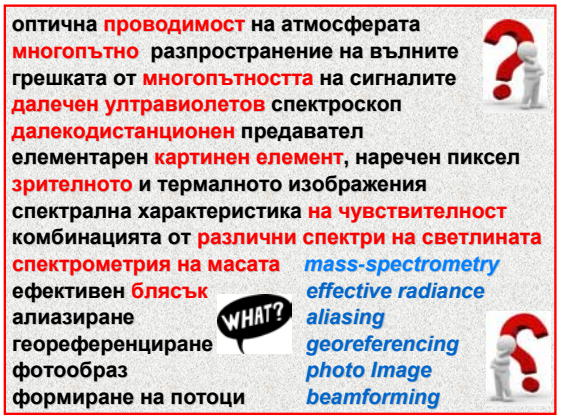


дистанционни сензорни наблюдения
remote sensing observations
псевдо-цветна комбинация
false colour composite
фокална плоска решетка
focal plane array
предаващи светлината обекти
light-transmitting objects
широк набор от измервания
broad-band measurements
светеща енергия *luminous energy*
индекс за растителността с нормализирани разлики
Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
модифициран индекс за почвите с растения
Modified Soil Vegetation Index (MSAVI)
оптичен локационен висикомер *optical radar altimeter*
грешка от многопътността на сигналите
multipath Interference
в съответната база данни *in a relational database*











Изводи

Неизбежно следвашият извод е, че на подобно нехайство и „творчески” произвол, които царят по отношение на терминологията в дистанционните изследвания, трябва да се погледне сериозно и да се прояви нужната нетърпимост. Начало е нашето в ИКИТ лично отношение към въпроса и личен пример за грамотен професионализъм. По-нататък са опитите ни за налагането на стандарти и тяхното възприемане от академичната и извънакадемичната общност.

S E S 2 0 1 6
Twelfth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
2– 4 November 2016, Sofia, Bulgaria

ИЗСЛЕДВАНЕ НА МНОГОГОДИШНАТА ДИНАМИКА НА ЛАНДШАФТИТЕ В СЕВЕРОЗАПАДНА РИЛА ПЛАНИНА С ДИСТАНЦИОННИ МЕТОДИ

Александър Гиков

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

Ключови думи: *Динамика на ландшафтите, Земно покритие, Аероснимки, Сателитни снимки*

Резюме: П*редставени са резултатите от проучване на развитието на ландшафтите в два ключови участъка, разположени в Северозападна Рила. За целта са използвани аероснимки и сателитни снимки с много висока разделителна способност или слоеве на земното покритие, изготвени чрез използване на сходни изходни данни. В първия участък изследваният период е 22 години, а във втория е 45 години. Макар че тези периоди представляват сравнително кратки срокове във времето за естесвено развитие на планинските ландшафти, анализът на многогодишните тенденции показва увеличаване на площите с естествена зонална растителност и повишаване на горната граница на гората.*

Трансформирането на информацията от земното покритие, така че тя да може да се използва за целите на ландшафтното картографиране е извършено по оригинална методология. При нея се отчита местоположението на даден клас земно покритие спрямо естествените височинни пояси в Рила и се определя дали даден ландшафт е първичен или не. Заедно с това е създадена и 12 степенна скала, отчитаща степента на антропогенна трансформация на ландшафтите.

STUDY MULTIANNUAL DYNAMICS OF LANDSCAPE IN NORTHWESTERN RILA MOUNTAIN WITH REMOTE SENSING

Alexander Gikov

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

Keywords: *Landscape dynamics, Land cover, Aerophotographs, Satellite images*

Abstract: *The results of landscape evolution study in two key areas located in Northwestern Rila mountain are shown. For the purpose both aerial and satellite images with very high resolution are used. Alternately layers with land cover date are used too. The analyzed period in first key area is 22 years and in second is 45 years. Although these periods are relatively short time for landscape's evolution by natural ways the analysis of multi-annual trends showed an increase in areas with natural for zone vegetation and small uprise of treeline.*

The derivation of information from layer with land cover and transformation from CORINE classes into contemporary landscapes is applied by original methodology.

According it location of each class land cover should be conformed by the natural landscape belts / zones in Rila mountain. It defines whether a landscape is natural and primary or not. A scale with 12 levels of anthropogenic impact of landscapes is created.

Въведение

Ландшафтът представлява специфична географска територия, в която природните компоненти са свързани в единна система, която се променя във времето под влиянието на природните фактори и човешката дейност. Дълговременните изменения, независимо от техния произход, се наричат многогодишна динамика на ландшафтите. Съществуват разнообразни

начини за изучаване на тази динамика. Например Велчев [1] проследява развитието на ландшафти в Югозападна България чрез анализ на стари карти (включително триверстовата) и така се връща около век назад във времето. Чрез палинологични методи може да се опише еволюцията на растителната покривка в ландшафтите преди стотици и хиляди години, а чрез геоморфоложки анализ и датировки на млади седименти е възможно да се очертае палеогеографската ситуация стотици хиляди години. Тези методи дават възможност да се скицира миналото развитие на ландшафтите, но без да се влиза в детайли за тяхната хоризонтална структура.

Дистанционните методи позволяват да се направи детайлно картографиране на минали моменти от ландшафтната еволюция на дадена територия. Ако голямата детайлност е главното предимство при приложение на дистанционни методи за изучаване на многогодишната ландшафтна динамика, то основен недостатък е относително краткият период, за който те може да бъдат източник на информация. Продължителността на периода обикновено се определя от най-старите снимки за района, които могат да бъдат подложени на достатъчно прецизна фотограметрическа обработка

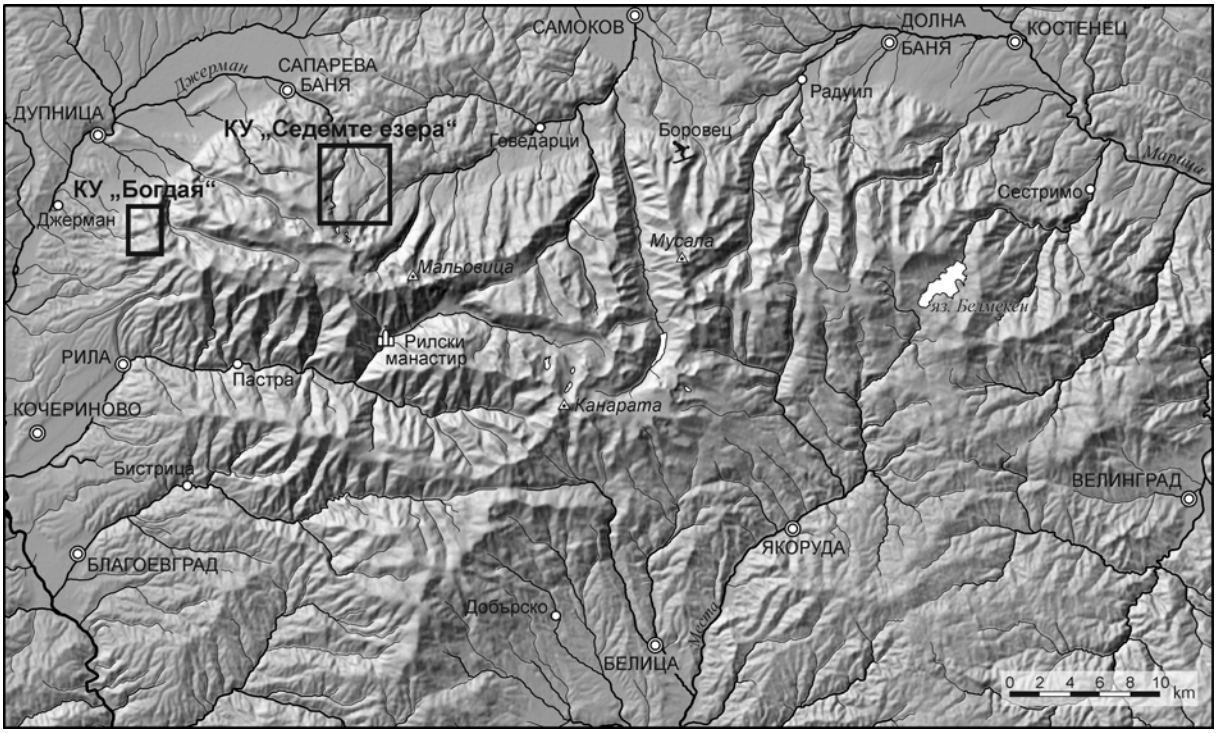
Целта на доклада е да се картографират промените в хоризонталната ландшафтна структура на ключови участъци в Рила и да се анализират факторите за тези промени. За картографирането се прилагат дистанционни методи или данни получени от тях. За постигне на целта е необходимо да се изпълнят няколко задачи. Първата задача е да се набавят необходимите изходни данни, а след това да се обработят и интерпретират. Тъй като целта е да направи детайлно картографиране на хоризонталната структура, използваните изображения трябва да са с достатъчно висока пространствена разделителна способност (ПРС). Съвременните космически снимки от сателити като WorldView, GeoEye-1 и Pleiades отговарят на това изискване, но старите сателитни снимки имат средна ПРС и не могат да се използват за изпълнение на тази задача. Затова е необходимо да се обработят и интерпретират архивни самолетни снимки. Тези снимки покриват малка площ и за осигуряване на покритие на конкретна изследвана територия трябва да се обработят като фотограметричен блок и след това да се направи ортофото мозайка. Цялата обработка на старите аероснимки е много трудоемка, затова проследяването на многогодишната динамика на ландшафтите е удачно да се прави в обособени ключови участъци с неголяма площ. Последната задача, която има най-голямо научно значение, е да се направи анализ на резултатите и да се очертаят тенденциите в развитието на ландшафтите в изследваните участъци.

Тъй като обработката на архивните аероснимки изисква твърде много усилия и време, за проследяване на многогодишната динамика на ландшафтите са използвани данни от ключови участъци, които вече са били обект на изследване и за тях има не само орторектифицирани изображения, но също и са създадени ГИС слоеве със земно покритие [2]. Във връзка с това е решена и задачата за създаване на убедителен алгоритъм за трансформиране на информацията от картографирането на земното покритие за целите на едромащабното ландшафтно картографиране.

Изследвана територия

Обектът на изследване са два ключови участъци, разположени в Северозападна Рила (фиг. 1). Като най-висока планина в България и на Балканския полуостров Рила има значителен вертикален диапазон. Това е причина за формирането на няколко височинни ландшафтни пояса. От горе надолу се редуват следните пояси с типове ландшафти: Студени хумидни, Хладни хумидни, Умерени хумидни и Топли субхумидни. Студените хумидни се поделят на два подтипа: алпийски и субалпийски, а умерените хумидни на: ландшафти в буковия пояс и ландшафти в габърово-горуновия пояс. В пояса на хладните хумидни е развит само един подтип ландшафти – горски ландшафти в иглолистния пояс, а в пояса на топлите субхумидни – се намира подтипът на горските ландшафти в дъбовия пояс.

Първият ключов участък е разположен по северните склонове на Рила в района на Седемте езера. Изследван е преди време с цел да се анализират промените в земното покритие, които са настъпили в период с продължителност 22 години [2]. За тази цел са обработени и интерпретирани архивни аероснимки от 1988 г. и изображения от ортофото 2010 г. и съответно са изготвени слоеве с класовете земно покритие, като е използвана номенклатурата на CORINE Land cover (CLC), но за да се отрази по-детайлно разнообразието от типове земно покритие е приложено четвърто ниво [3]. Тъй като главните промени, които се наблюдават са в иглолистния пояс и отчасти в субалпийския пояс, обхватът на участъка в настоящето изследване е намален малко спрямо този в проучването от 2013 г.



Фиг. 1. Разположение на ключовите участъци в Рила планина.

При този обхват площта му е 25 km^2, а размерите му са 5,2 km на 4,7 km км. Въпреки относително малката площ хипсометричният диапазон е значителен. Най-ниската точка се намира при северната граница на ключовия участък в долината на р. Джерман и е с надморска височина 1080 m. Най-високата точка е в югозападния край близо до езерото Бъбрека (то е извън изследваната територия) и с надморска височина от 2460 m. Големият вертикален диапазон е предпоставка за съществуването на няколко височинни ландшафтни пояса. Средно над 2000 m н.в. са формирани ландшафти от субалпийския храстов пояс, между 1500 и 2000 m н.в. са формирани ландшафти от иглолистния горски пояс, а в най-ниските части, макар и със значително по-малка площ са формирани ландшафти от буковия горски пояс. Фактор за ландшафтната диференциация е и скалната основа заедно с типа релеф. Макар и доста разнообразни [4] скалите могат да се обединят в трите големи групи – магмени, метаморфни и седиментни. Магмените са представени от левкогранити и се разкриват в югоизточната част от територията на участъка. Метаморфните скали са най-разнообразни и изграждат най-голяма част от територията. По-широко разпространение имат скалите от Мальовишката единица, които са представени главно от биотитови гнайси, но също амфиболити и ултрабазити. В североизточната част на участъка се разкриват скалите от Огражденската свита, които са представени от мигматизирани гнайси. Седиментните скали са представени от млади неспоени моренни материали, разпространени по долините на реките Джерман и Скакавица.

Вторият ключов участък се намира малко по-ниско и е разположен по западните склонове на Северозападна Рила в района на в. Богдая. Най-ниската точка е в северозападния край на участъка и е с надморска височина 860 m, а най-високата е при връх Богдая – 1823 m н.в. Поради по-ниското хипсометрично положение в ключов участък „Богдая” по-голям относителен дял имат ландшафтите с широколистни гори, формирани в буковия и габрово-горуновия пояси. Характерна особеност е, че по северните склонове се намират хумидни ландшафти с едификатор обикновен бук, а по склоновете с южна компонента на изложението ландшафтите са субхумидни и видовият състав е по-пъстър и освен горун се срещат още мъждрян, липа, клен и др. Съгласно най-новото геоложко картиране скалите в почти цялата територия се отнасят към Ограждеската метаморфна единица [5]. В района на участъка тя най-често е представена от мигматизирани биотитови, амфибол-биотитови и двуслюдени гнайси. Възрастта на скалите се приема за херцинска. Магмени скали с терциерна възраст, част от Бадинския плутон, изграждат малка площ от югозападната част. През 2000 г. в ключов участък „Богдая” е направено проучване на промените в растителната покривка на ландшафтите в периода 1966-1997 г. [6] В настоящето изследване са направени слоеве със съвременните ландшафти по обработени изображения от 1966 и 2011 г.

Използвани данни и методи

Преди да се представи методиката за използване на информацията от земното покритие за едромащабно ландшафтно картографиране е необходимо да се дадат точни дефиниции на понятията ландшафт, потенциален ландшафт, съвременен ландшафт. **Ландшафтът** е специфична географска територия, представляваща система от всички природни компоненти, която се променя във времето под влиянието, както на природните фактори, така и под въздействието на човешката дейност. Под **потенциален ландшафт** се разбира ландшафт, който се е формирал и функционира само под въздействието на природните фактори за ландшафтна диференциация. На практика обаче човешката дейност трансформира в някаква степен потенциалните ландшафти и те се превръщат в **съвременни ландшафти**. С други думи съвременният ландшафт е потенциалният ландшафт с оказаното му антропогенно въздействие. По-лесно четливи са ландшафтните карти, в които дълбочината на антропогенните промени е представена чрез числена скала. В нея колкото по-голямо е числото, толкова по-значителна е антропогенната промяна. Скалите може да съдържат три, пет или повече степени. За целите на настоящето проучване е приложена скала, която има 12 степени на антропогенизация (табл.1). Основен принцип в нея е, че като първичен потенциален ландшафт се приема този, в който е формирана естествена зонална растителност. Например в иглолистния пояс такава е иглолистната гора и тези ландшафти следва да се означат с числен индекс 1. При тази първа степен обаче има и изключения, при които дори липсата на зонална растителност не означава обезателно, че ландшафтът е антропогенизиран. Например в алпийския и субалпийски пояси в Рила широко разпространение имат голите скални стени и сипеите, върху които са формирани напълно естествени първични ландшафти, но поради суровите условия не се е образувала растителна покривка. Друг случай на първични ландшафти без зонална растителност, се наблюдава при хидроморфните ландшафти. При тях поради локални, но естествени причини е образувано езеро или мочурище. За да се отчетат тези специфични особености на ландшафтната диференциация при индексиране на някоя от трите разновидности на първичните ландшафти след цифрата 1 се добавя и малка латинска буква (табл. 1).

Табл. 1. Степени на антропогенизация на ландшафтите

Индекс	характеристика
1a	Естествени ландшафти на голи скали
1b	Естествени зонални ландшафти (горски, храстови или ливадни)
1c	Хидроморфни и субхидроморфни ландшафти
2	Изкуствени горски ландшафти
3	Горско-храсотви ландшафти
4	Вторични ливадни ландшафти
5	Опожарени ландшафти
6	Ландшафти със смесена естествена и аграрна растителност
7	Аграрни ландшафти - трайни насаждения
8	Аграрни ландшафти - обработваема земя
9	Антропогенни аквални ландшафти - изкуствени водоеми
10	Рекреационни ландшафти - съоръжения за спорт и отдих
11	Урбанизирани ландшафти
12	Техногенни ландшафти - кариери, мини и табани

Земното покритие е външна проява на земеползването, а типът на земеползване определя съвременното състояние на ландшафта - т. е. дали съвременният ландшафт е антропогенизиран и ако да в каква степен. От тук става ясно, че информацията за земното покритие може да се използва за определяне на степента на антропогенизация на съвременния ландшафт, но за това е необходимо да се отчита в кой височинен пояс се намира конкретният клас земно покритие.

Най-общо казано, детайлността на класовете земно покритие, дори в третото ниво на CLC, е по-голяма от броя на степените, с които обикновено се индексират съвременните ландшафти. С други думи информацията от земното покритие би могло да се обобщи и групира и по този начин да се приложи за определяне степента на антропогенна трансформация на ландшафтите.

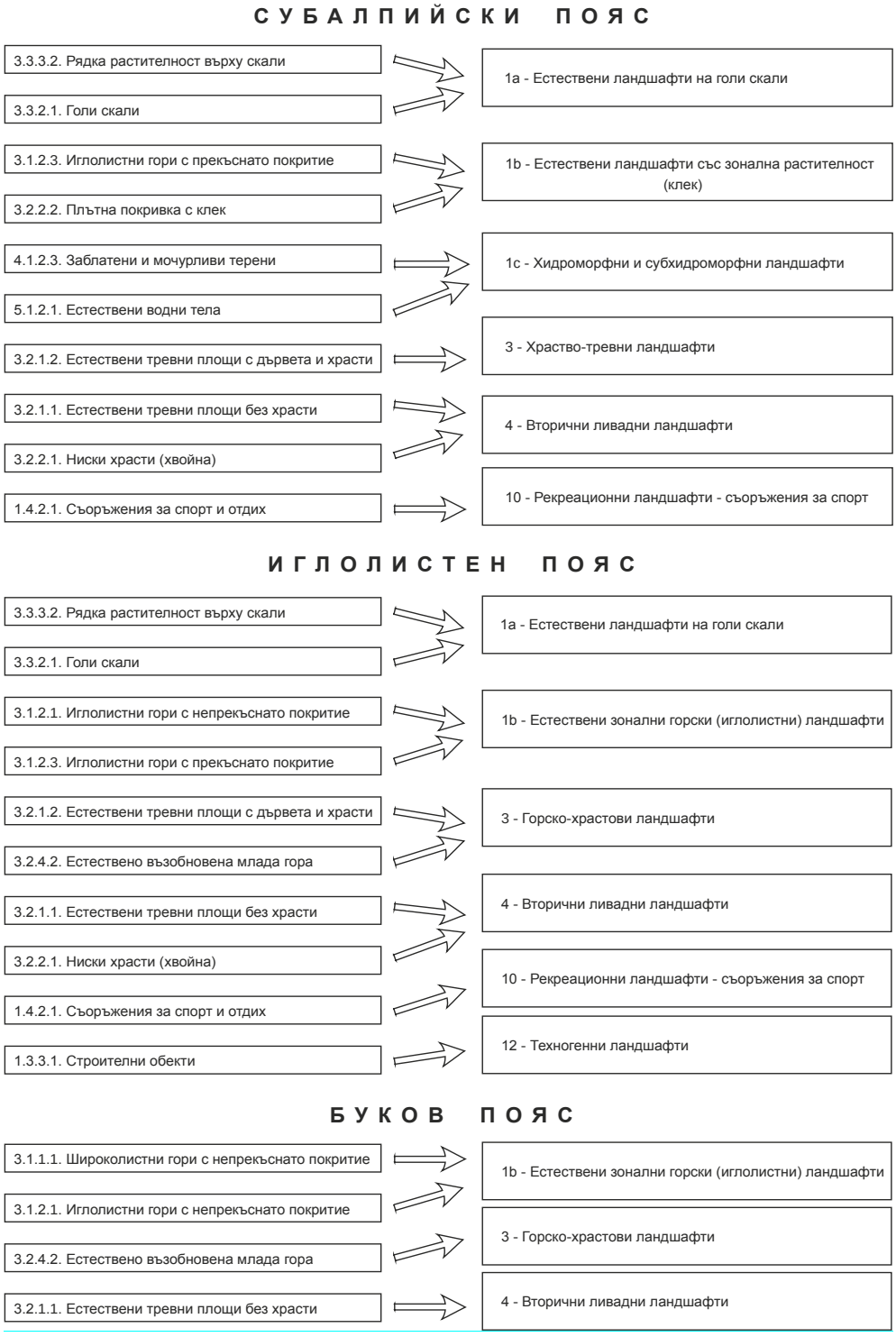
Ландшафтът от своя страна е териториална единица, която се формира от комплекс от фактори т.нар. геокомпоненти (скали, почви, растителност, климат и т.н.), а тези фактори не се отразяват при картографирането на земното покритие. На практика при картографиране на земното покритие от геокомпонентите на ландшафта се класифицира само растителната покривка (или нейното отсъствие).

Непосредственото групиране на типовете земно покритие и трансформиране към степени на антропогенизация на съвременните ландшафти обаче е груба грешка. Защото определянето на състоянието на ландшафта и категоризирането на нивото му на антропогенизация винаги трябва да се съобразява със зоналното разпределение на геокомпонентите. Зоналността е основна природна закономерност на ландшафтната сфера и тя задължително трябва да бъде отчитана при картографиране на съвременните ландшафти и степента на антропогенизация.

Един и същ клас земно покритие в един случай може да показва, че ландшафтите са първични, а в друг, че се касае за някаква форма на антропогенна трансформация. Например ако полигонът на клас земно покритие 3.2.1. (естествени тревни площи според номенклатурата на CLC) се намира в алпийския пояс, където естествената фонова растителност е тревна, то с основание може да се твърди, че става въпрос за първичен ландшафт, при който не се наблюдават признаци за антропогенизация (***1b*** по скалата в табл.1). Ако обаче същият клас земно покритие се намира в иглолистния или в буковия пояс, където естествената зонална растителност е горската, тогава уверено този контур трябва да се причисли към вторичните ландшафти, при които е налице антропогенна трансформация, изразяваща се в замяна на растителната покривка. Като друг пример може да се посочи клас 3.1.2. (иглолистни гори), който ако се намира в иглолистния пояс, може да се предположи, че ландшафтът най-вероятно е с естествена горска зонална растителност. Ако този клас земно покритие е в дъбовия пояс, тогава явно става въпрос за изкуствени насаждения. В този случай ландшафтът се индексира с цифрата 2 – т.е. антропогенизацията се изразява в промяна на видовия състав на растителната покривка, без обаче да е променен нейният тип.

За достоверното превръщане на класовете земно покритие в степени на антропогенизация на ландшафтите и за да се избегнат подобни грешки е създаден алгоритъм, в който трансформацията се извършва във всеки пояс поотделно. Схема за преобразуването на установените в КУ „Седемте езера" класове земното покритие към съвременни ландшафти по пояси е представена на фиг. 2.

На територията на КУ „Седемте езера" в субалпийския пояс се откриват десет класа земно покритие, които при прекласификацията се групират в четири степени от скалата, като първичните ландшафти се диференцират допълнително на 3 варианта. Класовете 3.3.2.1. и 3.3.3.2. представляват първични ландшафти на голи скали (***1a***). Площите, покрити с типичната за пояса клекова растителност (3.2.2.2.) и тези, в които клекът се редува с рядка иглолиста гора (3.1.2.3.) са обединени като ландшафти с първична зонална растителност (***1b***). Вторият клас земно покритие (3.1.2.3.) е разпространен в долния край на пояса и отговаря на етап от процеса на постепенно покачване на горната граница на гората. Хидроморфните първични ландшафти (***1c***) имат малко площно разпространение. Такива са само Долното езеро и малкото Скакавишко езеро (5.1.2.1) и мочурливата тераса над Скакавишкия водопад (4.1.2.3). Клас 3.2.1.2. (Естествени тревни площи с дървета и храсти) представлява преходно състояние на съвременния ландшафт при възобновяване на естествената зонална растителност и затова е отбелязан с цифрата ***3*** (храстово-тревни ландшафти). Естествените тревни площи без храсти (3.2.1.1) отговарят на по-ранен етап от сукцесионната смяна на растителната покривка в ландшафта и принадлежи на четвъртата степен от скалата на антропогенизация (вторични тревни ландшафти). Ниските храсти от хвойна (3.2.2.1) също представляват вторична трансформация на зоналната растителна покривка на ландшафта и тези площи също са отбелязани с цифрата ***4***. В субалпийския пояс единствено съоръженията за спорт и отдих (1.4.2.1) се категоризират като ландшафти с по-голяма степен на антропогенизация и са отбелязани с цифрата ***10***.



Фиг. 2. Схема за трансформиране на класовете земно покритие в степени на антропогенизация на ландшафтите по пояси за територията на КУ „Седемте езера“

Най-голяма площ (70%) в КУ „Седемте езера” заема иглолистният пояс. Установените десет класа земно покритие в него се групират в пет от степените на антропогенизация, като първичните ландшафти допълнително се диференцират на два варианта, отбелязани с латинските букви ***a*** и ***b***. Както и в по-горния пояс класовете с оскъдна (3.3.3.2) или без растителна покривка (3.3.2.1) се прекласифицират като естествени ландшафти на голи скали (***1a***). В този пояс иглолистните гори са естествената зонална растителност и затова класовете 3.1.2.1. и 3.1.2.3. представляват първичните ландшафти с коренна растителност (***1b***). На

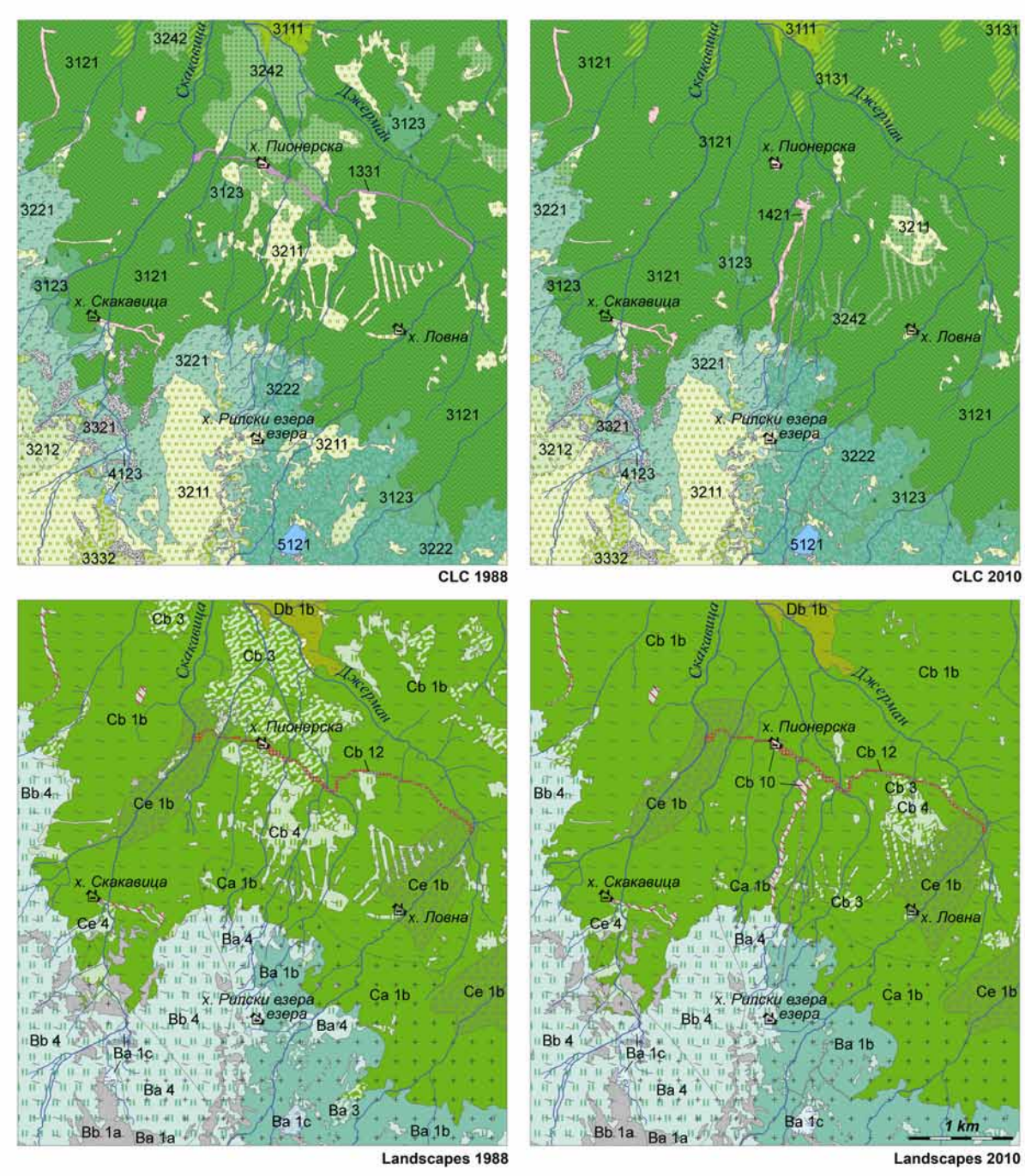
третата степен от скалата на антропогенизация на ландшафтите в този пояс съответстват класовете 3.1.1.2. (Естествени тревни площи с дървета и храсти) и 3.2.4.2. (Естествено възобновена млада гора). Площите с клас 3.2.4.2. са по-разпространени в долната половина на пояса и представляват стари сечища, в които поради оптималните условия зоналната горска растителност се възобновява бързо. Както и в горния пояс класовете с тревна растителност (3.2.1.1) и с хвойна (3.2.2.1) се прекласифицират като вторични ливадни ландшафти (***4***). Същото се отнася и за клас 1.4.2.1 (Съоръжения за спорт и отдих), който в този пояс има по-голяма площ. При строителството на деривацията „Джерман-Скакавица" са направени изкопи и насипи, изградени са хидротехнически съоръжения. Засегнатите площи са класифицирани в слоя със земното покритие като строителни обекти (1.3.3.1) и отговарят на най-високата дванайсета степен на антропогенизация на ландшафтите.

Буковият пояс заема най-малка площ в КУ „Седемте езера" и затова при него се наблюдава най-малко разнообразие както при класовете земно покритие, така и при съвременните ландшафти. Естествена зонална растителност са широколистните гори с главен едификатор обикновения бук. Затова площите заети с клас 3.1.1.1. (широколистни гори с непрекъснато покритие) се приемат като първични ландшафти (***1b***). Присъствието на клас 3.1.2.1. (иглолистни гори с непрекъснато покритие) би могло да се счита като слаба антропогенна трансформация, изразяваща се в промяна на растителната покривка в ландшафта (степен 2 от табл.1), но в случая става въпрос за естествена растителност. Обикновената ела има екологични характеристики много сходни до тези на бука и поради това тя расте по-често в умерените условия на буковия пояс и само отчасти прониква по-високо в иглолистния пояс. По тези причини площите с клас 3.1.2.1. също са прекласифицирани като първични ландшафти (***1b***). Незначителни площи с клас 3.2.4.2. са прекласифицирани като горско храстови ландшафти (***3***), а тези с 3.2.1.1. като вторични тревни ландшафти (***4***).

За разлика от кодовете на класовете земно покритие, които съдържат само цифри, надписването на ландшафтите става чрез буквено-цифрови индекси, отразяващи геокомпонентите, при съчетанието на които е формиран ландшафтът. С главни латински букви се означава поясът с подтип ландшафт. С малки латински букви се отразява литоложкият състав на скалната основа на ландшафтът, а с цифри (за първата степен има допълнително и букви) степента на антропогенизация на съвременните ландшафти представени в табл.1. Изходните карти със земното покритие и производните карти на съвременните ландшафти в КУ „Седемте езера" съответстващ на състоянието им през 1988 и 2010 г. са представени на фиг.3.

За втория ключов участък „Богдая" няма готови слоеве със земното покритие и определянето на степените на антропогенизация на съвременните ландшафти е извършено чрез визуално интерпретиране на орторектифицирани изображения. Като информационна база за инициалното състояние на ландшафтите са използвани аероснимки от есента на 1966 г. Заснети са с метричната камера Wild RC-8 от височина 4500 m и имат приблизителен мащаб от около 1:18 000. Сканирани са негативи на фотограметричен скенер във ВТС – Троян с резолюция 1588 dpi. Използвани са четири кадъра, които образуват малък фотограметричен блок с два реда. Триангулацията е извършена със софтуера LPS на пакета ERDAS Imagine 9.1 с използване на 8 опорни точки и 37 свързващи точки. Понеже снимките са направени преди много време намирането на подходящи обекти по тях, които да съществуват сега и да могат да бъдат измерени с GPS приемник, представлява голяма трудност. Засичането на координатите е изпълнено с GPS приемник Topcon GRS-1 и двучестотна антена PG-A1. Резултатите от триангулацията са много добри – средната квадратична грешка от триангулацията е 0,8 m. Орторектифицирането е извършено чрез цифров модел на релефа с размер на клетката 30 m. Обработените изображения са черно-бели с размер на пиксела 50 cm.

За установяване на сегашното състояние на ландшафтите в КУ „Богдая" е използвано космическо изображение от сателита WorldView-2, заснето на 18 август 2011 г. Изображенията от този сателит имат един панхроматичен канал с пространствена разделителна способност (ПРС) от 50 cm (минимална 46 cm при заснемане в надир) и 8 спектрални канала с ПРС 2 m. Тъй като предназначението на обработката на изображението е да стане подходящо за визуална интерпретация е направена операция за сливане на образите от панхроматичния и спектралните канали известна като „Pan-sharpening". След анализ на резултатите е избран резултатът, който се получава при приложение на алгоритъма „Subtractive". Той е приложим за изображение с четири спектрални канала. Затова е направен подбор и са използвани стандартните за такъв тип сателити четири канала: син (450 - 510 nm), зелен (510 - 580 nm), червен (630 - 690 nm) и близък инфрачервен (Near-IR1 – 770 - 895 nm).



Фиг. 3. Карти на земното покритие (CLC 1988 и CLC 2010) по Гиков и Димитров 2013 [2] и карти на съвременните ландшафти (Landscapes 1988 и Landscapes 2010), съставени чрез трансформиране на информацията за земното покритие

Легенда към ландшафтната карта:

Типове и подтипове ландшафти

B – Студени хумидни ландшафти в субалпиския пояс
C – Хладни хумидни в иглолистния пояс
D – Умерени хумидни в буковия пояс

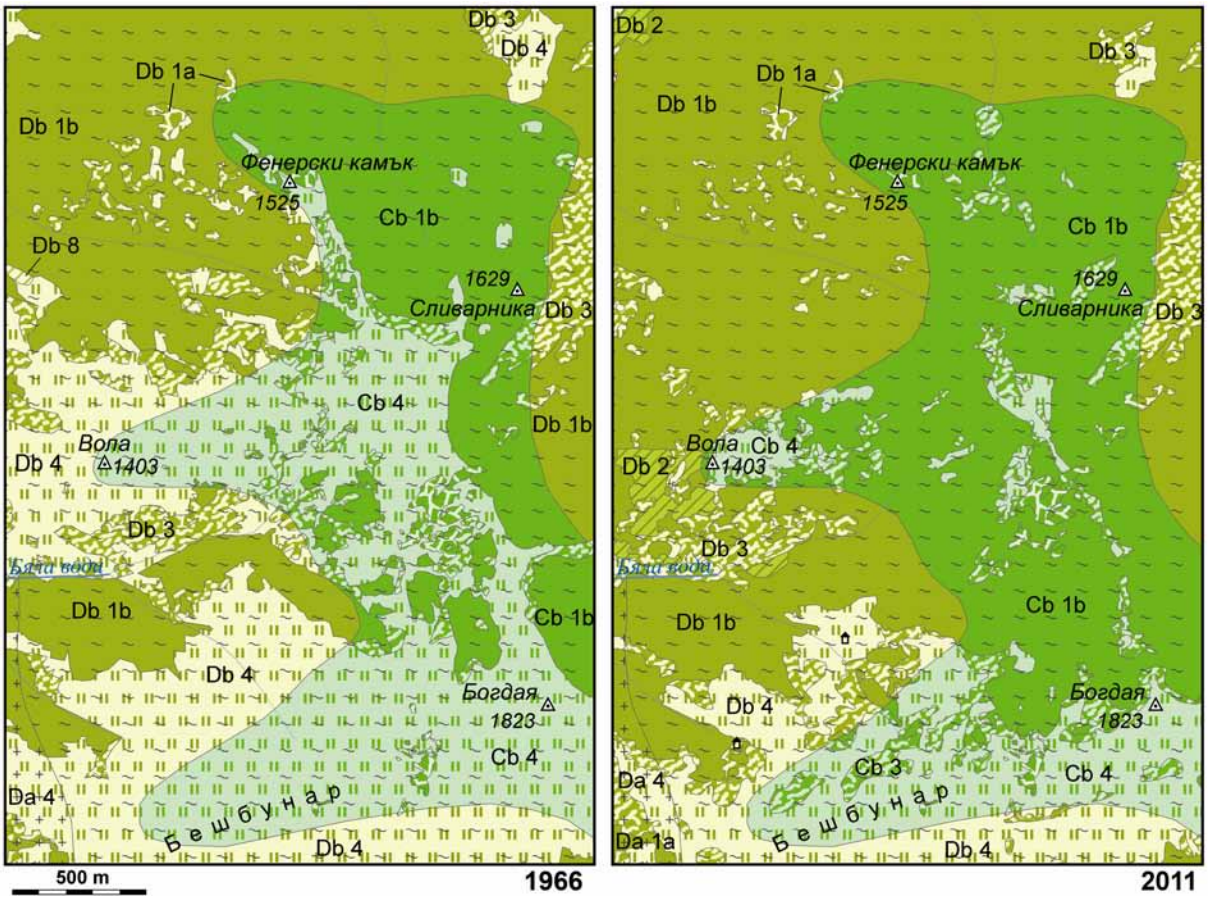
Видове ландшафти:

a – на магмени скали
b – на метаморфни скали
e – на моренни материали

Подвидове ландшафти:

1a – Естествени ландшафти на голи скали
1b – Естествени ландшафти със зонална растителност
1c – Естествени хидроморфни ландшафти
3 – Горско-храстви ландшафти
4 – Вторични ливадни ландшафти
10 – Рекреационни ландшафти
12 – Техногенни ландшафти

Орторектификацията е направена на паншарпнатото изображение, като са използвани 8 опорни точки, същият цифров модел на релефа и рационалните полиномиални коефициенти (RPC file) на панхроматичния канал. Обикновено първо се прави орторектификацията по отделно на панхроматичния и спектралните канали и после се прилага „Pan-sharpening". По този начин може да се направи автоматична класификация на орторектифицираните спектрални канали, но такава не е била планирана, а и разпознаването на обектите за опорни точки върху цветното паншарпнато изображение е по-лесно. Резултатите от орто-ректификацията са много добри (за планинска територия) – средната квадратична грешка е 0,68 m. Полученото цветно четириканално изображение има същата ПРС като снимките от 1966 г. – 50 cm. Чрез визуална интерпретация е извлечена информация за степента на антропогенизация на съвременните ландшафти от обработените изображения, а за другите фактори на ландшафтна диференциация – от специализирани тематични карти. Картите със съвременните ландшафти в КУ „Богдая" през 1966 и 2011 г. са показани на фиг.4



Фиг. 4. Карти на съвременните ландшафти, изготвени чрез визуална интерпретация на орторектифицирани изображения от 1966 и 2011 г.

Л е г е н д а

Типове и подтипове ландшафти

C – Хладни хумидни в иглолистния пояс
D – Умерени хумидни в буковия пояс и габрово-горуновия пояс

Видове ландшафти:

a – на магмени скали
b – на метаморфни скали

Подвидове ландшафти:

1a – Естествени ландшафти на голи скали
1b – Естествени ландшафти със зонална растителност
2 – Изкуствени горски ландшафти
3 – Горско-храстви ландшафти
4 – Вторични ливадни ландшафти
8 – Аграрни ландшафти

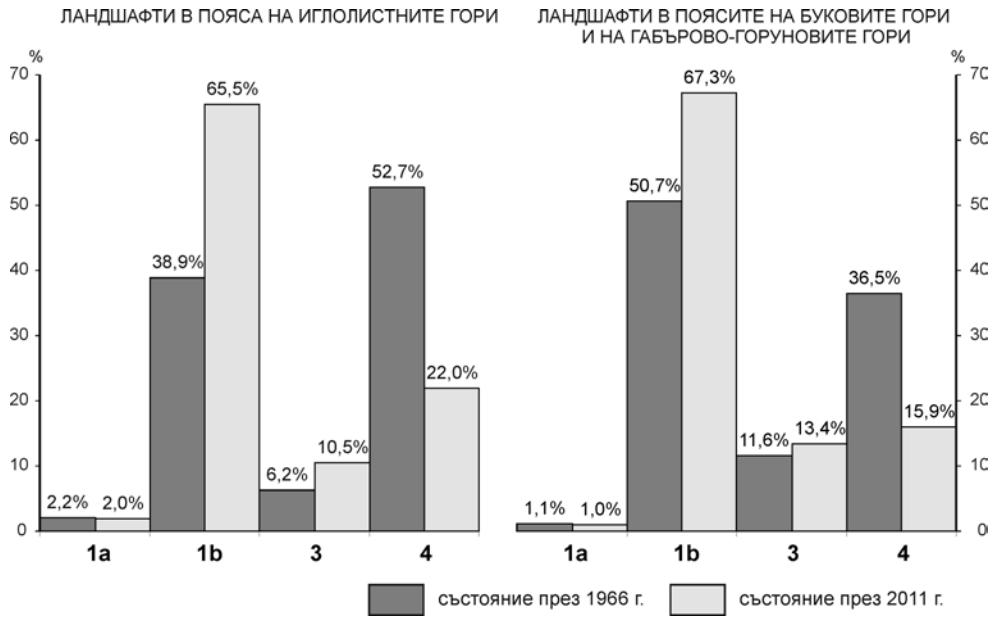
Анализ на резултатите

Както при сравнителен анализ на картите със съвременните ландшафти в КУ „Седемте езера" за 1988 и 2010 г, така и при съпоставяне на площите им се вижда, че най-съществени изменения са настъпили в иглолистния пояс. През 1988 г. площта на първичните ландшафти със зонална растителност (***1b***) е била 1372,5 ха или 80% от площта на иглолистния пояс, а през 2010 г. се увеличава на 1588,8 ха (92%). Това увеличение се дължи на намаляване през този период на горско-храстовите ландшафти (***3***) и на вторичните ливадни ландшафти (***4***), които са съкратили площите си съответно от 10% на 2,8% и от 8,4% също на 2,8% от площта на пояса. Редуцирането на площта на преходните горско-храстови ландшафти е свързано най-вече с бързото възобновяване на естествената горска растителност в старите сечища около х. Пионерска, които през 2010 г почти напълно са заменени от млада гора и можеше почти да отсъстват в карта за 2010 г., ако по-младите сечища не бяха се самозалесили с иглолистни фиданки. В резултат на мястото на съществуващите през 1988 г. вторични ливадни ландшафти (***4***) през 2010 г. се наблюдават преходни ландшафти (***3***), които след време ще се трансформират в такива с коренна растителност. Такава трансформация се наблюдава главно в няколко ивици с изсечена през 80-те години на XX в. гора северно от х. Ловна. В периода между двете заснемания северно от тях е извършена нова сеч и на нейно място са формирани вторични ландшафти с ливадна растителност (***4***). Само поради това антропогенно въздействие площта на тези ландшафти в иглолистния пояс не е съкратена с по-голям процент. Би могло да се предположи, че при отсъствие на антропогенен натиск коренната растителност в почти всички вторични ландшафти щеше да се възстанови по естествен път и през 2010 г. относителният им дял да е под 1%.

Макар и с неголяма абсолютна площ (16,7 ha) увеличението на рекреационните ландшафти през 2010 г. е почти двойно спрямо площта им през 1988 г. (8,7 ha). Причина за това е изграждането на лифта между хижите Пионерска и Рилски езера и прилежащата към него ски писта. Площта на най-силно антропогенизираните ландшафти и на двете карти остава неизменна – 9 ha или 0,5%. Това може да предизвика известно недоумение, защо територията на изграждащата се деривация „Джерман – Скакавица", отбелязана на картата земното покритие територията през 1988 г. като клас 1.3.3.1. (Строителен обект) и променена през 2010 г. в клас 3.1.2.1. (Иглолистни гори с непрекъснато покритие), в ландшафтната карта за 2010 г. тя остава като техногенно променен ландшафт (***12***). Причината е, че за 22 годишния период растителността е започнала да се възстановява и при картографиране на земното покритие площта се отчита като предимно залесена, но когато се преценява степента на антропогенизация на ландшафта се отчита колко от ландшафтните компоненти са засегнати и на какво ниво. При строителството на деривацията е налице трансформация на много геокомпоненти, включително дори и скалната основа. Затова, въпреки отчасти възстановената растителност, територията на деривацията продължава да представлява ландшафт с висока степен на антропогенизация.

В субалпийския пояс също се наблюдава увеличаване на площта на ландшафтите със зонална растителност (***1b***). През 1988 г. те са били 192,9 ha, което е 26,3% от територията на пояса, през 2010 г. те заемат 219,8 ha или 30% от пояса. Това се дължи на превръщането на съществуващите през 1988 г. субалпийски ливадни ландшафти в ландшафти покрити с типичната за пояса клекова растителност, което още веднъж доказва антропогенната първопричина за възникването на ливадните ландшафти в пояса. Тяхното формиране е свързано с опожаряването на клека в миналото с цел освобождаване на площи за пасища. Другите първични ландшафти – на голи скали (***1a***) и хидроморфните и субхидроморфни (***1c***) не променят площите си през същия период. Най-съществено намаление на площта през 2010 г. се отбелязва при преходните ландшафти (***3***) от 12,9 ha на 4,2 ha, което се дължи на уплътняването на клековата покривка и трансформирането им към първични ландшафти (***1b***). Значително е увеличението на рекреационните ландшафти (от 0,2 ha на 0,8 ha), но като относителна площ те заемат само 0,1% от пояса.

Същата тенденция на възстановяване на естествената зонална растителност се наблюдава и ландшафтите от буковия пояс. През 1988 г. първичните ландшафти имат площ от 24,8 ha или 91,4% от него. През 2010 г. площта им нараства на 27,1 ha, което е 100%. Причините са аналогични като тези в иглолистния пояс и също са свързани с трансформация на вторични ливадни и преходни горско-храстови ландшафти към ландшафти със зонална растителност.



Фиг. 5. Относителен дял на съвременните ландшафти през 1966 и 2011 г. в КУ „Богдая”

На територията на КУ „Богдая” силно впечатление прави значителното увеличаване на ландшафтите с естествена зонална растителност (***1b***). По-голям ръст на тези ландшафти се забелязва в иглолистния пояс. През 1966 г. тяхната площ е била 123 ha или 38,9% от пояса, докато през 2011 г. площта нараства до 207 ha или 65,5% (фиг.5). В широколистния пояс естествените горски ландшафти са се увеличили от 196,3 ha през 1966 г. на 260 ha през 2011 г. Това почти двукратно увеличаване е свързано със съществуващите оптимални екологични условия за възстановяване на иглолистната гора и силно намаления антропогенен натиск след изнасянето на големите влашки стада. От устни източници е известно, че те са били там вероятно до 60-те години на XX в. когато са присъединени към ТКЗС и свалени в Дупница (тогава Станке Димитров). На снимките от 1966 г. ясно личат местата на кошарите, разположени по денудационните заравненост северно от Бешбунар. По-късно пашата продължава, но вероятно броя на животните е бил по-малък и на снимки от 70-те и 80-те години на XX в. на отделни места се забелязва начало на процес на залесяване. От началото на 90-те години антропогенният натиск значително намалява и процесът на възобновяване на горската растителност се ускорява.

Още по-голямо съкращаване на площите се наблюдава при ливадните ландшафти (***4***), което още веднъж подчертава тяхната вторичност. През 1966 г. в иглолистния пояс те заемат 166,3 ha или над половината от площта на пояса (52,7%), а в широколистния пояс 141,4 ha (35,5%). През 2011 г. и в двата пояса площта им е намаляла повече от два пъти. В иглолистния пояс тя намалява на 69,4 ha (22%), а в широколистния на 61,7 ha (15,9%). При сравнение с промените в КУ „Седемте езера” се вижда, че тук промените са много по-големи, но трябва да се има предвид и че периодът е два пъти по-дълъг. През този период площта на горско-храстовите ландшафти (***3***) бележи известен ръст, като по-голям е той в широколистния пояс. Нарастването на тяхната площ също е за сметка на вторичните ливадни ландшафти, които при сукцесионната смяна на растителността първо се трансформират в горско-храстови, след което горската растителност постепенно се уплътнява и се превръща в зонална.

Макар и незначително, известно намаление има и на площта на естествените ландшафти на голи скали. То се дължи на обрастването на периферните части на сипеите, намиращи се при Чанакчиите между върховете Богдая и Сливарника и сипеите по стръмния югозападен склон на в. Фенерски камък.

През 2011 г. се регистрира присъствието и на изкуствени горски ландшафти (***2***), които отсъстват през 1966 г. Това са иглолистни насаждения в буковия пояс. Още в началото на 70-те години е създадена ивица с борови фиданки в подножието на Фенерски камък, а вероятно в началото на 80-те е направено екзотично насаждение с лиственица източно от Бяла вода. През 90-те години по западния склон на в. Вола е извършено засаждане на голяма площ главно с бял бор. При аграрните ландшафти насоката на развитие е в обратната посока. Съществуващите 1966 г. незначителни площи (0,4 ha) напълно изчезват през 2011 г.

Заключение

И при двата изследвани ключови участъка се наблюдава ясна тенденция на увеличаване на площите на ландшафтите с коренна за зоната растителност. Това важи както в горските пояси, така и в субалпийския пояс, където естествената зонална растителност е клекът. Това показва, че макар външно тези ландшафти да изглеждат красиви и естествени, като произход те не са първични, а са резултат от достатъчно отдалечено във времето антропогенно въздействие. Освен това тенденцията е силно доказателство в обективното съществуване на потенциалните ландшафти.

Данните за земното покритие може да бъдат използвани при картографиране на ландшафтната диференциация на най-ниско таксономично ниво, но винаги тази информация трябва да бъде съгласувана със спецификата на зоналността, защото при класифицирането на земното покритие тя не се взима предвид.

Литература:

1. Велчев, А. (1994). Формиране и еволюция на съвременните ландшафти в Югозападна България. Хабилитационен труд. С. 388 с.
2. Гиков, А., П. Димитров. (2013). Проследяване промените на земното покритие в района на Седемте езера, Рила планина за периода 1988 -2010 г. В: Сб. *Доклади от Девета научна конференция с международно участие "Space, Ecology, Safety – SES 2013"*, 20-22 ноември 2013 г., София, с. 312-320
3. Feranec, J., Otahel, J. (1998). Final version of the 4th level CORINE land cover classes at scale 1:50 000 (Task 4.2). Technical Report. EEA Phare Topic Link on Land Cover. Bratislava (Institute of Geography, SAS)
4. Саров, С., Е. Войнова, С. Московски, Т. Железарски, К. Найденов, Д. Николов, И. Георгиева, В. Валев, Н. Марков. (2010). Геоложка карта на Република България М 1:50 000. Картен лист Сапарева баня (К-34-71-Б). С., Консорциум Геокомплекс, 38 с.
5. Саров, С., С. Московски, Т. Железарски, Е. Войновва, Д. Николов, И. Георгиева, В. Валев, Н. Марков. (2011). Геоложка карта на Република България М 1:50 000. Картен лист Дупница (К-34-71-А). С., Консорциум Геокомплекс, 8 с.
6. Гиков, А. (2000). Картографиране и анализ на развитието на растителността в ландшафтите чрез използване на разновременни аероснимки в ключов участък "Богдая" - Северозападна Рила. Сборник доклади "Международна научна сесия 50 години ГИ - БАН", С., 2000, с. 190-198

S E S 2 0 1 6
Twelfth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
2– 4 November 2016, Sofia, Bulgaria

МЕТОДИ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ТЕМПЕРАТУРАТА НА ЗЕМНАТА ПОВЪРХНОСТ ОТ ТОПЛИННИ ИНФРАЧЕРВЕНИ СПЪТНИКОВИ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Иван Янев

e-mail: ivan.yanevmail@gmail.com

Ключови думи: *температура на земната повърхност, градски топлинни острови, топлинни дистанционни изследвания, методи, алгоритми, LST, UHI, SUHI, TIR*

Резюме: *Извличането на температурата на земната повърхност е основен проблем при работа с топлинни спътникови изображения. В това изследване е направен опит за обзор относно разработените методи за изпълнението на тази задача. Разгледани са различни видове методи и алгоритми за определяне на температурата на повърхността по спътникови данни. Подробно са разгледани най-често използваните, тествани и доказани алгоритми в научната литература. Освен това са разгледани и различни възможности за корекция на излъчвателната способност на повърхността, която може да повлияе в значителна степен на точността на получените резултати. Изследването съдържа описание на целия процес за обработка на топлинни спътникови изображения, предоставяйки обобщен модел за преобразуване на първичните пикселни стойности в стойности за температурата на земната повърхност.*

METHODS FOR LAND SURFACE TEMPERATURE ESTIMATION USING THERMAL INFRARED SATELLITE IMAGES

Ivan Yanev

e-mail: ivan.yanevmail@gmail.com

Keywords: *Land Surface Temperature, Urban Heat Island, Thermal Infrared Remote Sensing, methods, algorithms, LST, UHI, SUHI, TIR RS*

Abstract: *Estimating surface temperature is the main issue in thermal image processing. In this paper, we tried to present a comprehensive overview on the methods developed for solving this task. A review of the different types of methods and algorithms for extraction of surface temperature from satellite data is performed. It has been extensively dealt with the most commonly used, tested and proven algorithms in the scientific literature. In addition, different options for emissivity corrections that may affect significantly the results are examined. The study describes the whole process of processing of thermal images, providing a generalized model for transformation of primary pixel values in values of surface temperature.*

Въведение

Топлинните спътникови изображения имат предимството да предоставят гъста мрежа от времево-синхронизирани температурни данни на земната повърхност и градовете в частност (Steininger 1996). Наземните данни (данните от метеорологични станции) предлагат дълги времеви серии и висока времева разделителна способност, но ограничен пространствен обхват, което ги прави неефективни за анализиране на пространствения обхват на градските топлинни острови. Подвижните метеорологични наблюдателни станции в известна степен преодоляват това ограничение, но се губи синхронността на измерванията в обхвата на града, а изграждането на гъста мрежа от наблюдателни станции е финансово неефективно (Klok et al. 2012). Данните от топлинните дистанционни изследвания (ДИ) предоставят продължителност и непрекъснатост на наблюденията над целия град, поради което се явяват

уникален източник на информация за детайлно изследване на градски топлинни острови на повърхността и градският микроклимат. Ако се вземе предвид и предимството на времевите серии от наблюденията на спътниковите сензори, то спътниковите данни имат огромен потенциал за изследване на пространствения модел и динамиката на топлинната среда (Weng 2009).

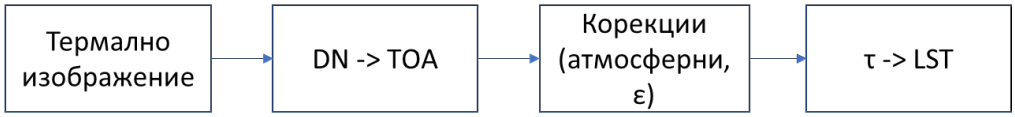
Сензорите на борда на спътника регистрират температурата на повърхността непосредствено изложена на моментното зрително поле (Instantaneous Field of View, IFOV) (Soux et al. 2004). Температурата на земната повърхност (Land Surface Temperature, LST) се дефинира като температура на „обвивката“ на повърхността (покриви, пътища, дървета, трева, вода и др.) (Qin & Karnieli 1999; Klok et al. 2012). Следователно основните продукти от работата на топлинните спътникови сензори са температура на земната повърхност (LST) и температура на морската повърхност (Sea Surface Temperature, SST). Те са основа за последващи анализи в множество различни области на човешкото познание и практика.

LST е широко използван параметър за анализиране на градския топлинен остров на повърхността (SUHI), което се отнася до топлината на повърхностния земен слой, тъй като променливата, която се анализира е температурата на повърхността, а не температурата на въздуха над нея (Voogt & Oke 2003). LST е важен параметър използван в множество дисциплини като: климатология (включително градска климатология), разкриване на топлинни и поглъщащи топлината острови (heat sink); хидрология, моделиране на температурата на водата; селско стопанство, мониторинг на растителността, мониторинг на вулкани, геотермален анализ, локализиране на пожари и изгорени площи, мониторинг на тръбопроводи, данни за влажността на почвата, наблюдение на индустриални площи (Zhan et al. 2013; Kuenzer et al. 2013).

1. Методи за определяне на температура на земната повърхност по спътникови данни

За разлика от директните наземни измервания на атмосферните топлинни острови, дистанционно регистрираните повърхностни топлинни острови представляват безконтактно измерване, което изисква да се отчете влиянието на атмосферата и енергийните свойства на повърхността, които влияят на излъчването и отразяването на електромагнитна радиация в работния спектрален участък на сензора (Voogt & Oke 2003). Всеки сензор регистриращ данни в топлинния диапазон записва информацията под формата на цифрови стойности (Digital numbers, DN). Обхвата на цифровите стойности зависи от възможността на сензора да разграничава определен брой яркостни нива (т.е. радиометричната му разделителна способност). Така например топлинният канал на Landsat ETM+ е 8 бита, което означава, че ретистрира 256 (2^8) нива на яркост, а цифровата стойност на пикселите е от 0 до 255. При 12 битови изображения, каквито са тези от топлинните канали на ASTER и TIRS (Landsat 8), има 4096 цифрови стойности, а динамичният обхват на топлинните канали на MODIS (канали 31 и 32) е 16 бита = 65536 DN.

Извличането на LST от различни спътникови сензори изисква различни техники за обработка на изображенията. Въпреки това съществуват няколко основни стъпки образуващи модел валиден за всяко изображение заснето в топлинния диапазон:



Фиг. 1. Обобщен модел за извличане на температура на земната повърхност от топлинни изображения, където DN – цифрова стойност на пиксела, TOA – температурата регистрирана от сензора, ε – излъчвателна способност, τ – яркостна температура на повърхността, LST – кинетична температура на повърността

Ако си представим, че атмосферата не оказва влияние върху лъчистата енергия достигаща до сензора то яркостната температура на повърхността може да бъде директно получена по смисъла на закона на Планк за радиацията от абсолютно черно тяло:

(1) $$B_\lambda(T_s) = \frac{c_1}{\lambda^5 \exp\left(\frac{c_2}{\lambda T_s}\right) - 1},$$

а кинетичната температура на повърхността ще получим според закона на Кирхов:

(2) $$T_{rad} = \varepsilon^{1/4} * T_{kin}$$

Сигналът идващ от обекта към сензора, обаче бива модифициран при преминаването си през атмосферата, която едновременно абсорбира и излъчва топлинна енергия. Влиянието на атмосферата е породено предимно от съдържанието на водна пара и абсорбираната от нея топлинна енергия (Vlassova et al. 2014). Това налага прилагането на атмосферни корекции, което е и основната трудност при съставянето на алгоритми за извличане на LST от топлинни изображения, тъй като тези алгоритми изискват данни за някои атмосферни параметри, които в повечето случаи не се измерват директно от спътника (напр. Landsat). Същността на атмосферните корекции се изразява в изваждане на излъчената и отразена от атмосферата енергия движеща се с посока към сензора от общата регистрирана от сензора енергия, така че яркостната температура на земната повърхност може лесно да се изчисли (Qin et al. 2001).

В научната литература съществуват множество методи за обработка на топлинни изображения и извличане на стойности за температура на земната повърхност от тях. Можем да отличим три основни метода за преобразуване на регистрираните цифрови стойности в температура на земната повърхност – уравнение на радиационен пренос (Radiative Transfer Equation, RTE), едноканален алгоритъм (Mono-Window, MW) и многоканален алгоритъм (Split-Window, SW).

1.1. Уравнение на радиационен пренос

Най-подходящият метод за извличане на LST е, чрез прилагане на RTE (Radiation Transfer equation) към топлинния канал на сензора (Jimenez-Munoz et al. 2009):

(3) $$L_{sensor,\lambda} = [\varepsilon_\lambda * B_\lambda(T_s) + (1 - \varepsilon_\lambda) * L_\lambda^{\downarrow}] * \tau_\lambda + L_\lambda^{\uparrow}$$

където $L_{sensor,\lambda}$ е лъчистата енергия достигнала (измерена) от сензора (at sensor radiance или top of atmosphere (TOA) radiance), ε_λ е излъчвателната способност на повърхността (emissivity), $B_\lambda(T_s)$ е лъчистата енергия на черно тяло според закона на Планк, а T_s е LST, τ_λ е пропускливостта на атмосферата, $L_\lambda^{\downarrow}$ е лъчистата енергия от атмосферата в посока към земята и $L_\lambda^{\uparrow}$ е лъчистата енергия от атмосферата в посока към сензора. Трябва да се отбележи, че Уравнение (1) зависи не само от дължината на вълната, но и от ъгъла на заснемане (Sobrino et al. 2004).

Следователно преобразувайки уравнение (1) $B(T_s)$ за даден спектрален канал ще бъде:

(4) $$B_\lambda(T_s) = \frac{L_{sen,\lambda} - L_\lambda^{\uparrow} - \tau_\lambda(1-\varepsilon_\lambda)L_\lambda^{\downarrow}}{\tau_\lambda \varepsilon_\lambda}$$

където B по закона на Планк е

(5) $$B_\lambda(T_s) = \frac{c_1}{\lambda^5 \exp\left(\frac{c_2}{\lambda T_s}\right) - 1}$$

c_1 и c_2 са първа и втора радиационни константи със стойности съответно 1.19104*108 W μm^4 m^{-2} sr^{-1} и 104 μm K.

Основният недостатък на този метод е необходимостта от наземно измерване на τ, L_d и L_u за спътниковите платформи, като например Landsat, които нямат инструменти за непосредствено измерване на тези атмосферни параметри. Измерването на терен, обаче рядко може да бъде приложимо, тъй като изисква това да се извърши в деня и часа на преминаване на спътника. Съществуват и други методи за получаването на тези атмосферни параметри, като например използването на глобални модели за атмосферното състояние като MODTRAN (Berk et al. 2011). Друга възможност са базите данни от AERONET (AErosol RObotic NETwork), NCEP/NCAR Reanalysis 1, ATMCOR (Atmospheric Correction Parameter Calculator).

1.2. Едноканален алгоритъм

Методите от този тип също използват алгоритми за изчисляване на LST само от един спектрален канал и извършват атмосферни корекции, базирайки се на RTE. Основният принцип

на този метод е да симулира спътникови измервания на няколко параметъра (температура, надморска височина, зенитен ъгъл на сензора, излъчвателна способност) за даден вертикален атмосферен профил използвайки RTM, като MODTRAN (Dash et al. 2001). Съществуват множество подобни алгоритми, на някои от които ще се спрем по-подробно.

а) Алгоритъм на Qin

Методите от този тип също използват алгоритми за изчисляване на LST само от един спектрален канал и извършват атмосферни корекции основани на RTE. Основният принцип на този метод е да симулира спътникови измервания на няколко параметъра (температура, надморска височина, зенитен ъгъл на сензора, излъчвателна способност) за даден вертикален атмосферен профил използвайки RTM, като MODTRAN (Dash et al. 2001). Съществуват множество подобни алгоритми, на някои от които ще се спрем по-подробно.

Според изследване на (Qin et al. 2001) до началото на 21 век изображенията от Landsat Thematic Mapper (TM) са били широко използвани за различни цели. Въпреки това използването на топлинния канал на сензора за извличане на LST и свързаните с него приложения е слабо застъпено поради сложността за получаване на качествени резултати при наличието само на един термален канал. До тогава изследванията са концентрирани в директно прилагане на цифровите стойности към реалните ситуации. Hurtado et al. (1996) разработват алгоритъм за извличане на LST от Landsat TM канал 6, който обаче включва няколко трудни за придобиване и в повечето случаи недостъпни параметъра.

С оглед минимизиране на изискуемите атмосферни параметри (Qin et al. 2001) разработват едноканален алгоритъм (Qin's Mono-Window algorithm, MW) за извличане на LST от TM6, който изисква само два атмосферни параметъра – пропускливост и средна температура:

(6) $$T_s = \frac{1}{C}\{a(1-C-D) + [b(1-C-D)+C+D] * T_{sensor} - DT_a\}$$

където a = −67.355351 и b = 0.458606 са константи, T_{sensor} е яркостната температура измерено от сензора, T_a е средната температура на атмосферата, а C и D се калкулират съответно с уравненията:

(7) $$C = \varepsilon\tau$$

(8) $$D = (1-\tau)[1+(1-\varepsilon)\tau]$$

Където ε е излъчвателната способност на повърхността, а τ е общата пропускливост на атмосферата.

С цел да се определи средната температура T_a са симулирани данни за съдържанието на водна пара и атмосферната температура, чрез LOWTRAN 7. Изследването показва, че докато съдържанието на водна пара се влияе значително от състоянието на атмосферата, то отношението между съдържанието на водна пара на определена височина към общото съдържание на водна пара е почти еднакво за всички атмосферни профили. Следователно T_a може да се изчисли от общото съдържание на водна пара и температурата на въздуха близко до повърхността (T_o), съгласно състоянието на атмосферата (Qin et al. 2001):

(9) $$T_a = 19.2704 + 0.91118\,T_o$$ (mid-latitude winter)

(10) $$T_a = 19.2704 + 0.91118\,T_o$$ (mid-latitude summer)

(11) $$T_a = 17.9769 + 0.91715\,T_o$$ (tropical atmosphere)

Освен това Qin et al. (2001) изчисляват атмосферната пропускливост (τ) от съдържанието на водна пара (w) за два температурни профила:

Табл. 1. Изчисляване на атмосферната пропускливост (τ) за канал 6 на Landsat TM (по Qin et al. 2001)

Температурен профил	Водна пара (w) (g cm^{-2})	Уравнение за пресмятане на пропускливостта	R^2	Стандартна грешка
Висока темп. (35C^0)	0.4 – 1.6	τ = 0.974290 – 0.08007 w	0.99611	0.002368
	1.6 – 3.0	τ = 1.031412 – 0.11536 w	0.99827	0.002539
Ниска темп. (18C^0)	0.4 – 1.6	τ = 0.982007 – 0.09611 w	0.99463	0.003340
	1.6 – 3.0	τ = 1.053710 – 0.14142 w	0.99899	0.002375

b) Алгоритъм на Jimenez-Munoz и Sobrino

Този генерализиран SC метод е също апроксимация на RTE с цел извличане на LST от един топлинен канал, но за атмосферни корекции се изискват единствено данни за съдържанието на водна пара в атмосферата. Алгоритъма е разработен през 2003 г. (Jiménez-Muñoz & Sobrino 2003) и обновен през 2009 г. (Jimenez-Munoz et al. 2009):

(12) $$T_s = \gamma \left[\frac{1}{\varepsilon}(\psi_1 L_{sen} + \psi_2) + \psi_3\right] + \delta$$

където ε е излъчвателната способност на повърхността, γ и δ са параметри зависими от функцията на Планк, а ψ_1, ψ_2 и ψ_3 са т. нар. атмосферни функции (AFs). Всички параметри от уравнението са спектрално зависими, което е пропуснато с цел опростяване. Тези параметри са дадени в следните уравнения:

(13) $$\gamma \approx \frac{T_{sen}^2}{b_\gamma L_{sen}}$$

(14) $$\delta \approx T_{sen} - \frac{T_{sen}^2}{b_\gamma}$$

където L_{sen} е лъчистата енергия измерена от сензора, T_{sen} е яркостната температура при сензора, $b_\gamma = c_2/\lambda$ (1277 K за L7B6; 1324 за B10 и 1199 K за B11; Aster B10 -),

ψ_1, ψ_2 и ψ_3 са т. нар. атмосферни функции (AFs), които отнасят τ, $L_\lambda^\uparrow$ и $L_\lambda^\downarrow$ към дадена стойност за съдържание на водни пари (w) и са изразени съответно за:

Landsat 7 ETM+:

$$\psi_1 = 0.09172w^2 - 0.09894w + 1.09659$$
$$\psi_2 = -0.71656w^2 - 0.64218w - 0.17183$$
$$\psi_3 = -0.03503w^2 + 1.54063w - 0.46434$$

Landsat 8 канал 10:

$$\psi_1 = 0.04019w^2 + 0.02916w + 1.01523$$
$$\psi_2 = -0.38333w^2 - 1.50294w + 0.20324$$
$$\psi_3 = 0.00918w^2 + 1.36072w - 0.27514$$

ASTER канал 13:

$$\psi_1 = 0.06524w^2 - 0.05878w + 1.06576$$
$$\psi_2 = -0.55835w^2 - 0.75881w + 0.00327$$
$$\psi_3 = -0.00284w^2 + 1.35633w - 0.43020$$

ASTER канал 14:

$$\psi_1 = 0.10062w^2 - 0.13563w + 1.10559$$
$$\psi_2 = -0.79740w^2 - 0.39414w - 0.17664$$
$$\psi_3 = -0.03091w^2 + 1.60094w - 0.56515$$

Повече информация относно атмосферните функции и получаване на описаните коефициенти е дадена в (Jimenez-Munoz et al. 2009; Jiménez-Muñoz et al. 2014; Jiménez-Muñoz & Sobrino 2010).

1.3. Многоканален алгоритъм

Многоканалният алгоритъм (Split Window, SW) използва два топлинни канала, обикновено в диапазона 10–12 μm. В основата му стои факта, че намаляването на лъчистата енергия, поради поглъщането от атмосферата, е пропорционално на разликата в лъчистата енергия от едновременното измерване в два спектрални канала, всеки от които е обект на различно количество поглъщане от атмосферата (McMillin 1975). В научната литература съществуват множество алгоритми базирани на този метод (Sobrino & Raissouni 2000; Becker & Li 1990; Price 1984; Coll et al. 1994; Caselles et al. 1997; Sobrino et al. 1993), а според изследвания базирани на сравнителни анализи (Zhao et al. 2009; Vera & Parra 2002) алгоритъма на Sobrino & Raissouni (2000) и по-късно обновен Sobrino et al. (2003) показва най-точни резултати:

(15) $$T_s = T_i + c_1(T_i - T_j) + c_2(T_i - T_j)^2 + c_0 + (c_3 + c_4 w)(1 - \varepsilon) + (c_5 + c_6 w)\Delta\varepsilon$$

където T_i и T_j са яркостната температура при сензора за канали i и j (в Келвини), ε е средната излъчвателна способност на повърхността ($\varepsilon = 0.5(\varepsilon_i + \varepsilon_j)$, $\Delta\varepsilon$ е разликата в излъчвателната способност ($\Delta\varepsilon = \varepsilon_i - \varepsilon_j$), w е общото съдържание на водна пара в атмосферата (в g·cm^{-2}) и c_0- c_6 са коефициенти, които се определят от симулирани данни за състоянието на атмосферата (τ, $L_\lambda^\uparrow$, $L_\lambda^\downarrow$).

Табл. 2. Split-window коефициенти за извличане на LST от топлинни спътникови изображения (Jiménez-Muñoz et al. 2014; Jiménez-Muñoz & Sobrino 2007; Jimenez-Munoz & Sobrino 2008)

Канали	c_0	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	r
L8B10-11	-0.2680	1.3780	0.1830	54.30	-2.238	-129.20	16.40	0.984
AST10-11	0.7495	-3.3293	0.8600	48.43	-1.02	101.48	-10.09	0.980
AST10-12	0.4502	-2.0028	0.0399	52.56	-1.61	58.04	-4.47	0.980
AST10-13	-0.3041	-1.5831	0.0212	44.86	12.26	48.94	2.41	0.930
AST10-14	0.0221	-1.6373	0.0044	32.15	26.14	41.08	8.37	0.890
AST11-12	0.2263	-3.7480	0.0386	55.67	-1.76	147.27	-13.97	0.960
AST11-13	0.2492	-1.6496	-0.0004	27.64	24.69	39.15	10.11	0.860
AST11-14	1.9207	-0.6246	0.0537	3.14	41.51	5.29	19.41	0.800
AST12-13	2.2479	0.0390	0.0496	13.59	30.61	-19.47	18.62	0.860
AST12-14	2.7340	0.6678	0.0593	10.83	27.45	-42.96	16.46	0.880
AST13-14	0.2665	4.8257	0.5816	35.01	1.33	-282.25	33.77	0.960
TMOD11-12	-0.0040	2.6250	0.4240	41.40	0.04	-201.00	26.60	0.981
AMOD11-12	0.0120	2.6010	0.4240	41.30	0.14	-199.00	26.30	0.980

2. Корекции на излъчвателната способност на повърхността

От гореописаните алгоритми ясно личи, че за всички методи за калкулиране на LST и атмосферни корекции е необходима информация относно излъчвателната способност на повърхността (*ε*, emissivity). Законът на Планк определя енергията излъчена от абсолютно черно тяло, но в действителност подобни обекти в природата са изключително малко, а повечето обекти излъчват по-малко от предвиденото от тяхната кинетична температура. Този факт се взима предвид от *ε*. Излъчвателната способност представлява отношението между лъчистата енергия на даден обект при определена температура и лъчистата енергия на абсолютно черно тяло при същата температура (Kuenzer & Dech 2013)

(16) $$\varepsilon = \frac{M_r}{M_b}$$

където M_r е енергията излъчена от обекта, а M_b е енергията излъчена от черно тяло.

Излъчвателната способност се влияе от множество фактори (цвят, грапавост на обекта, съдържание на влага, плътност, дължина на вълната, зрителен ъгъл на сензора), но не е температурно зависима (Hall 2007; Flynn et al. 2001). Влиянието на излъчвателната способност върху спътниковите измервания може да бъде обобщено в три категории (Prata 1993):

- *ε* води до редуциране на излъчената от повърхността енергия;
- „нечерните“ тела отразяват енергия;
- анизотропията присъща на отразяването и излъчването може да намали или увеличи общото количество енергия от повърхността.

Като правило грешка от 0.01 *ε* води до температурна грешка от порядъка на 0.5-1 K. Всъщност грешката в *ε* зависи от температурата на обекта и *ε* на обекта. С по-малък *ε* може да се достигне до температурна грешка в порядъка на 10 K. За типични типове земно покритие промяна с 0.01 *ε* води до температурна грешка от 0.7-1 °C, но абсолютната температурна грешка може да достигне до 25 °C, а за метална повърхност дори до °100 (Kuenzer & Dech 2013).

Съгласно (Dash 2005) съществуват множество методи за оценка на излъчвателната способност, като: reference channel method (Kahle, Madura, and Soha, 1980); метод на нормализирана излъчвателна способност (normalized emissivity method, NEM) (Gillespie, 1985); метод на отношение между спектрални канали (spectral-ratio method) (Watson, 1992); алфа остатъци (alpha residuals) (Kealy and Gabell, 1990, Kealy and Hook, 1993); спектрални индекси в термалния инфрачервен диапазон (thermal infrared spectral indices) (Becker and Li, 1990); отделяне на температура-излъчвателна способност (temperature emissivity separation) (TES) максимална-минимална разлика на излъчвателната способност (maximum-minimum difference of

emissivity) (Gillespie, Rokugawa, Hook, Matsunaga, and Kahle, 1996, Gillespie, Rokugawa, Matsunaga, Cothern, Hook, and Kahle, 1998); чрез използване на NDVI (van de Griend and Owe, 1993, Valor and Caselles, 1996); метод базиран на класификация (classification-based emissivity method) (Snyder, Wan, Zhang, and Feng, 1998a, Snyder and Wan, 1998b).

2.1. Изчисляване на излъчвателната способност по дефиниция

Излъчвателната способност може да се получи, чрез директно прилагане на дефиницията за $\boldsymbol{\varepsilon}$ ($\varepsilon = M_r/M_b$) или, чрез прилагане на закона на Кирхов ($\varepsilon_\lambda = 1 - \rho_\lambda$, където ρ_λ е отразената от обекта радиация).

2.2. Метод с прагови стойности на NDVI

Този метод се базира на зависимостта между количеството растителност в един пиксел от изображението и излъчвателната способност на пиксела, допускайки че дадено изображение е съставено от два компонента – почва и растителност (Brunsell & Gillies 2002). NDVI се дефинира, като функция на повърхностното отражение в червения и инфрачервения спектрални участъци (Rouse et al. 1974). Van de Griend & Owe (1993) първи описват логаритмична взаимовръзка между NDVI и $\boldsymbol{\varepsilon}$, след което се изследва взаимовръзката между NDVI и процентното растително съдържание (Caselles et al. 1997; Gillies et al. 1997):

(17) $$NDVI = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1}$$

където ρ_2 и ρ_1 са измереното отражение съответно в инфрачервения и червения диапазон на спектъра.

(18) $$P_v = \left[\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}}\right]^2$$

където P_v е пропорцията на растителна повърхност (vegetation proportion), а $NDVI_{max}$ и $NDVI_{min}$ са прагови стойности (NDVI thresholds).

Sobrino et al. (2004) предлагат следните прагови стойности и формула за изчисление на $\boldsymbol{\varepsilon}$ в диапазона 0.2 < NDVI < 0.5:

Табл. 3. Стойности на излъчвателната способност според праговите стойности на NDVI, където $\boldsymbol{\varepsilon_v}$ и $\boldsymbol{\varepsilon_s}$ са излъчвателната способност съответно на растителност и почва

NDVI прагова стойност	Тип повърхност	Излъчвателна способност (ε)
< 0.2	Гола почва	0.97
0.2 – 0.5	Смес от гола почва и растителна повърхност	$\varepsilon = \varepsilon_v P_v + \varepsilon_s(1 - P_v) + d_\varepsilon$
> 0.5	Растителна повърхност	0.99

Терминът d_ε от уравнение (3) включва ефекта от геометричното разпределение на повърхностите.

(19) $$d_\varepsilon = (1 - \varepsilon_s)(1 - P_v)F\varepsilon_v$$

където F е геометричен фактор, чиято средна стойност е 0.55 (Sobrino et al. 1990). Следователно LSE може да бъде изчислена, като:

(20) $$\varepsilon = mP_v + n$$

където

(21) $$m = \varepsilon_v - \varepsilon_s - (1 - \varepsilon_s)F\varepsilon_v$$
(22) $$n = \varepsilon_s + (1 - \varepsilon_s)F\varepsilon_v$$

Както се вижда от горните уравнения са необходими данни за стойностите на излъчвателната способност на почвата и растителността. Тези стойности могат да бъдат измерени на терен, да се използват данни от научната литература за измерени стойности или да се използва спектралната библиотека от ASTER (Baldridge et al. 2009).

Връщайки се към Уравнение (1) е важно да се отбележи, че за получаването на коректни стойности за ε е необходимо да се използват стойности за отражението от повърхността, вместо директната стойност регистрирана от сензора (at-sensor или TOA reflectance), т.е. трябва да се премахне влиянието на атмосферата.

2.3. Метод базиран на класификация

Този метод се състои в класифициране на изображението и предаване на стойност ε за всеки клас. Стойността за излъчвателна способност може да се измери на терен, да се използват известни (вече измерени) стойности от научната литература или да се използват спектрални библиотеки, като тези от ASTER (URL: http://speclib.jpl.nasa.gov/) и MODIS (URL: http://www.icess.ucsb.edu/modis/EMIS/html/em.html). Имайки предвид, че ε се влияе от множество фактори (цвят, влагосъдържание, ъгъл на измерване и т.н.), коментирани по-горе, използването на този метод изисква измерване на ε при същото състояние на обекта, в което се е намирал в момента на заснемане (Flynn et al. 2001).

2.4. Отделяне на температура – излъчвателна способност

Алгоритъмът (Temperature – Emissivity Separation, TES) е разработен от Gillespie et al. (1998) за данните събирани от ASTER с цел създаване на стандартен продукт за LST и ε, след което е модифициран със същата цел за MODIS (Hulley 2013). TES алгоритъма комбинира предимствата на няколко метода съставящи го като отделни модули – NEM (Normalized Emissivity Method) модул, Ratio модул, MMD (Maximum–Minimum Difference) модул и модул за оценка на качеството (Wang 2012). Въпреки, че TES метода показва задоволителни резултати, според официалната документация на алгоритъма Gillespie et al. (1999), грешката в ε е приблизително ±0.015, а получената чрез него LST ≈ ±1.5 K) той може да бъде приложен само при наличието на достатъчен брой канали в топлинния диапазон (4-5).

2.5. Спектрални индекси на топлинния инфрачервен канал

Този метод (Thermal infrared spectral indices, TISI) изчислява математическото отношение между стойностите на лъчистата енергия от различни канали (radiances ratios), което е независимо от LST и зависимо от относителната излъчвателна способност (ε ratios) (Dash 2005). Използването на този метод обаче може да бъде ограничено от няколко изисквания (Yu et al. 2014): 1) необходими са атмосферни корекции и съчетание между данни в средния (MIR) и топинния (TIR) инфрачервен диапазон; 2) повърхността трябва да бъде заснета при еднакви условия (например зрителен ъгъл) през деня и през нощта; 3) трябва да бъде извършено точно привързване (co-registration) на изображенията. Въпреки това, допускайки, че относителната ε за деня и нощта не се различава, метода е приложим при наличието на два или повече канала (Dash 2005).

За да се оцени точността на различните методи са необходими експериментални наземни данни за големи хомогенни площи (Dash et al. 2001). Понеже ние не разполагаме с измервания на излъчвателната способност, ще използваме готови продукти или спектрални библиотеки.

Заключение

Разработените до момента методи за извличане на температура на земната повърхност от топлинни спътникови изображения до голяма степен са продиктувани от появата и развитието на платформите за дистанционно заснемане на земната повърхност и на носената от тях апаратура. Пространствената, времева и радиометрична разделителна способност на заснемащата апаратура, броя на спектралните канали в топлинния диапазон, многоканалното заснемане са основни фактори, влияещи върху алгоритмите за извличане на температурата на земната повърхност.

Днес съществуват множество различни топлинни сензори, и въпреки че имат по-добра пространствена разделителна способност (ПРС) спрямо най-ранните топлинни спътникови данни (7-8 km ПРС), те все още не покриват изискванията на потребителите. Понастоящем най-високата ПРС в термалния диапазон е 60 m получена от сензора Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM +) на борда на Landsat 7. Тя е приложима за множество изследвания на най-различна тематика, и въпреки че това са най-често използваните дистанционни топлинни данни все още има необходимост от подобряване на ПРС. Това налага необходимостта и от непрекъснато подобряване на методите за извличане на температура на повърхността от топлинни спътникови изображения.

Литература:

1. Baldridge, A.M. et al., 2009. The ASTER spectral library version 2.0. *Remote Sensing of Environment*, 113(4), pp. 711–715. DOI: 10.1016/j.rse.2008.11.007.
2. Becker, F. & Li, Z.-L., 1990. Towards a local split window method over land surfaces. *International Journal of Remote Sensing*, 11(3), pp. 369–393. DOI: 10.1080/01431169008955028.
3. Berk, A. et al., 2011. MODTRAN 5.2.1 user's manual., pp. 1–69.
4. Brunsell, N. & Gillies, R.R., 2002. Incorporating surface emissivity into a thermal atmospheric correction. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(12), pp. 1263–1269.
5. Caselles, V., Coll, C. & Valor, E., 1997. Land surface emissivity and temperature determination in the whole HAPEX-Sahel area from AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing*, 18(5), pp. 1009–1027. DOI: 10.1080/014311697218548.
6. Coll, C. et al., 1994. On the atmospheric dependence of the split-window equation for land surface temperature. *International Journal of Remote Sensing*, 15(1), pp. 105–122. DOI: 10.1080/01431169408954054.
7. Dash, P., 2005. Land Surface Temperature and Emissivity Retrieval from Satellite Measurements. *Meteorologie*, p. 99.
8. Dash, P. et al., 2001. Retrieval of land surface temperature and emissivity from satellite data: Physics, theoretical limitations and current methods. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 29(1–2), pp. 23–30.
9. Flynn, L.P., Harris, A.J.L. & Wright, R., 2001. Improved identification of volcanic features using Landsat 7 ETM+. *Remote Sensing of Environment*, 78(1–2), pp. 180–193.
10. Gillespie, A. et al., 1998. A temperature and emissivity separation algorithm for Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) images. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*, 36(4), pp. 1113–1126.
11. Gillespie, A.R. et al., 1999. Temperature / emissivity separation algorithm theoretical basis document , Version 2 . 4. , pp. 1–64.
12. Gillies, R.R., Kustas, W.P. & Humes, K.S., 1997. A verification of the "triangle" method for obtaining surface soil water content and energy fluxes from remote measurements of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and surface e. *International Journal of Remote Sensing*, 18(15), pp. 3145–3166. DOI: 10.1080/014311697217026.
13. Van de Griend, A.A. & Owe, M., 1993. On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surfaces. *International Journal of Remote Sensing*, 14(6), pp.1119–1131. DOI: 10.1080/01431169308904400.
14. Hall, P.P., 2007. Thermal Infrared Remote Sensing. , pp.1–39.
15. Hulley, G., 2013. A Water Vapor Scaling (WVS) Method for Improving Atmospheric Correction of Thermal Infrared (TIR) Data. In C. Kuenzer & S. Dech, eds. *Thermal Infrared Remote Sensing SE - 13*. Remote Sensing and Digital Image Processing. Springer Netherlands, pp. 253–265. DOI: 10.1007/978-94-007-6639-6_13.
16. Hurtado, E., Vidal, A. & Castelles, V., 1996. Comparison of two atmospheric correction methods for Landsat TM thermal band. *International Journal of Remote Sensing*, 17(2), pp. 237–247. DOI: 10.1080/01431169608949002.
17. Jimenez-Munoz, J.-C. & Sobrino, J.A., 2008. Split-Window Coefficients for Land Surface Temperature Retrieval From Low-Resolution Thermal Infrared Sensors. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 5(4), pp. 806–809. http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=4656465
18. Jimenez-Munoz, J.C. et al., 2009. Revision of the single-channel algorithm for land surface temperature retrieval from landsat thermal-infrared data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 47(1), pp. 339–349.
19. Jiménez-Muñoz, J.C. et al., 2014. Land surface temperature retrieval methods from Landsat-8 thermal infrared sensor data. *Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE*, 11(10), pp. 1840–1843. URL: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6784508.
20. Jiménez-Muñoz, J.C. & Sobrino, J.A., 2003. A generalized single-channel method for retrieving land surface temperature from remote sensing data. *Journal of Geophysical Research*, 109, p. 8112.
21. Jiménez-Muñoz, J.C. & Sobrino, J. a., 2010. A single-channel algorithm for land-surface temperature retrieval from ASTER data. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 7(1), pp. 176–179.
22. Jiménez-Muñoz, J.C. & Sobrino, J. a., 2007. Feasibility of retrieving land-surface temperature from ASTER TIR bands using two-channel algorithms: A case study of agricultural areas. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 4(1), pp. 60–64.
23. Klok, L. et al., 2012. The surface heat island of Rotterdam and its relationship with urban surface characteristics. *Resources, Conservation and Recycling*, 64, pp. 23–29. DOI: 10.1016/j.resconrec.2012.01.009.

24. Kuenzer, C. et al., 2013. Spaceborne Thermal Infrared Observation – An Overview of Most Frequently Used Sensors for Applied Research. In C. Kuenzer & S. Dech, eds. *Thermal Infrared Remote Sensing SE - 7*. Remote Sensing and Digital Image Processing. Springer Netherlands, pp. 131–148. DOI: 10.1007/978-94-007-6639-6_7.
25. Kuenzer, C. & Dech, S., 2013. Theoretical Background of Thermal Infrared Remote Sensing. In C. Kuenzer & S. Dech, eds. *Thermal Infrared Remote Sensing SE - 1*. Remote Sensing and Digital Image Processing. Springer Netherlands, pp. 1–26. DOI: 10.1007/978-94-007-6639-6_1.
26. McMillin, L.M., 1975. Estimation of sea surface temperatures from two infrared window measurements with different absorption. *Journal of Geophysical Research*, 80(36), pp.5113–5117. DOI: 10.1029/JC080i036p05113.
27. Prata, A.J., 1993. Land surface temperatures derived from the advanced very high resolution radiometer and the along-track scanning radiometer: 1. Theory. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 98(D9), pp. 16689–16702. DOI: 10.1029/93JD01206.
28. Price, J.C., 1984. Land surface temperature measurements from the split window channels of the NOAA 7 Advanced Very High Resolution Radiometer. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 89(D5), pp. 7231–7237. DOI: 10.1029/JD089iD05p07231.
29. Qin, Z. & Karnieli, A., 1999. Progress in the remote sensing of land surface temperature and ground emissivity using NOAA-AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing*, 20(12), pp. 2367–2393.
30. Qin, Z., Karnieli, A. & Berliner, P., 2001. A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its application to the Israel-Egypt border region. *International Journal of Remote Sensing*, 22(18), pp. 3719–3746.
31. Rouse, J.W., Haas, R.H. & Schell, J.A., 1974. *Monitoring the vernal advancement and retrogradation (greenwave effect) of natural vegetation*, College Station: Texas A and M University.
32. Sobrino, J.A., Caselles, V. & Becker, F., 1990. Significance of the remotely sensed thermal infrared measurements obtained over a citrus orchard. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 44(6), pp.343–354. DOI: 10.1016/0924-2716(90)90077-O.
33. Sobrino, J.A., Caselles, V. & Coll, C., 1993. Theoretical split-window algorithms for determining the actual surface temperature. *Il Nuovo Cimento C*, 16(3), pp.219–236. DOI: 10.1007/BF02524225.
34. Sobrino, J.A., El Kharraz, J. & Li, Z.-L., 2003. Surface temperature and water vapour retrieval from MODIS data. *International Journal of Remote Sensing*, 24(24), pp. 5161–5182. DOI: 10.1080/0143116031000102502.
35. Sobrino, J.A. & Raissouni, N., 2000. Toward remote sensing methods for land cover dynamic monitoring: Application to Morocco. *International Journal of Remote Sensing*, 21(2), pp. 353–366. DOI: 10.1080/014311600210876.
36. Sobrino, J. a., Jiménez-Muñoz, J.C. & Paolini, L., 2004. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of Environment*, 90(4), pp. 434–440.
37. Soux, A., Voogt, J. & Oke, T.R., 2004. A model to calculate what a remote sensor “sees” of an urban surface. *Boundary-Layer Meteorology*, 111(1), pp. 109–132.
38. Steininger, M.K., 1996. Tropical secondary forest regrowth in the Amazon: age, area and change estimation with Thematic Mapper data. *International Journal of Remote Sensing*, 17(1), pp. 9–27. DOI: 10.1080/01431169608948984.
39. Vera, L. & Parra, J.C., 2002. Comparative Analysis of Split-Window Algorithms for Estimating Soil Temperature. *System*, pp. 35–39.
40. Vlassova, L. et al., 2014. Assessment of methods for land surface temperature retrieval from landsat-5 TM images applicable to multiscale tree-grass ecosystem modeling. *Remote Sensing*, 6(5), pp.4345–4368.
41. Voogt, J.A. & Oke, T.R., 2003. Thermal remote sensing of urban climates. *Remote Sensing of Environment*, 86(3), pp. 370–384. DOI: 10.1016/S0034-4257(03)00079-8.
42. Wang, S.L.L.B.T.-A.R.S. ed., 2012. Chapter 8 - Land-Surface Temperature and Thermal Infrared Emissivity. pp. 235–271. DOI: 10.1016/B978-0-12-385954-9.00008-3.
43. Weng, Q., 2009. Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 64(4), pp. 335–344. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2009.03.007 [Accessed November 5, 2014].
44. Yu, X., Guo, X. & Wu, Z., 2014. Land Surface Temperature Retrieval from Landsat 8 TIRS-Comparison between Radiative Transfer Equation-Based Method, Split Window Algorithm and Single Channel Method. *Remote Sensing*, 6(10), pp. 9829–9852. DOI: 10.3390/rs6109829.
45. Zhan, W. et al., 2013. Disaggregation of remotely sensed land surface temperature: Literature survey, taxonomy, issues, and caveats. *Remote Sensing of Environment*, 131, pp. 119–139. DOI: 10.1016/j.rse.2012.12.014
46. Zhao, S. et al., 2009. Comparison of two split-window methods for retrieving land surface temperature from MODIS data. *Journal of Earth System Science*, 118(4), pp. 345–353.

ДИСТАНЦИОННИ МЕТОДИ В ТЪРСЕНЕТО И ПРОУЧВАНЕТО НА НЕФТ И ГАЗ

Мая Григорова

Минно-геоложки университет «Св. Иван Рилски» - София
e-mail: maya.grigorova86@gmail.com

Ключови думи: *Сателитни снимки, търсене и прочване на нефт и газ*

Резюме: *Използването на сателитни изображения за целите на геоложките изследвания и по-специално в областта на търсене и проучване на въглеводороди, се отличава като неинвазивен, икономически целесъобразен и надежден подход за изучаване и окунтуряване на потенциално перспективни в нефто-газоносно отношение площи. Използването на сателитни снимки е особено подходящо в ранните етапи на изследване главно в трудно достъпни райони, където разполагането на проучвателната техника на такъв етап от проучването би било икономически нерентабилно. По такъв начин, дистанционно, става възможно добиването на информация за терена бързо, независимо от метеорологичните условия и при ниски проучвателни рискове.*

REMOTE SENSING IN HYDROCARBON EXPLORATION

Maya Grigorova

University of Mining and geology “St. Ivan Rilski” - Sofia
e-mail: maya.grigorova86@gmail.com

Keywords: *Satellite imagery, oil and gas exploration*

Abstract: *This paper reviews the successful application of digital remote sensing to petroleum exploration. This method prooved itself as noninvasive, thrusty and cost effective way to exploare the most difficult-to-access region of interest of oil and gas industry. This method provides weather independency, allowing to be mapped large areas of terrain in limited timeframes, independent of the solar illumination conditions. Satellite imagery incorporated with GIS can provide a birds-eye view of oil and gas exploration and development operations and aid in monitoring of producing fields without being present and supports of technical facilities, emergencies and hazards which can reveal potential risks for investigated areas.*

Въведение

Нарастващите потребности от енергийни суровини изискват непрекъснато усъвършенстване на методите и средствата за търсене и проучване на нови находища.Търсят се разнообразни подходи за получаване на достоверна геолого-геофизична информация, посредством която детайлно да бъде изследван всеки сантиметър от проучваната територия, а това от своя страна да доведе до повишаване достоверността на последващата интерпретация на данните. Мащабните геологопроучвателни дейности през последните няколко десетилетия доведоха до откриването и експоатацията на голяма част от настоящите находища на изкопаеми горива. С напредване на процесите на експлоатация на известните находища и с повишаване степента на изученост на перспективните територии, откриването на нови източници на минерални и енергийни суровини става все по-сложно и скъпо струващо. Все повече се засилва и интересът към трудно достъпни и неизследвани до момента райони, характеризиращи се с трудно извлекаеми суровини изискващи прилагането на сложни технологии.

Извършването на полеви сеизмични дейности в труднодостъпен терен изисква сериозни инвестиции на време и капитали, като също така крие рискове за здравето и безопасността на техническите екипи и опазването на околната среда. Поради тези

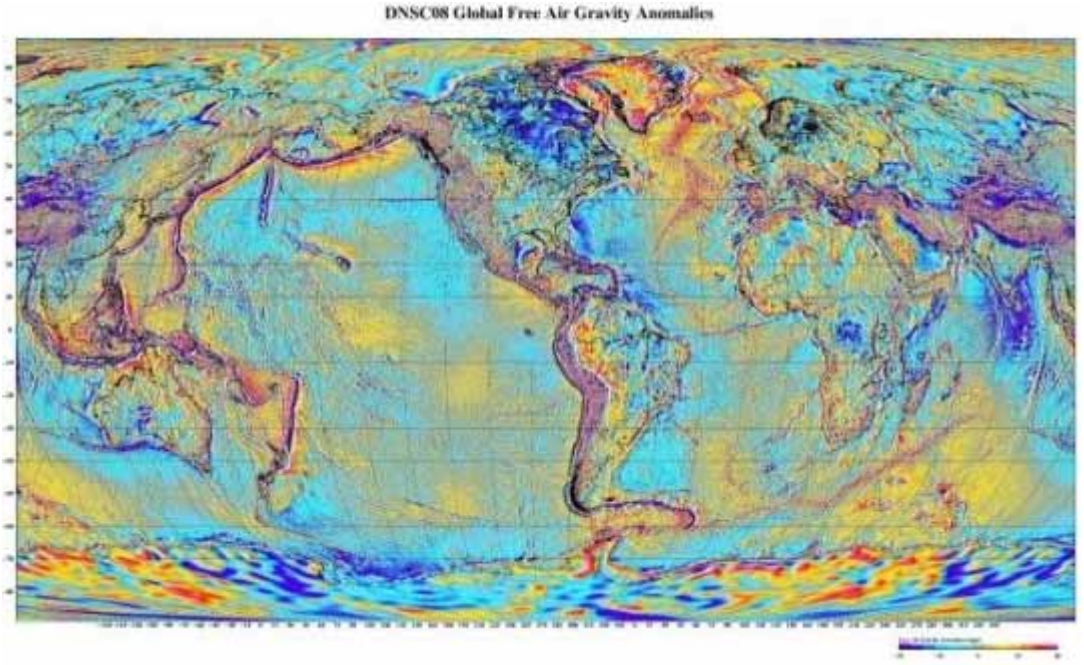
съображения се търсят разнообразни подходи както за повишаване степента на достоверност при проучването, така и за намаляване риска от екологични последици върху изследваната територия. Като ефективен инструмент в тази посока се отличават сателитните изображения. Те се явяват достоверен източник на информация за характера на изследваната площ разглеждани съвместно с геоложките карти на района. Възможно е по тях да бъдат локализирани аномалии свързани с нефтени проявления като по такъв начин да способстват оценката на въглеводородната перспективност на площта.

Приложение на метода за целите на нефтопроучването

Дистанционните изследвания имат широко приложение в най-различни области. Най-общо тези изображения са заснети от сензори на борда на въздушни самолети или космически спътници и представляват важен източник на информация, както за картиране така и за мониторинг на различни природни и антропогенни елементи от земната повърхност.

Развитието на средствата за дистанционни изследвания на земната повърхност през последните години позволи появата и реализацията на нови технологии за обработка на сателитни данни като мощен инструмент за изследване на земната повърхност, нейната динамика и обекти върху нея. През годините техниките за радарни снимки са претърпели бурно развитие. Допреди десетилетие сателитните изображения са успявали да засекат само нефтени петна по-големи от милиметър при идеални метеорологични условия. На съвременен етап технологията позволява да се локализират въглеводородни проявления с размер от няколко микрона. Особено развиващ се дял в сателитните изображения за целите на нефтопроучването се явяват гравитационните снимки. Те се основават на разликата в гравитационното поле предизвикано от разликата в плътностите на нефтонаситените скали и заобикалящите ги скални комплекси, които се характеризират като по-плътни, спрямо порестите седиментни скали, за които се счита, че са наситени с въглеводороди.

На фигура 1 е показана карта на разликата в гравитационното поле по земята основана на сателитни измервания. Картата показва по-ясно забележими гравитационни аномалии в бреговите участъци където са съсредоточени и голяма част от откритите понастоящем въглеводородни залежи.



Фиг. 1. Карта на гравитационните вариации по Земята

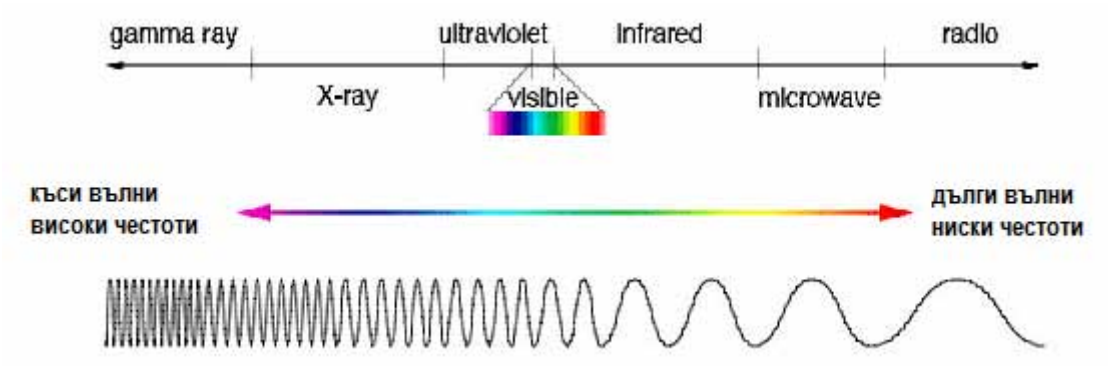
Интерпретацията и анализа на изображения, заснети по метода на дистанционните изследвания се нуждае от разбиране на процесите, които обуславят взаимовръзката между свойствата, които сензорът реално измерва и свойствата на повърхността, които представляват интерес за изследването. Познаването на тези зависимости е предпоставка за адекватния избор, обработка и интерпретация на изображенията, заснети от сензорите за дистанционни изследвания.

От сателитните изображения посредством анализ на дължината на вълната, диапазона на електромагнитния спектър, може да се получи ценна информация за физикохимичните свойства на изследваната среда.

Значимостта на различните диапазони се крие в механизма на взаимодействие между електромагнитната радиация и материалите, които се изследват. Във видимия и инфрачервен диапазон отразената енергия, измерена от сензорът зависи от свойства като пигментация, съдържание на влага и клетъчна структура на растителността, минерално и водно съдържание на почви и ниво на седиментация на водата. Този диапазон дава конкретна информация за състава на почвата, нивото на влажност на почвата, наличието на нефтени петна, вида на скалите.

В термалния край на инфрачервения диапазон силата на уловената радиация се контролира от капацитета на излъчване и други термични свойства на повърхността и на материята непосредствено под нея.

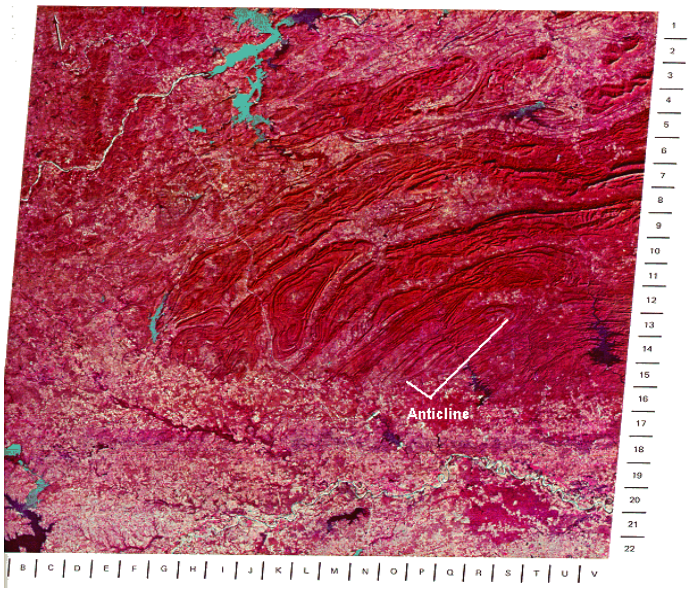
В микровълновия диапазон, използвайки активни системи за заснемане, базирани на радарните технологии, силата на отразения сигнал зависи от грапавината на земното покритие. Във всички случаи, при взаимодействието си с радиацията от различните части на електромагнитния спектър, различните типове материали (вода, почва, въглеводороди, растителност и др.) реагират по определен начин, т.е. имат т.нар. спектрална сигнатура.



Фиг. 2. Илюстрация на електромагнитния спектър

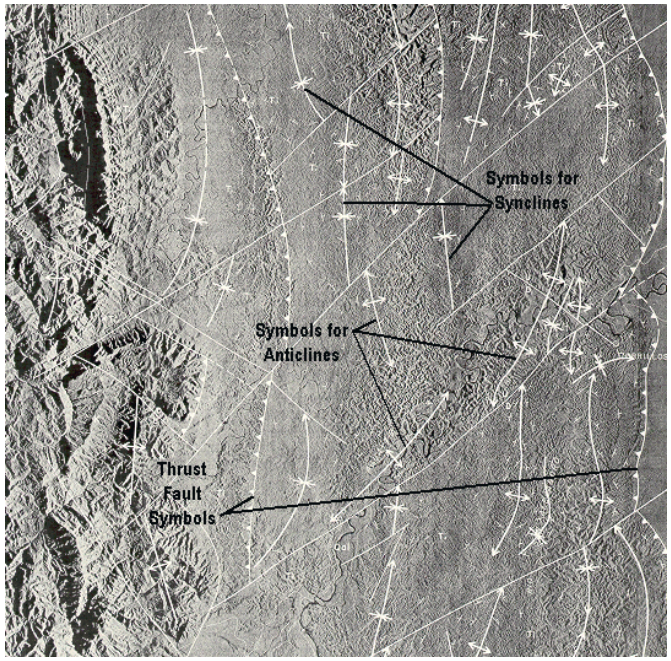
Въз основа информацията получена от сателитни изображения е възможно построяването на различни геоложки карти. Геоложките карти са пряко отражение на познанията за геоложкия строеж на територията на всяка страна и по същество представляват комплексно научно изследване на даден регион. Те са основен информационен продукт, който обслужва не само фундаменталните научни изследвания, но преди всичко осъществяване на голям брой приложни дейности, свързани с оценка на потенциала на отделни области като източници на минерални суровини и подземни води; изготвяне на проекти за строителство на битови, промишлени, комуникационни и инфраструктурни съоръжения; оценка на геоекологичната обстановка и замърсяването на околната среда; прогнозиране на геоложкия риск (свлачища, срутища и земетресения); подобряване на жизнената среда.

На фигура 3 е показана топографска карта от района на Оклахома, която изобразява разломена повърхнина с палеозойска възраст, покрита от млади седименти. На изображението могат да се проследят и интересни в нефто-газоносно отношение структури като антиклинали. Този тип стратиграфски капани на въглеводороди са от изключителен интерес за петролните компании, които биха проявили интерес за инвестиция в такъв тип изследване. Сателитното изображение се явява икономически рентабилно в процеса на стартиране на проучването.



Фиг. 3. Сателитна топографска карта (http://dnr.louisiana.gov/assets/TAD/education/BGBB/5/techniques.html)

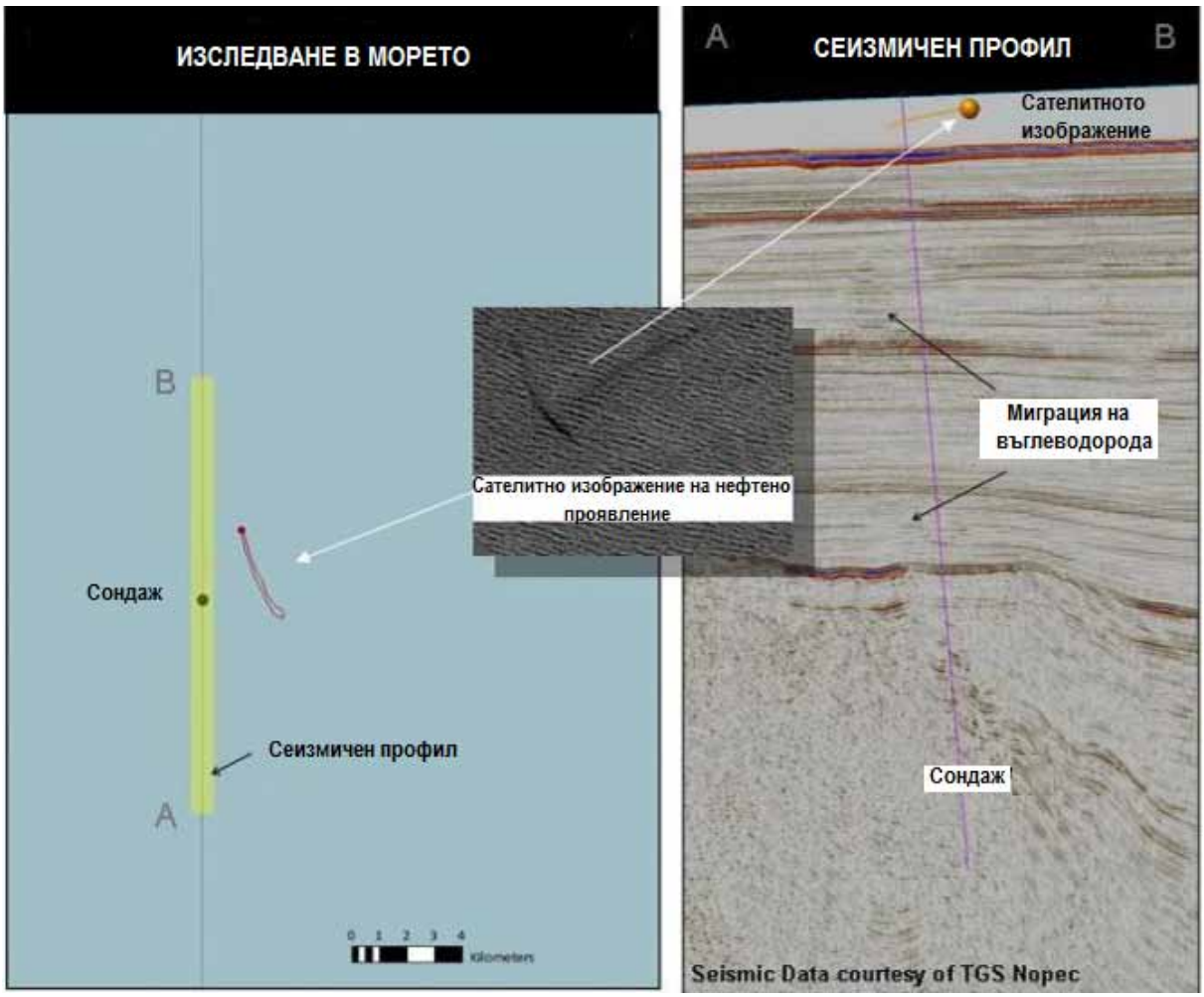
Друг тип изображение получено по дистанционен път е показано на фигура 4. Изображението е от Южноамерикански район, неизследван до момента, поради теренни препятствия. От изображението се вижда откъде минава разломна повърхност и как са разположени геоложките структури характеризиращи се като потенциални капани на въглеводороди.



Фиг. 4. Сателитна топографска карта (http://dnr.louisiana.gov/assets/TAD/education/BGBB/5/techniques.html)

Съвместно разглеждане на сеизмични и сателитни данни

Сеизмичните изследвания стоят в основата на нефтопроучавателните дейности. Като допълнение към сеизмичните данни се използват гравиметрични снимки, сондажни данни, а все по-често и сателитни изображения. На фигурата е показано съвместното разглеждане на сеизмичен разрез и фрагмент от сателитна снимка с ясно изразено нефтено проявление. В изследването са включени и сондажни данни, които удостоверяват полученото откритие.



Фиг. 5. Съвместно разглеждане на сеизмични данни и сателитно изображение

По такъв начин използването на дистанционни методи в нефтопроучването се явява авангарден подход за увеличаване степента на увереност при интерпретацията на сеизмичните разрези.

Заключение

Развитието на средствата за дистанционни изследвания на земната повърхност през последните години са позволи появата и реализацията на нови технологии за обработка на сателитни данни като мощен инструмент за изследване на земната повърхност, нейната динамика и обекти върху нея. Дистанционното измерване на динамични във времето сигнали и техните параметри, съхранението и обработването им в реално време, както и възможността за отдалечен мониторинг, са само някои от възможностите, които сателитните изображения предоставят. Използването на сателитните технологии за целите на нефтопроучването е авангарден метод за събиране и интерпретиране на информация от разстояние, което се явява от изключителна важност при наличието на сложни теренни условия.

Литература:

1. Yatabe, S.M., Fabbri, A.G. The application of remote sensing to canadian petroleum exploration: promising and yet unexploited. 14th Annual Geochautauqua. Vol. 12. Issue 4. 597–609p. 1986
2. http://www.mi.government.bg/ Проект на Национална стратегия за развитие на минната индустрия до 203
3. http://www.satimagingcorp.com/applications/energy/exploration/oil-exploration/
4. http://dnr.louisiana.gov/assets/TAD/education/BGBB/5/techniques.html
5. http://www.geo-airbusds.com/en/3063-astrium-services-integrates-global-seeps-with-tgs-new-seismic-data-to-better-locate-offshore-oil-prospects

ОСИГУРЯВАНЕ И КОНТРОЛ НА КАЧЕСТВОТО НА ДАННИ ЗА ЗЕМНОТО ПОКРИТИЕ ПОЛУЧЕНИ ОТ СПЪТНИКОВИ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Венцеслав Димитров

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: vdimitro@stil.bas.bg

Ключови думи: *качество на данните, тематични данни, оценка на точността, спътникови изображения, класификация*

Резюме: *Качествените данни са предпоставка за приемане на информирани решения и осигуряване на предвидими резултати. При проекти, генериращ данни, е нужно текущо да се прилагат мерки за осигуряване на качеството на данните, а накрая - да се извърши неговата оценка. Докладът се занимава с проблема за осигуряване и контрол на тематичната точност като елемент на качеството на данните за земното покритие на страната, получени чрез автоматизирана класификация на спътникови изображения. След като, в хода на проекта, междинните продукти са били подложени на верификация и подобряване, крайните продукти се валидират преди тяхното окончателно приемане. На оценка е подложен слоят за степента на непроницаемост за България от 2012 г., получен по програмата "Коперник". Тематичната точност се определя чрез стратифицирана случайна извадка и сравняване с референтни данни с по-висока пространствена разделителна способност. Получената грешка от неправилна класификация показва, че е нужно да се подобри методологията за извличане на тематичната информация. Количествените параметри от диаграмата на разсейване на плътностите на непроницаемост също могат да се използват за тази цел.*

QUALITY ASSURANCE AND CONTROL OF LAND COVER DATA EXTRACTED FROM SATELLITE IMAGES

Ventzeslav Dimitrov

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: vdimitro@stil.bas.bg

Keywords: *data quality, accuracy assessment, thematic data, satellite image, classification*

Abstract: *Qualitative data is a prerequisite for informed decisions and a guarantee for predictable results. During projects producing data it is throughout necessary to apply measures to ensure required data quality and also final quality assessment. This paper deals with the problem of assurance and control of the thematic accuracy as an element of the quality of land cover data derived from satellite imagery through automated classification. In the course of the project intermediate products were subject to verification and improvement and the final products are validated for their final adoption. The Degree of Imperviousness 2012 layer for Bulgaria is examined which was created during the Copernicus programme. The thematic accuracy is evaluated by stratified random sampling and comparison with reference data of higher spatial resolution. The obtained commission error shows that the thematic information extraction methodology needs some improvements. Quantitative parameters received from impervious densities scatter-plot can be used in the same direction as well.*

Въведение

Качество е съвкупност от свойства и характеристики на даден продукт или услуга, които удовлетворяват съществуващи или предполагаеми потребности на потребителите. Качество на данните е характеристика на данните, показваща степента на възможност за техния анализ [1]. Основни критерии на качеството на данните се явяват пълнотата, точността, логическата

съгласуваност и актуалността. Оценката на качеството на данните е необходима стъпка във всеки аналитичен проект, защото, при недостатъчно високо качество, приетите решения ще бъдат неточни и недостоверни.

Пространствените данни представят различни аспекти от реалния пространсвен свят и тяхното качество може да се разглежда като различие между тази представа и реалността [2]. Няколко от стандартите на серията ISO 19100 са посветени на качеството на географската информация, а според ISO 19113 позиционната и тематичната точност са два от петте елемента на качеството на данните. В редицата значими европейски проекти за космическо картографиране осигуряването и контролът на качеството на дейностите и крайните продукти са въпроси от особена важност. Например, според документацията на проекта IMAGE & CORINE Land Cover 2000, задача 4, "Осигуряване и контрол на качеството", цели да осигури покриването на европейските изисквания от отделните страни, като всяка стъпка в обработката на данните е последвана от съответни проверки [3]. В рамките на услугата за мониторинг на земната повърхност на програмата "Коперник" две от основните дейности са посветени на проблема за тематичната точност - верификация и независима статистичаска валидация.

Настоящият доклад е посветен на проблема за контрол на тематичната точност - елемент на качеството на данните за земното покритие, получени чрез автоматизирана класификация на спътникови изображения на България по програмата "Коперник". Става въпрос за т. н. слоеве с висока разделителна способност (High Resolution Layers, HRL). След като междинните продукти [4], в хода на проекта са били подложени на верификация и подобряване, крайните продукти се валидират за тяхното окончателно приемане. Към датата на изнасяне на този доклад бяха обявени предварителни непълни резултати на интернет страницата на Програмата по биогеографски райони. В нашия случай, на валидация е подложен слоят за степента на непроницаемост (Degree of Imperviousness, съкратено - IMD)) за България от 2012 г. Тематичната точност се определя статистически чрез метода на стратифицирана случайна извадка и сравняване с референтни данни с по-висока пространствена разделителна способност. По отношение на тематичната точност на многоградационните "плътностни" слоеве, каквито са HRL, изследванията, по принцип, са недостатъчни. За България HRL досега са верифицирани главно по метода за визуално-качествено оценяване (look-and feel) [5], а количествен метод за оценка но тематичната точност е приложен само за слоя на водните тела [6]. В настоящата работа по-строго са описани и приложени параметрите на планиране на статистическия подход.

Данни и методи

Използвани данни

Данните, използвани в хода на работата, са геопространствени и могат общо да се разделят на две групи – входни данни и референтни данни.

Входните данни се състоят от самия слой с висока разделителна способност "Степен на непроницаемост". Това са данни в растерен формат, с размер на пиксела 20 m. В този си вид слоят е използван в дейностите по верификация и подобряване от отделните страни-участнички, На валидация, съгласно изискванията на програмата „Коперник”, се подлага интегрираният европейски продукт, който е с размер на пиксела 100 m. Обект на настоящата работа е извършване на независима валидация на продукта [7] за територията на България по собствена методика.

Референтните данни са тестовата основа, с която се сравнява входният слой. Те, като минимум, трябва да отговарят на следните изисквания: да са с по-висока пространствена разделителна способност от оценяваните данни, да им съответстват тематично и да се отнасят към същия времеви период. Важна част от референтните данни са т. н., *in-situ* данни – данни с некосмически, местен произход. Такива са изображенията от цифровата ортофотокарта (ЦОФК) на България, заснети през 2011-12 г. (Таблица 1). Други използвани референтни данни са тези от спътника SPOT 5 във вид на изображения с три спектрални канала.

Таблица 1. Референтни данни

Име/Спътник	ЦОФК	SPOT-5
Брой спектрални канали	3	3
Спектрални канали	R, G, B	G, R, NIR
Пространствена разделителна способност, m	0.4	2.5

Съображения относно подхода за валидация

Целта на валидацията е да бъде получена независима и представителна оценка за тематичната точност на тествания HRL. Проверяваният продукт повече не се променя - при валидацията, за разлика от верификацията, липсва обратна връзка за евентуалното му подобряване. Получената оценка за точността се отразява в метаданните на HRL за информация при по-нататъшното му използване.

Трябва да отбележим, че HRL притежава двойствен (дори многостранен) характер поради факта, че от един многоградационен слой, чрез прагови и други операции, потребителят може да генерира производни слоеве, които съответстват на неговите конкретни потребности. Например, от слоя за плътността на дървесното покритие се получава слоят за типа гора, отговарящ на дефиницията на FAO [4]. В нашия случай се генерира и използва бинарен слой за териториите с плътно застрояване (bult-up areas) чрез сравняване на плътността на непроницаемост по праг 30% (наричан още слой-карта (map layer)). Това е слоят, спрямо който се извършва оценка на тематичната точност [8].

При планирането на работата по валидацията неминуемо възникват въпроси относно характеристиките (качествени показатели) на продукта, например: доколко той съответства на реалността или пък, доколко отговаря на спецификациите. Имайки пред вид двойствения характер на HRL, първият въпрос можем да зададем към слоя с плътностите, а втория – към бинарния слой-карта.

Проверяваният тематичен слой земно покритие за степента на непроницаемост, разглеждан като популация от пиксели, е с голям обем, което налага прилагането на метода на случайната извадка за оценка на тематичната точност. Цялостната оценка на такъв многоградационен продукт се постига чрез тестове в две направления – на бинарен слой за плътно застроени територии (built-up, приемащ стойности от 30 до 100% след прагова операция) и на самия плътностен слой (приемащ целочислени стойности в диапазона 0 – 100, в проценти), базирайки се на идеите, изложени в [8].

Оценка на многоградационния слой

За валидирането на плътностния слой е необходимо да се сравнят неговите стойности за непроницаемост с референтни такива, получени чрез независима оценка. Един вариант за обективна оценка на плътности е чрез налагане на равномерна решетка върху оценявания пиксел [8]. Това е схема с две нива за получаване на случайна извадка. Първо, чрез задаване на местоположението на тестовия пиксел (квадрат с размер 100 m) и второ – чрез проби по равномерната мрежа в него, състояща се от 10x10 точки (фиг. 1). Точките, попадащи върху непропусклива повърхност се маркират с 1, а броят им дава референтната стойност за пиксела в проценти.



Фиг. 1. Измерване на плътността на запечатването чрез равномерна мрежа от 10x10 точки

В резултат на така получените и обработени референтни данни, многоградационният слой за плътността на непроницаемост може да бъде оценен по следните няколко информационни показателя:

- Диаграма на разсейването;
- Параметри на регресионната права;
- Корелационен коефициент.

Диаграмата на разсейването дава обща представа за съгласуваността между продукта и референтните плътности. Параметрите на регресионната линия, съответстваща на множеството отчети предоставя информация за евентуално калибриране на оценявания слой. Корелационният коефициент показва средното отклонение на стойностите на отчетите от тенденцията на разпространение на линията.

Оценка на бинарния слой

Важен въпрос за оценка на качеството е този за коректно задаване на изискванията към продуктите, които се създават в рамките на даден проект. Например, изискването към тематичната точност на слоя за почвеното запечатване от 2006 е било доста приблизително зададено: "Точността на класификацията на хектар (на базата на мрежа 100x100 m) за плътно-застроените и незастроените площи да е най-малко 85% за европейския продукт" [9]. Дали точността ще бъде постигната (и продуктът одобрен), силно зависи от критериите за оценка, които в случая не са прецизирани.

Интервалната оценка на даден параметър на една популация е по-точна от точковата и затова е предпочитан инструмент за статистически анализ [10]. Интервалната оценка за дела на грешката в HRL по случайна извадка от n на брой точки, от които p' са с грешка, е представена чрез формула 1. Членът с квадратния корен от двете страни на неравенствата представлява извадковата грешка. От нея може да се определи изискването за обема на минималната извадка.

$$(1) \qquad p' - z_{\alpha/2}\sqrt{\frac{p'q'}{n}} < p < p' + z_{\alpha/2}\sqrt{\frac{p'q'}{n}}\ ,$$

където: p – действителна грешка (в популацията), n – обем на извадката (брой пробни точки), p' – дял на точките с грешка от неправилна класификация, q' = (1 - p') – дял на благоприятните случаи, z – тестова стандартна стойност, α – ниво на значимост.

Проверка на хипотези

Един по-строг подход към проблема за приемане или отхвърляне на продукта може да се определи от следните две съображения. Първо, решението за приемане на продукта би било оправдано, ако сме сигурни, че действителната тематична точност е над 85% (т.е., действителната грешка е под 15%). И обратно, за да отхвърлим продукта трябва да сме сигурни, че действителната грешка е по-голяма от 15%.

Гореспоменатите съображения могат да бъдат изразени чрез термините на проверката на хипотези (формули 2 и 3). Нулевата хипотеза изразява допускането, че наличната действителна грешка в слоя-карта е под максимално допустимия праг от 15% и тогава продуктът се приема. Обратно, ако действителната грешка е по-голяма или равна на тази максимален праг, продуктът се отхвърля.

(2) H_0: $p < 0.15$;

(3) H_1: $p \geq 0.15$

При работата с хипотези трябва да се отчитат два типа възможни грешки. Ако вярна хипотеза H_0 бива отхвърлена, налице е грешка от тип 1, наричана още риск на производителя. При приемане на невярна хипотеза H_0 се извършва грешка от тип 2, което носи риск на потребителя.

Вероятност за приемане на продукта

Реализирането в популация от N пискела на случайна извадка с обем n, в която k точки са грешни, се описва строго чрез хипергеометрично вероятностно разпределение [10]. При условие, че N е много по-голямо от n (N>10n), то може да бъде апроксимирано с биномно. Ако действителната грешка в слоя обозначим с p, то вероятността в извадката от n пиксела да имаме k грешни има вида (формула 4). Вероятността действителната грешка в слоя да е по-малка от p, се представя чрез формула 5.

(4) $$P_k \approx C_n^k . p^k . (1-p)^{n-k}$$

(5) $$L(p,n,c) = \sum_{k=0}^{c} C_n^k p^k (1-p)^{n-k} ,$$

Величината L, всъщност, е вероятността за приемане на слоя, ако действителната грешка в него е по-малка от p.

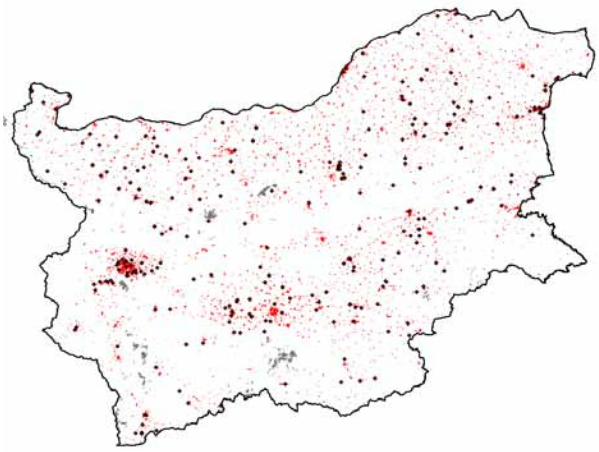
План и получаване на статистическата извадка

При определяне на точността на единствен клас (в случая – HRL за степен на непроницаемост) най-информативни са оценките за двата вида грешки – неправилна класификация (commission) и пропуск (omission). Предварителната оценка за относителната площ на плътното застрояване по входните данни спрямо територията на страната е 2.63%, което налага прилагането на стратификация при оценяването на грешките от тип пропуск. Оценяват се и двата споменати вида грешки и за целта са необходими най-малко две страти, по една за всеки вид грешка:

- Страта 1, страта за грешки неправилна класификация - включва територите със стойности на непрпускливостта 30% – 100%, т.е., площите с плътно застрояване, според класификатора;
- Страта 2, страта за грешките от тип пропуск - обхваща територите със стойности 1% - 29% във въпросния HRL.

На базата на предварителна информация за начина на подобряване, приложен преди към този HRL, считаме, че вероятността за намиране на почвено запечатване вън от тези две страти е пренебрежимо малка.

Извадковата грешка, доверителният интервал и обемът на извадката са свързани помежду си (формула 1). От гледна точка на компромис между ресурса време и надеждността на оценката, е избран обем на извадките от по 250 случайни точки за всяка страта. Вариантът за Страта 1 е показан на фиг. 2. Точките са сравнително равномерно разпределени върху плътно застроените територии. При доверителен интервал 90% за Страта 1, максималната извадкова грешка е 5.2%, а при доверителен интервал 68.26%, тя е 3.15%. При пресмятане на грешките от тип пропуск се взема пред вид отношението на площите на двете страти [6].



Фиг. 2. Разположение на 250 случайни точки
по територията на страната

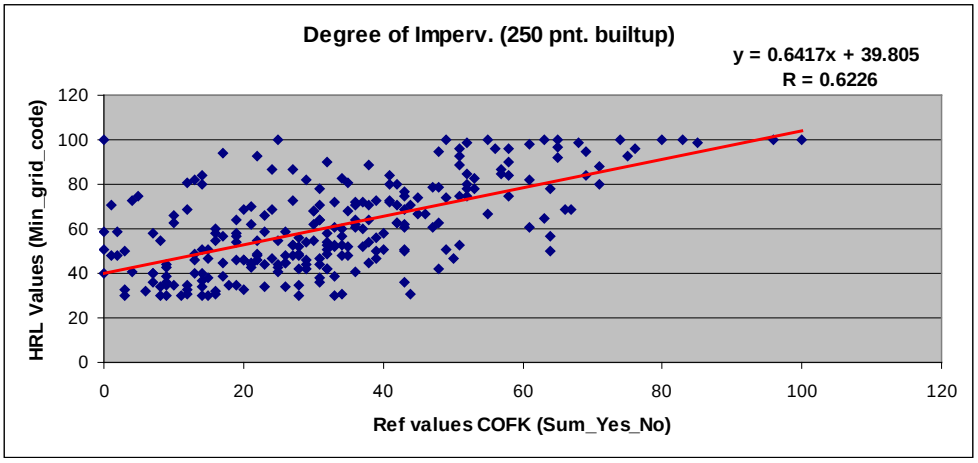
Резултати и обсъждане

В резултат на проведените измервания бяха проверени 250 случайни точки в Страта 1 - тази за плътно застрояване с плътности 30-100%. Стойности на плътността под 30% показаха 116 от тях, което показва, че делът в извадката на грешките от тип "неправилна класификация" е 46.4%.

На фиг. 3 е показана двумерната хистограма от сравняването на референтните и входните плътности на степен на непроницаемост. Коефициентът на корелация е нисък, което показва, че във входните данни са налице значителни отклонения спряма референтните стойности. Наклонът на регресионната права говори за тенденция на завишаване на реалната

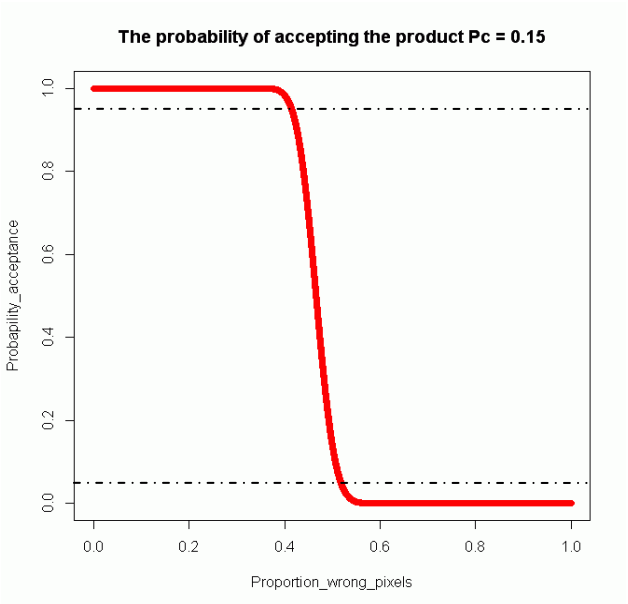
плътност от страна на класификатора. Параметрите на уравнението на линията потенциално могат да се използват за корекция на плътностите с цел калибриране на многоградационния слой. Като цяло, е налице значително разсъгласуване между данните от въпросния HRL и референтните данни. Възможните причини са няколко:

- Геометрично отместване между входните изображение IMAGE2012 и ЦОФК;
- Недостатъчно добра работа на класификатора
- Грешки, причинени от схемата за визуалното дешифриране.



Фиг. 3. Резултати от оценката на многоградационния HRL „Степен на непроницаемост”

На фигура 4 е показана графиката, съгласно формула 5, на вероятността за одобряване на Страта 1 на крайния продукт, в случая – слоя степен на непроницаемост. Доверителният интервал е 90%, което в съгласие с традиционното разбиране за достатъчна надеждност. Границите му са показани с хоризонтални пунктирани линии. Вижда се, че наклонения участък от графиката е вдясно от стойността 0.4 върху абсцисната ос, което говори, че оценката за действителната грешка в слоя е от този порядък. По-конкретно, резултатите са следните: с вероятност 95% може да се твърди, че грешката от неправилна класификация в Страта 1 е над 41.45%. Със същата вероятност се твърди, че същата грешка е под 51.8%. Вероятността, грешката от неправилна класификация в Страта 1 да надхвърли прага от 15%, е 100%.



Фиг. 4. Вероятност за приемане на продукта

Заключение

Цялостните резултати от проведеното изследване демонстрират, възможностите, както на използваните методи за извличане на информация от разновременни спътникови изображения, така и на някои инструменти за оценка на нейното качество. Тестван е многоградационен слой в две посоки – самия плътностен слой (приемащ целочислени стойности в диапазона 0 – 100% и бинарен слой за плътно застроени територии, след прагова операция с праг 30%. Приложените методи за оценка и в двата случая установиха значителни несъответствия между продукта и референтните данни. Продуктът не покрива изискваната тематична точност от 85%. Необходимо е изследванията да продължат в посока на усъвършенстване на методите и алгоритмите за класификация на спътникови изображения за големи територии. Нужно е също и подобряване на методите за проверка на качествените показатели, респективно, на тематичната точност, както на бинарните, така и на многоградационните продукти.

References:

1. Тужаров, Хр. Управление на данни, http://tuj.asenevtsi.com/, 2013.
2. Devillers, R., R. Jeansoulin, eds., Fundamentals of Spatial Data Quality, ISTE Ltd., 2006.
3. CORINE Land Cover update, I&CLC2000 project - Technical Guidelines, EEA, 2002.
4. Langanke, T., GIO land High Resolution Layers (HRLs) – summary of product specifications, EEA, 2013, http://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library/gio-land-high-resolution-layers-hrls-2013-summary-of-product-specifications/at_download/file
5. Dimitrov, V. Evaluation of Forest High Resolution Layers 2012 for Bulgaria. CD Proceedings of XXIII International Symposium on Modern Technologies, Education and Professional Practice in Geodesy and Related Fields, Sofia, Bulgaria. No 34, 2013, Publisher: Union of Geodesy and Surveyors.
6. Dimitrov, V., Verification of forest and water high resolution layers 2012 for Bulgaria. CD Proceedings of Ninth scientific conference with international participation “Space, Ecology, Safety” (SES 2013), ISSN 1313-3888.
7. Imperviousness 2012, http://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers/imperviousness/imperviousness-2012/view, последно посетен на 30.01.2017 г. (изтеглен от интернет страницата на програмата "Коперник"през м. юни 2016 г.)
8. Maucha, G., G. Büttner, B. Kosztra. European Validation of GMES FTS Soil Sealing Enhancement Data, In Remote Sensing and Geoinformation not only for Scientific Cooperation, pp. 223-238, EARSeL, 2011.
9. Guidelines for verification of high resolution soil sealing layer - Qualitative assessment - Prepared by: C. Steenmans and A. Sousa, EEA, 2007
10. Христов, В., Основи на теорията на вероятностите и математическата статистика с приложение в техниката и икономиката, Техника, София, 1964.
11. Guidelines for verification of high-resolution layers produced under GMES / Copernicus Initial Operations (GIO) land monitoring 2011 – 2013 - Prepared by: G. Büttner, EEA, 2013.

СРАВНЕНИЕ НА ОТРАЖАТЕЛНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ОСНОВНИ ОБЕКТИ, ПОЛУЧЕНИ ПО ДАННИ ОТ СПЕКТРОМЕТРИТЕ TM, ETM+ И OLI И ПО SENTINEL 2

Мария Димитрова, Деян Гочев, Пламен Тренчев

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: maria@space.bas.bg; dejan@space.bas.bg, ptrenchev@space.bas.bg

Ключови думи: *дистанционни изследвания, спектрални отражателни характеристики*

Резюме: *В настоящата работа е направено сравнение между усредненните криви на отражение на основни обекти - широколистна и иглолистна гора, тревна растителност, пясък и вода, получени по данни от Landsat 5, 7 и 8 и Sentinel 2.*

A COMPARISON OF THE REFLECTIVE CHARACTERISTICS OF BASIC OBJECTS, OBTAINED FROM THE DATA FROM THE TM, ETM+ AND OLI AND SENTINEL-2

Maria Dimitrowa, Deyan Gochev, Plamen Trenchev

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: maria@space.bas.bg; dejan@space.bas.bg, ptrenchev@space.bas.bg

Key words: *remote sensing, spectral reflective characteristics*

Abstract: *Data from Landsat-5, 7, 8 and Sentinel-2 are used to create the average reflection graphics for basic objects: grass vegetation, sand, water, broad-leaved and coniferous forest. A comparison between them is presented in the paper*

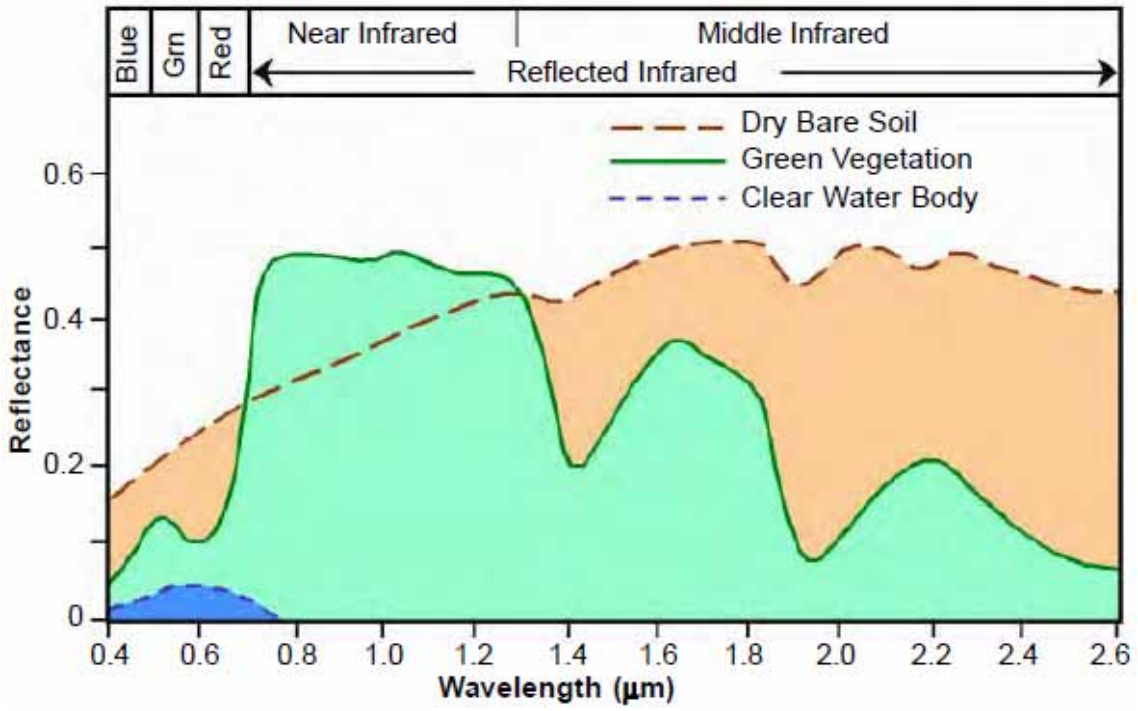
Въведение

Изследването на различни явления, свързани с обекти от земната повърхност чрез спътникови данни се базира на регистрирането на отразеното от съответния обект електромагнитно излъчване на Слънцето и собственото излъчване на обекта.

Изследваните обекти имат различни оптични характеристики – поглъщателна, отражателна и излъчвателна способност, които определят количеството получена и регистрирана от сензора електромагнитна енергия.

Спътниковите данни от пасивните сензори се базират на отразеното от обекта излъчване от Слънцето.

Отражателните характеристики на различните обекти и явления от екологичен характер са добре изследвани [1, 2, 3]. На фигура 1 са представени такива по данни от [4, 5, 10].



Фиг. 1. Отражателни характеристики на суха почва, растителност и вода [3, 4]

При използването на конкретни спътникови данни, обаче, ние получаваме данни за отражението в определен брой тесни спектрални диапазона. Оттук, важно е да бъдат изследвани получените по тези конкретни данни отражателни характеристики, както и те да бъдат достатъчно различни от тези на околните обекти за да можем със сигурност да разграничим изследвания обект или явления от околните.

В настоящата работа е представено сравнение на отражателните характеристики на основни растителни видове, пясък и вода, получени по данни от спектрометри Tm, ETM+ и OLI от спътниците от серията Landsat и от Sentinel 2. Дискутирани са различията в получените от различните източници резултати и последствията от тези различия.

Методика

За получаване на отражателните характеристики на основни обекти по сателитни данни е избрана областта в Източна България около река Камчия (фиг. 2), която се покрива от изображения 181-30 на спътниците от серията Landsat [6, 7].



Фиг. 2. Илюстрация на избрания за изследването регион

Използвани са изображения от месец юли за периода 1984 – 2016 година, каито са представени в Таблица 1.

Таблица 1. Списък на използваните изображения

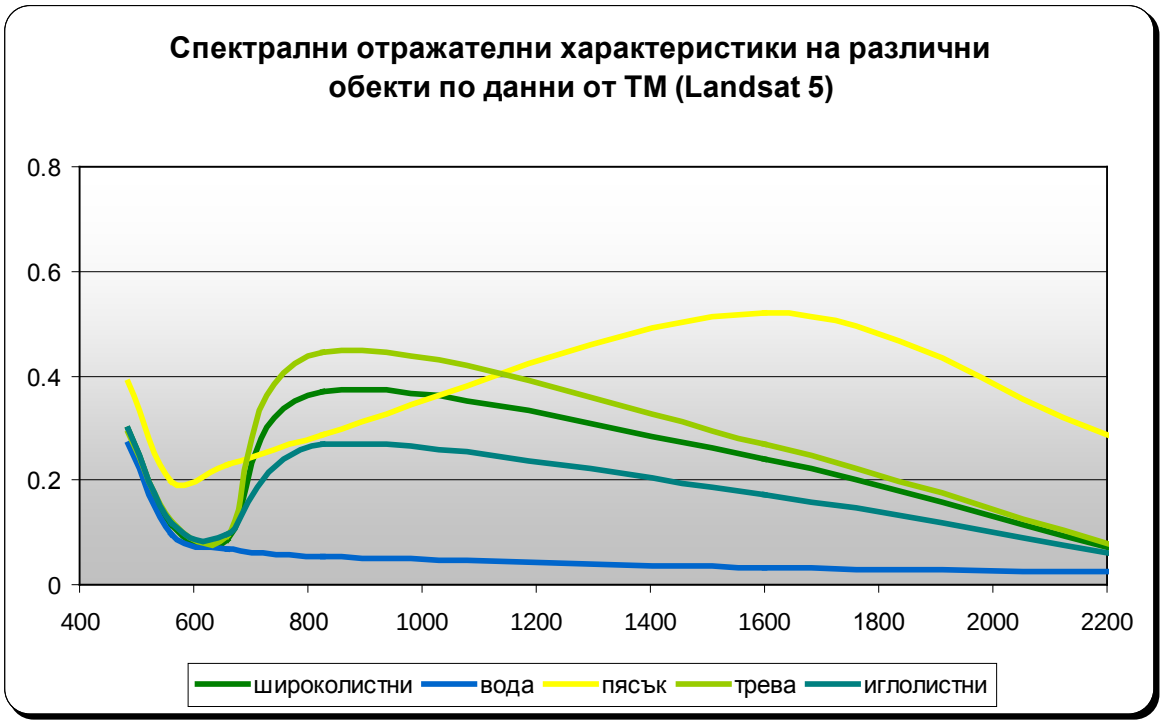
сензор	дати
TM	21.7.1984, 24.7.1985, 27.7.1986, 14.7.1987, 19.7.1992, 1.07.2000, 10.7.2003, 31.7.2005, 21.7.2007, 7.7.2008, 8.7.2009, 29.7.2010, 16.7.2011
ETM+	23.7.1999, 9.7.2000, 12.7.2001, 15.7.2002, 23.7.2005*, 29.7.2007, 18.7.2009*, 8.7.2011*, 26.7.2012*, 13.7.2013*, 19.7.2015*, 5.7.2016*
OLI	3.7.2013, 8.7.2014, 27.7.2015, 29.7.2016
Sentinel 2	17.7.2016

* Изображенията са частични поради повреда на сензора

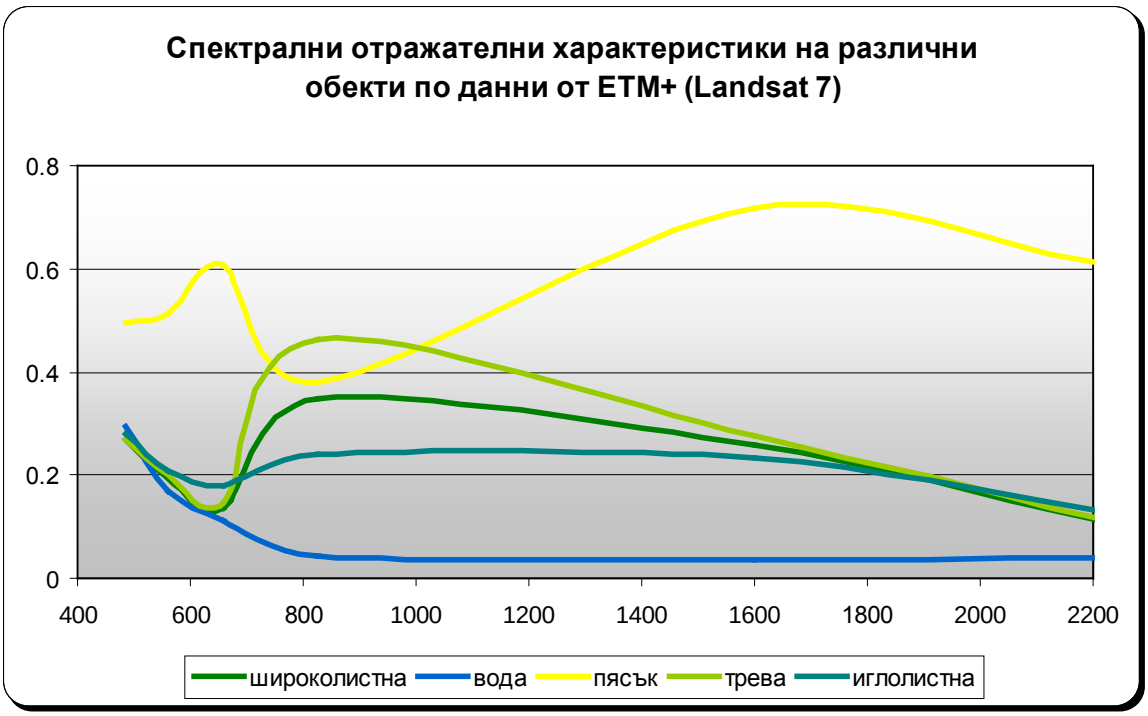
Избрани са контролни точни, които са надеждно отъждествени с конкретния обект и са измерени стойностите на регистрираното излъчване във всеки един от спектралните канали [7, 8] за всяка една от тях. Получените стойности са усреднени за всеки един от сензорите, нормирани са на 1 съобразно радиометричната разделителна способност на сензора (256 за TN и ETM+ и 65 536 за OLI).

Резултати

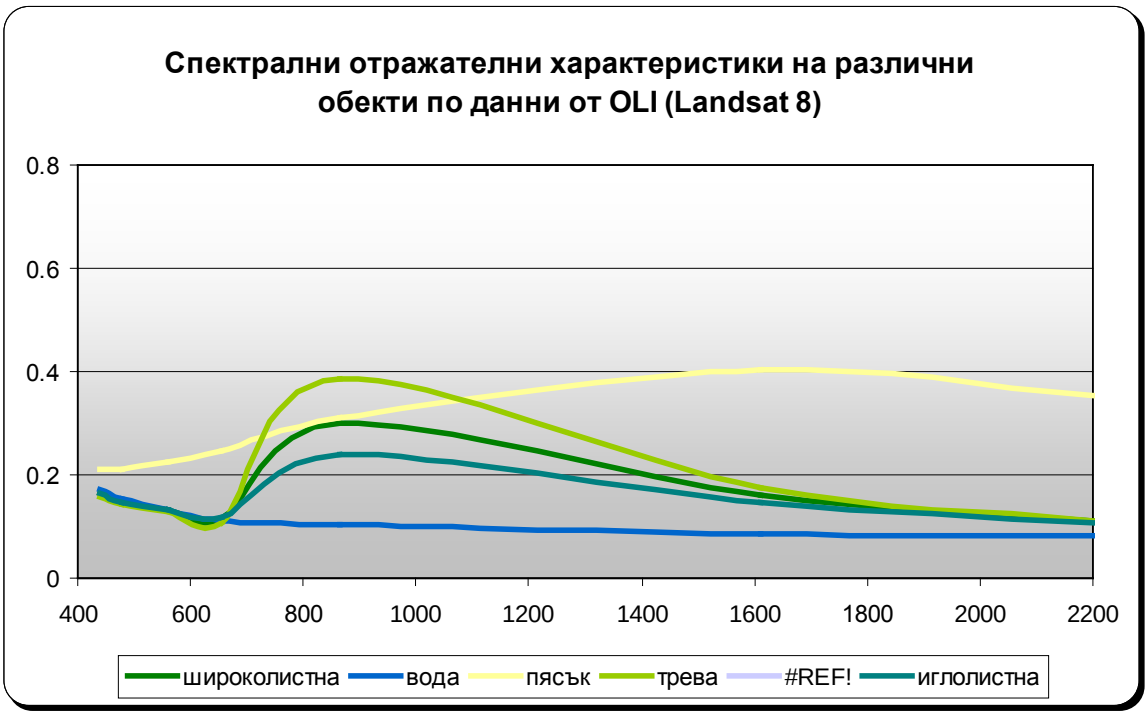
На фигури 3, 4 и 5 са представени получените спектрални отражателни характеристики на основни видове естествена растителност, пясък и вода, получени по данни от сензорите TM (Landsat 5), ETM+ (Landsat 7) и OLI (Landsat 8). Използвани са канали 1, 2, 3, 4, 5 и 7 за Landsat 5 и 7 и канали 1, 2, 3, 4, 5, 6 и 7 за Landsat 8 [8].



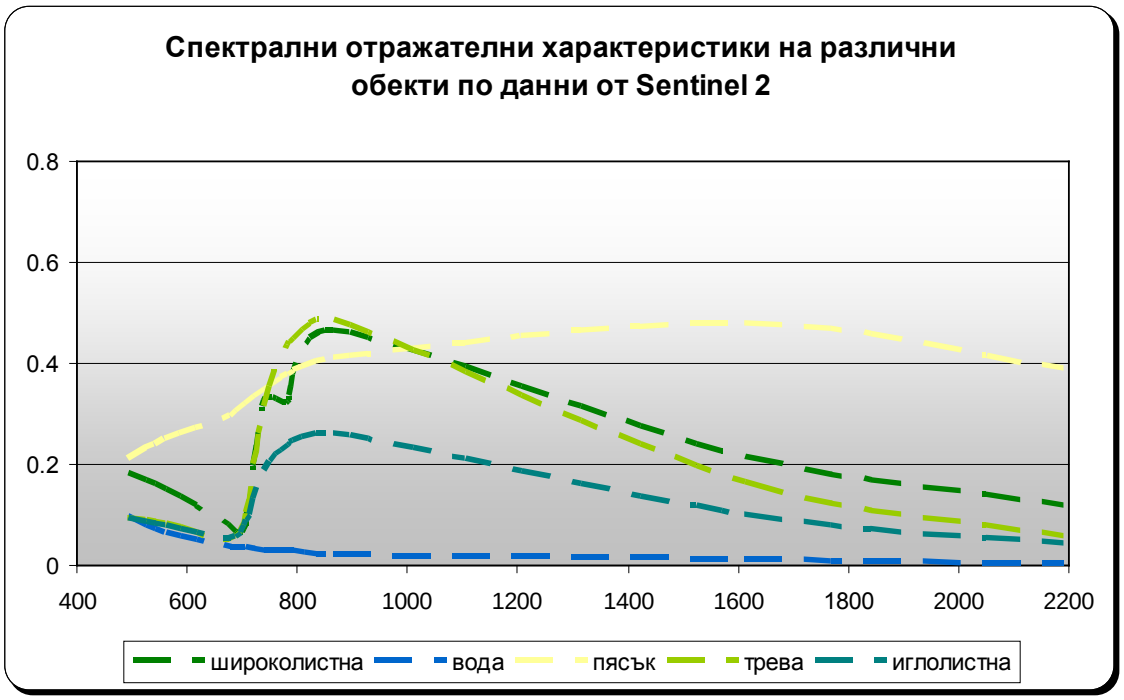
Фиг. 3. Спектрални отражателни характеристики на основните видове естествена растителност, пясък и вода по данни от TM



Фиг. 4. Спектрални отражателни характеристики на основните видове естествена растителност, пясък и вода по данни от ETM+



Фиг. 5. Спектрални отражателни характеристики на основните видове естествена растителност, пясък и вода по данни от OLI



Фиг. 6. Спектрални отражателни характеристики на основните видове естествена растителност, пясък и вода по данни от Sentinel 2

На фигура 6 са представени отражателните характеристики на същите обекти, получени по данни от Sentinel 2 при нормиране на 10 000. Тези данни не са надеждни, т.к. е използвано само едно изображение и избраната нормировка не съответства на радиометричната разделителна способност на сензора (65 536). При използване на последната, обаче, получените резултати не съответстват на тези от другите сензори. За получаване на кривата са използвани каналите 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8a, 9, 11 и 12 [9].

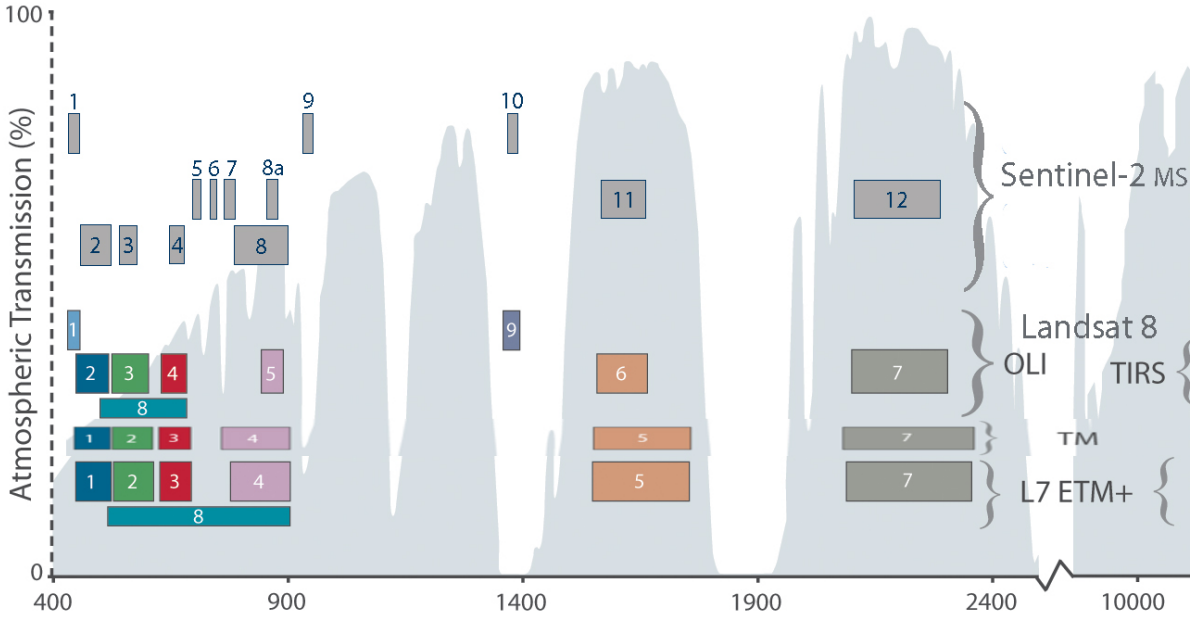
Анализ на резултатите

Както се вижда от представените графики, получените отражателни криви за различните спътникови данни се отличават помежду си. Това е естествено поради различните ширини на съответните канали и различната чувствителност на сензорите. За илюстрация, на фиг. 7 са представени спектралните канали на сензорите TM, ETM+, OLI, както и тези на Sentinel 2 [8]. На фигурите са илюстрирани и спектралните прозорци на пропускане на земната стмосфера.

Кривите се отличават от тези на действителните спектрални отражателни характеристики на обектите (фиг. 1) поради ограничения брой и дискретния характер на точките, по които са построени. По тази причина може би по-удачно е тези криви да бъдат наричани криви на отражение за да не става объркване с термина „спектрална отражателна характеристика”, който се отнася до физическите характеристики на съответния обект. Тези криви са свързани с характеристиките на обекта, но и със спектралната и радиометрична разделителна способност на сензора.

Особено голяма разлика се наблюдава в оптичния диапазон, където при всичките 4 сензора измереното отражение в синия диапазон на спектъра е по-голямо от това при зеления и червения. Това различие е най-силно при данните от сензора TM.

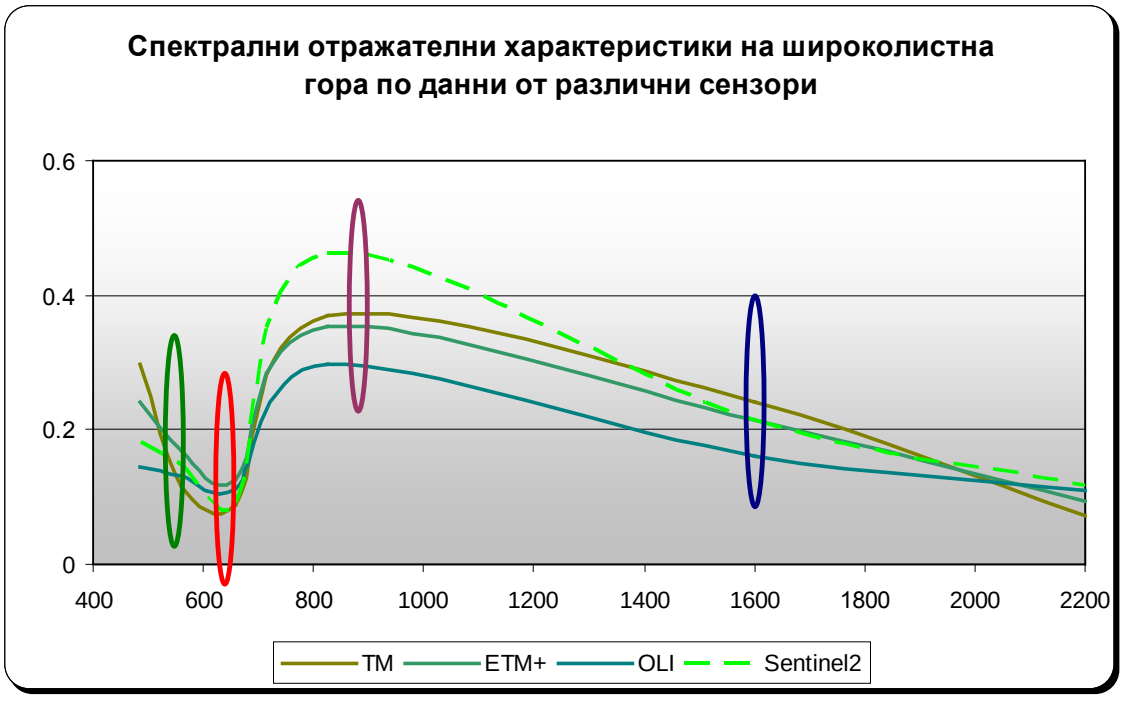
Различията не са проблем при регистриране наличието и границите на обектите. Проблеми могат да възникнат при количествена оценка в случай на съвместно използване на данни от различни сензори, например за проследяване на състояние на растителността посредством вегетационни индекси и др. за дълъг период от време



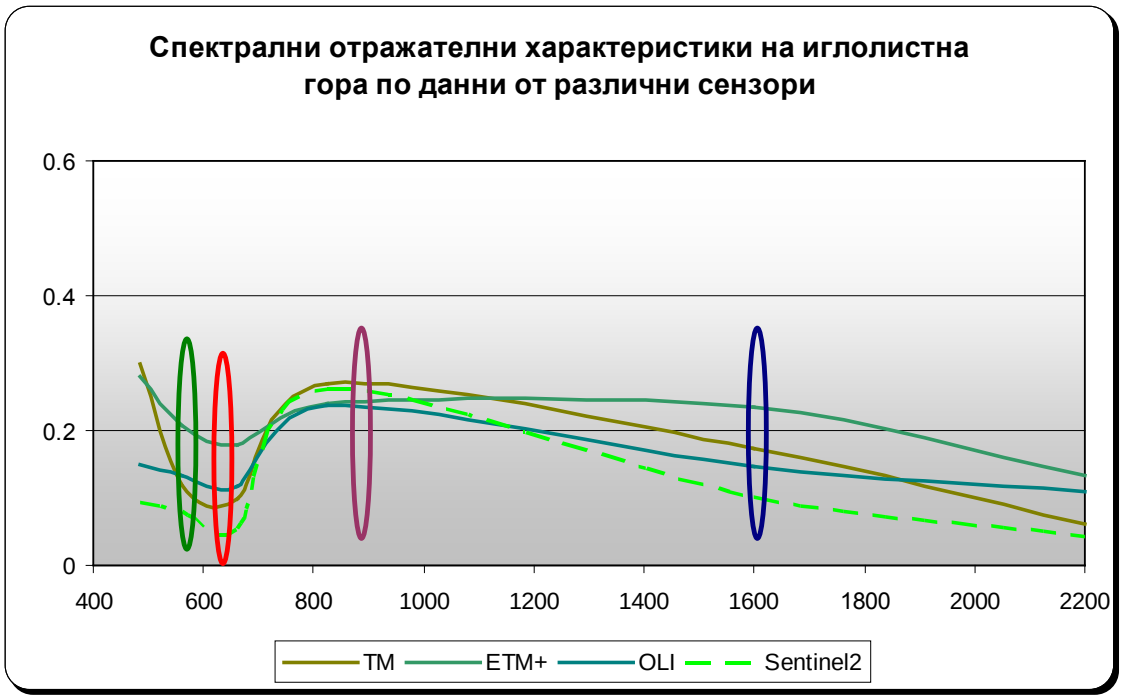
Фиг. 7. Сравнение между ширината на спектралните канали на сензорите TM, PTM+ и OLI, както и с тези от Sentinel 2

.

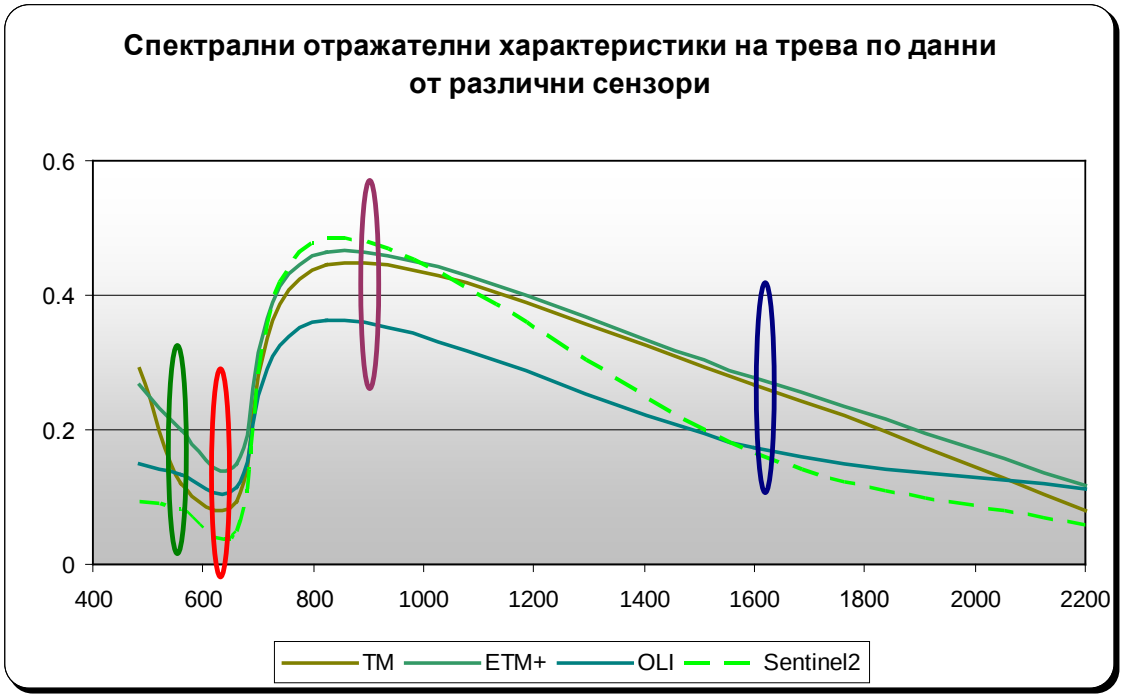
На фигури 8, 9 и 10 са представени спектралните криви за широколистна и иглолистна гора и тревна растителност с нанесени диапазони на отчитане при изчисляване на NDVI и NDWI индексите.



Фиг. 8. Спектрални отражателни характеристики на широколистна гора и RED, NIR и MIR диапазони на спектъра



Фиг. 9. Спектрални отражателни характеристики на иглолистна гора и RED, NIR и MIR диапазони на спектъра



Фиг. 10. Спектрални отражателни характеристики на тревна растителност и RED, NIR и MIR диапазони на спектъра

Както се вижда от фигурите, кривите на отражение показват различно отклонение една от друга както в различните диапазони, така и за различните типове растителност.

На фигури 11, 12, 13, 14 и 15 са представени средните NDVI [10], NDWI [11], NMDI [12], GRVI [10] и VARI [13, 14] индекси на широколостна, иглолистна гора и тревна растителност, получени от усреднените криви на отражение (фигури 3, 4, 5 и 6), пресметнати по формулите:

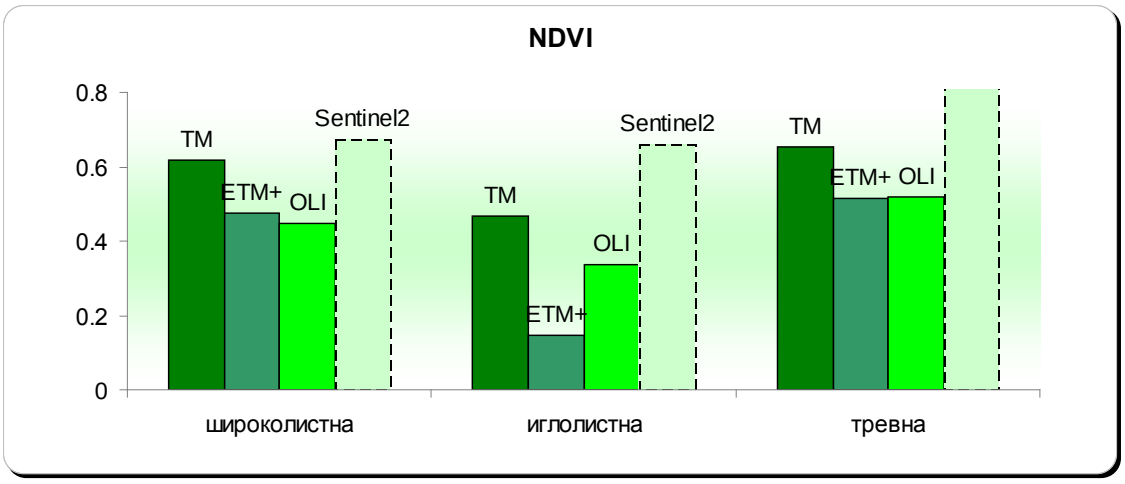
$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

$$NDWI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$$

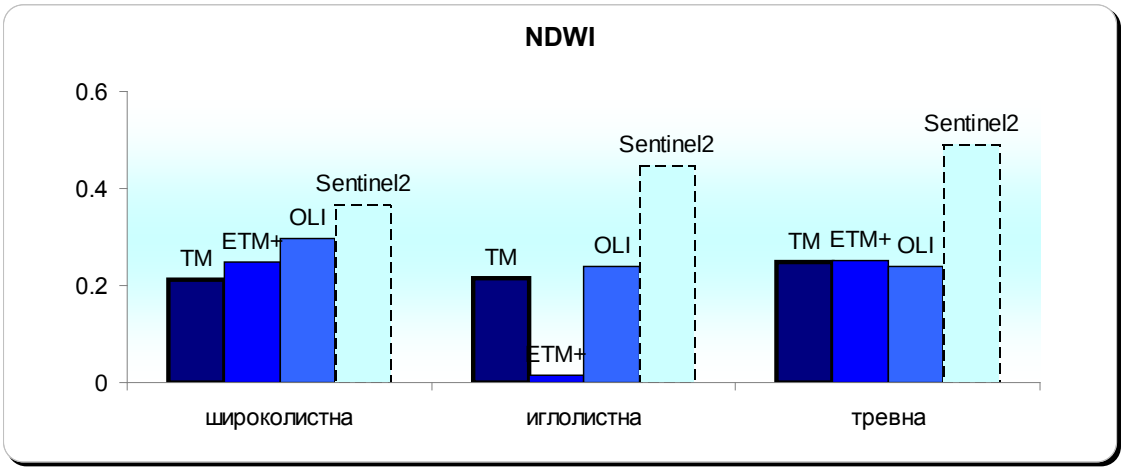
$$NMDI = \frac{NIR - (MIR - LWIR)}{NIR + (MIR - LWIR)}$$

$$GRVI = \frac{GREEN - RED}{GREEN + RED}$$

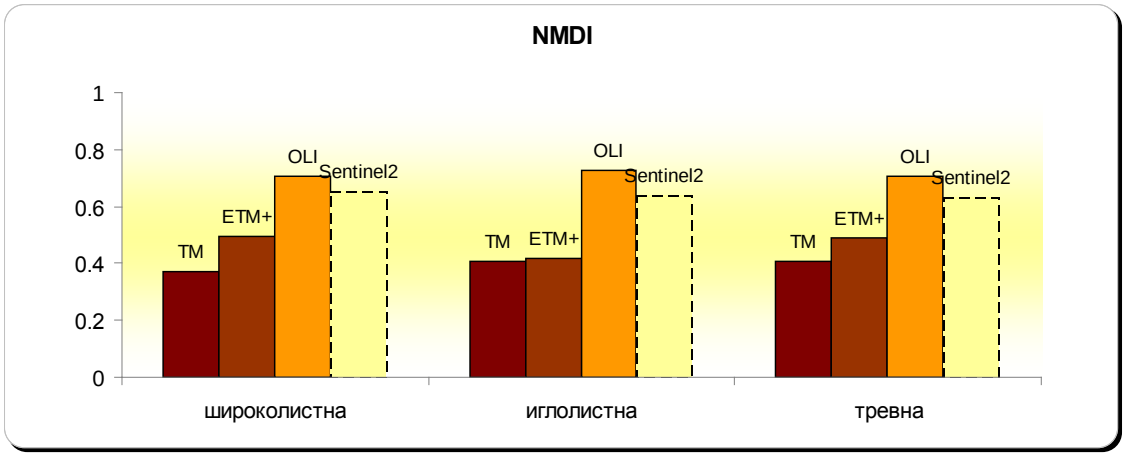
$$VARI = \frac{(GREEN - RED)}{(GREEN + RED - BLUE)}$$



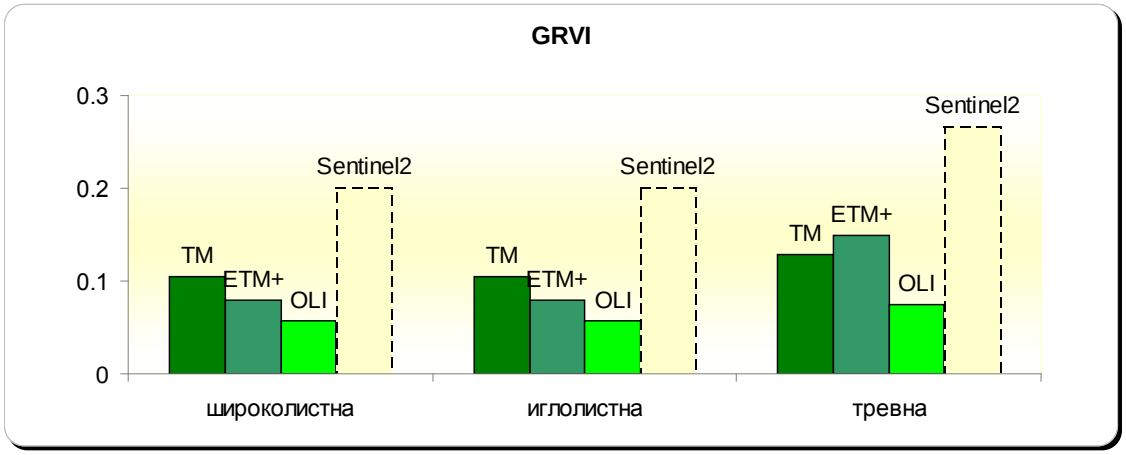
Фиг. 11. Средни NDVI индекси на основните видове естествена растителност



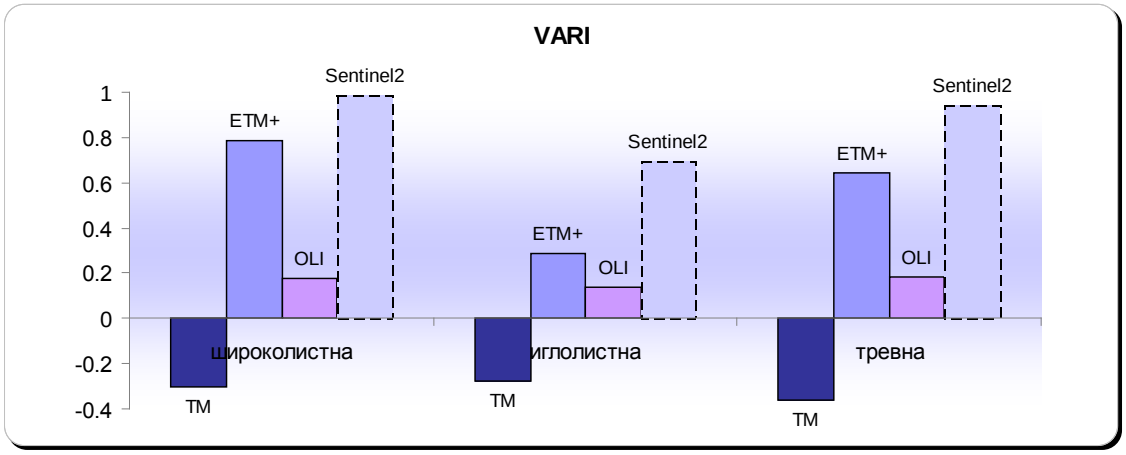
Фиг. 12. Средни NDWI индекси на основните видове естествена растителност



Фиг. 13. Средни NMDI индекси на основните видове естествена растителност



Фиг. 14. Средни NDWI индекси на основните видове естествена растителност



Фиг. 15. Средни VARI индекси на основните видове естествена растителност

Както се вижда от фигурите, усреднените индекси, получени по данни от различните сензори са различни. Нещо повече, те показват различно отклонение един от друг за различните видове растителност.

Както се вижда от фиг. 7, единствените разлики в спектралните канали на сензорите TM и ETM+ са в леко намалената ширина на 4-ти и 7-ми канал при ETM+ спрямо TM. Въпреки малките разлики, обаче, разликите в усреднените вегетационни и други индекси са много големи. Това явно се дължи на различната чувствителност на сензорите в различните

спектрални диапазони. Засилената чувствителност в синия диапазон на сензора TM води до отрицателни VARI индекси за всички видове растителност.

Заключение

Кривите на отражение за разглежданите обекти, построени по данни от различните спътници се отличават помежду си и от действителните отражателни характеристики на избраните обекти.

Разглежданите обекти показват достатъчно различими помежду си отражателни криви за надеждното им разграничаване един от друг.

Разликите в регистрираните отражения в различните спектрални диапазони за един и същ обект и в един и същ диапазон за различни обекти не са еднакви.

Това води до заключението, че използване на количествени оценки, получени по данни от различните спътници следва да бъде по-внимателно проучено.

Съвместното използване на индекси, получени по данни от различните сензори не би довело до правилни изводи за състоянието на разглежданата растителност.

Литература:

1. Lillesand Thomas M., Ralph W. Kiefer, Jonathan W. Chipman, Remate Sensing and Image Interpretation,WILEY, 2007, ISBN 978-0-470-05245-7
2. Floyd, F. Sabins, Remote Sensing Principles and interpretation, 3rd ed., W.H. Freeman and Company, 1997, ISBN-13: 9780716724421, ISBN: 0716724421
3. ed. By Prasal S. Thenkabail, John G. Lyon, Alfred Huete, Hyperspectral Remote Sensing of Vegetation, 2012, CRC Press, ISBN 978-4398-4537-0
4. http://remote-sensing.net/ - http://remote-sensing.net/concepts.html
5. http://www.seos-project.eu/modules/classification/classification-c00-p05.html
6. база данни на секция Аерокосмическа информация към ИКИТ-БАН – http://195.96.249.88/
7. http://earthexplorer.usgs.gov/
8. NASA - Landsat home page - https://www.nasa.gov/mission_pages/landsat/main/index.html
9. ESA – Sentinel 2 Users Guide - https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/resolutions
10. Takeshi Motohka,Kenlo Nishida Nasahara,Hiroyuki Ogumaand, Satoshi Tsuchida Applicability of Green-Red Vegetation Index for Remote Sensing of Vegetation Phenology, 2010, Remote Sensing, 2, 2369-2387; doi:10.3390/rs2102369
11. Gao Bo-Cai, NDWI A Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water From Space, REMOTE SENS. ENVIRON. 58: (1996) 257-266
12. Lingli Wang, , John J. Qu, Xianjun Hao, Forest fire detection using the normalized multi-band drought index (NMDI) with satellite measurements, Agricultural and Forest Meteorology, Volume 148, Issue 11, October 2008, Pages 1767–1776
13. Suresh Babu K V and Lipika Agarwa, Forest fire danger model based on satellite datasets using geo spatial techniques, International Journal of Advanced Scientific and Technical Research Issue 4 volume 4, July-August 2014, ISSN 2249-9954
14. Schneider, P., D. A. Roberts, P. C. Kyriakidis A VARI-based relative greenness from MODIS data for computing the Fire Potential Index, Remote Sensing of Environment 112 (2008) 1151–1167

S E S 2 0 1 6
Twelfth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
2 – 4 November 2016, Sofia, Bulgaria

СРАВНЕНИЕ НА NDVI И NDWI ИНДЕКСИТЕ НА ШИРОКОЛИСТНА ГОРА ЗА ПЕРИОДА 1984-2016 Г., ПОЛУЧЕНИ ПО ДАННИ ОТ СПЕКТРОМЕТРИТЕ TM, ETM+ И OLI

Мария Димитрова, Пламен Тренчев, Деян Гочев

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: maria@space.bas.bg; ptrenchev@space.bas.bg; dejan@space.bas.bg

Ключови думи: *дистанционни изследвания, спектрални отражателни характеристики, NDVI, NDWI*

Резюме: *В настоящата работа е направено сравнение между усреднените по години криви на отражението, NDVI и NDWI индекси на широколистна гора, получени по данни от Landsat 5, 7 и 8 за периода 1984 – 2016 година. Направен е анализ на различията в индексите, получени по данни от различните сензори и тяхното съвместно използване*

A COMPARISON OF THE BROAD-LEAVED FOREST NDVI AND NDWI INDEXES, OBTAINED FROM THE SPECTROMETERS TM, ETM+ AND OLI DATA FOR THE 1984-2016-PERIOD

Maria Dimitrowa, Plamen Trenchev, Deyan Gochev

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: maria@space.bas.bg; ptrenchev@space.bas.bg; dejan@space.bas.bg

Key words: *remote sensing, spectral reflective characteristics, NDVI, NDWI*

Abstract: *Landsat-5, 7, 8 data from the 1984-2016-period are used to create for a broad-leaved forest the yearly averaged reflection graphics and the NDVI and NDWI indexes. A comparison between the latter is presented in the paper. An analysis for the differences in the indexes obtained from different sensors' data and their combined use are commented.*

Въведение

Спътниковите данни от пасивните сензори се базират на отразеното от обекта излъчване от Слънцето. Различните сензори, обаче имат различни спектрална и радиометрична разделителна способност. Макар и да имат подобни средни дължини на вълната за определени канали, ширината на самите канали е различна. Това води до разлики в регистрираните криви на отражение, получени по данни от различните сензори.

Регистрирането на наличието и границите на различните наземни обекти при еднаква пространствена разделителна способност по данни от различни сензори не следва да показва съществени различия. При количествени оценки, обаче, тези разлики могат да се окажат съществени.

Най-често количествени оценки се правят за вегетационното състояние на различна по вид растителност, като за удължаване на периода на изследване се налага използването на данни от различни спътници [1, 2, 3]. При съвременното наличието на голям брой специализирани софтуерни възможности, както и свободни спътникови данни, индексите се пресмятат много лесно, получава се тяхното пространствено разпределение, което е близко по вид за данните от различните сензори. Конкретните стойности, обаче и времевите тенденции не са еднакви.

В настоящата работа е представено сравнение на отражателните характеристики, NDVI и NDWI индексите на широколистна гора в региона на Източна България за периода 1984 –

2016 година, получени по данни от спектрометри TM, ETM+ и OLI от спътниците от серията Landsat. Дискутирани са различията в получените от различните източници резултати и възможностите за съвместно използване на количествени данни от различните сензори.

Избран е този тип растителност, т.к. неговото развитие е бавно, сравнително постоянно и с добра точност може да се приеме за слабо изменчив обект. Конкретното място е избрано, понеже това е резерват, който не е подложен на неконтролируемо въздействие от човешкия фактор, което осигурява бавно и естествено развитие на растителността там.

Методика

За получаване на отражателните характеристики на основни обекти по сателитни данни е избрана областта в Източна България около река Камчия, която се покрива от изображения 181-30 на спътниците от серията Landsat.

Използвани са изображения от месец юли за периода 1984 – 2016 година, които са представени в Таблица 1 [4, 5].

Таблица 1. Списък на използваните изображения

сензор	дати
TM	21.7.1984, 24.7.1985, 27.7.1986, 14.7.1987, 19.7.1992, 1.07.2000, 10.7.2003, 31.7.2005, 21.7.2007, 7.7.2008, 8.7.2009, 29.7.2010, 16.7.2011
ETM+	23.7.1999, 9.7.2000, 12.7.2001, 15.7.2002, 23.7.2005*, 29.7.2007, 18.7.2009*, 8.7.2011*, 26.7.2012*, 13.7.2013*, 19.7.2015*, 5.7.2016*
OLI	3.7.2013, 8.7.2014, 27.7.2015, 29.7.2016

** Изображенията са частични поради повреда на сензора*

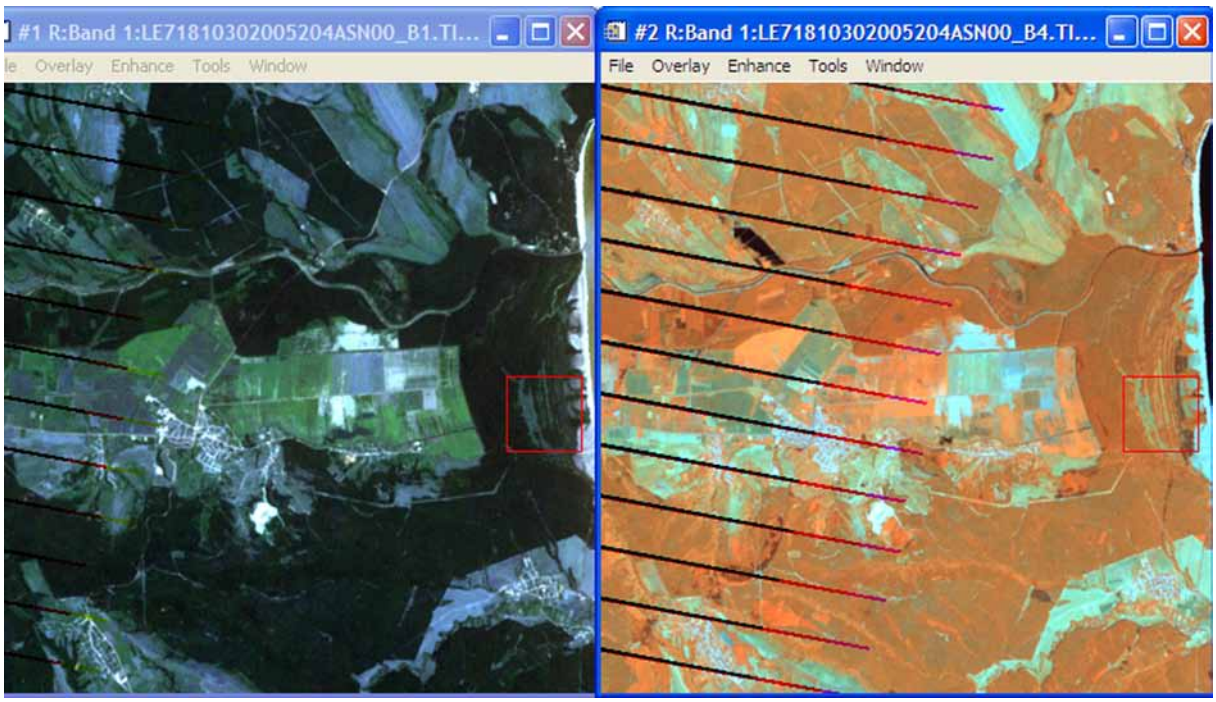
Този месец е избран от съображение растителността да е в еднакъв сезонен етап от вегетационното си развитие.



Фиг. 1. Илюстрация на избрания за изследването регион и контролни точки

Избрани са контролни точни, които са надеждно отъждествени с широколистни гори в региона. Избраните точки са показани на фигура 1. Измерени са стойностите на регистрираното излъчване във всеки един от спектралните канали [6] за всяка една от тях. Получените стойности са усреднени за всяко едно от изображенията, нормирани са на 1 съобразно радиометричната разделителна способност на сензора (256 за TN и ETM+ и 65 536 за OLI). Изображенията, получени от [4, 5] не са подлагани на никаква допълнителна обработка с цел да се избегне допълнителна промяна на стойностите на отразената и регистрирана енергия в съответните спектрални канали.

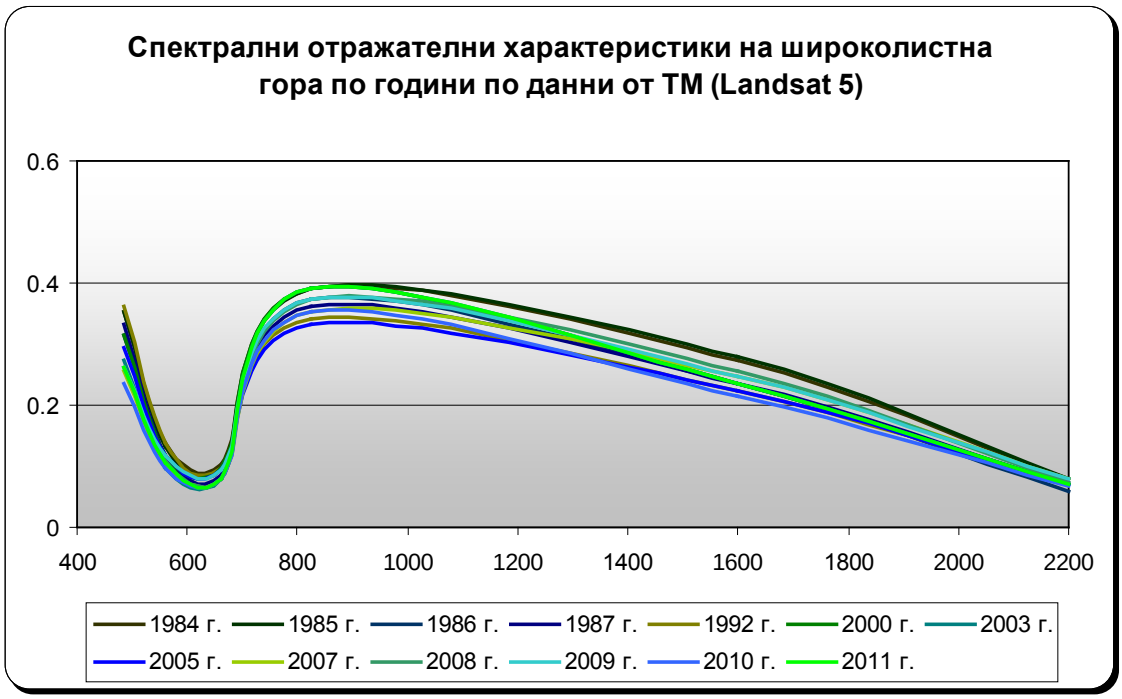
За периода 2003 – 2016 година данните от спектрометър ETM+ са непълни, изображенията са частично повредени. Избраният за разглеждане участък от гората, обаче, попада в неповредената част от изображенията, както е показано на фигура 2



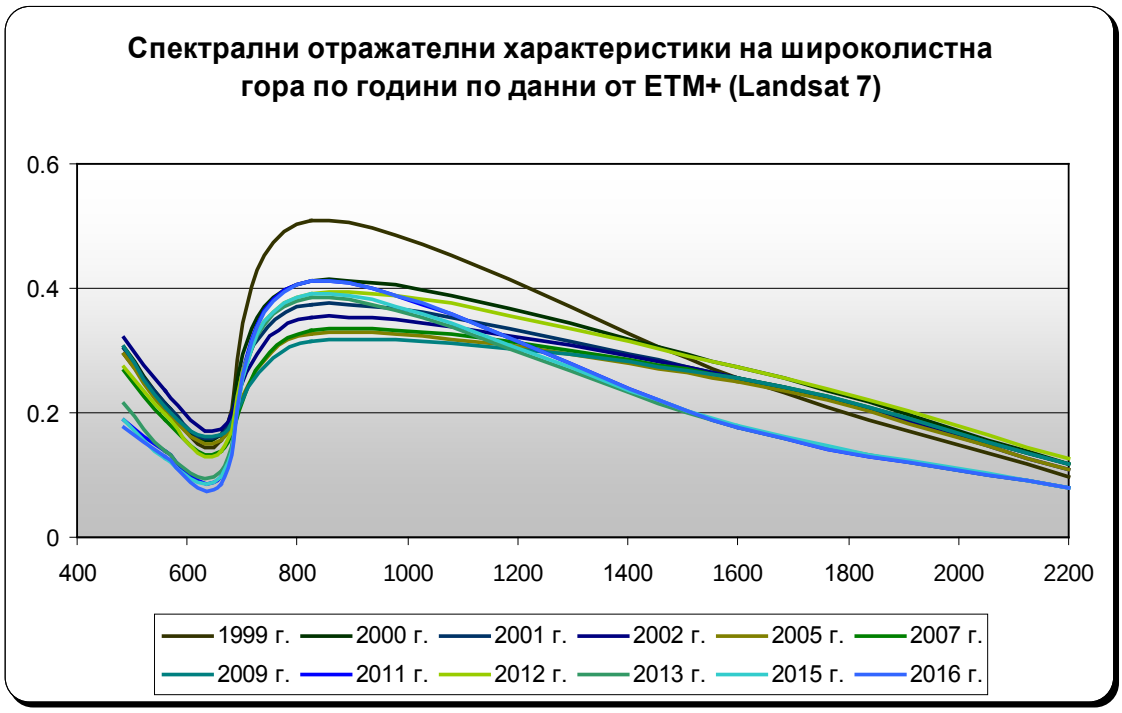
Фиг. 2. Изображения в канали 1, 2 и 3 и 4, 5 6 съответно от 23.7.2005 година от ETM+

Резултати

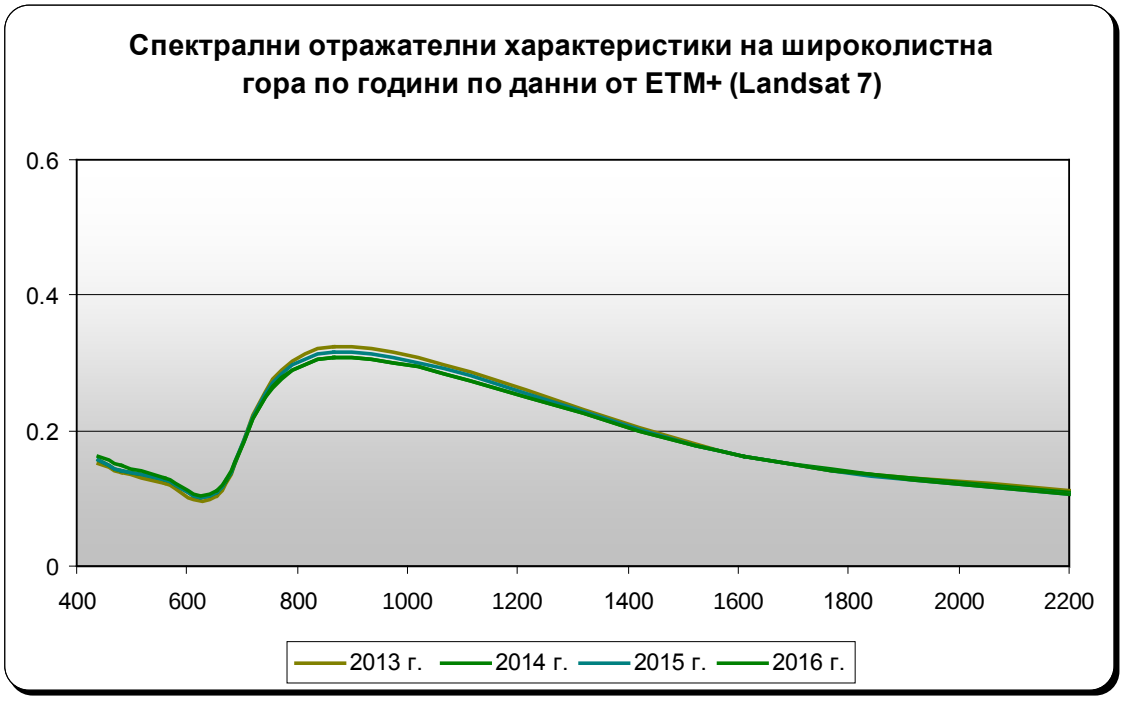
На фигури 3, 4 и 5 са представени получените спектрални отражателни характеристики на широколистната гора, получени при прилагането на изложената по-горе методика по данни от сензорите TM (Landsat 5), ETM+ (Landsat 7) и OLI (Landsat 8). Използвани са канали 1, 2, 3, 4, 5 и 7 за Landsat 5 и 7 и канали 1, 2, 3, 4, 5, 6 и 7 за Landsat 8 [6]. По осите x е нанесена дължината на вълната λ[nm], а по оста y – степента на отражение, нормирана на 1.



Фиг. 3. Криви на отражение на широколистна гора по години по данни от TM



Фиг. 4. Криви на отражение на широколистна гора по години по данни от TM



Фиг. 5. Криви на отражение на широколистна гора по години по данни от OLI

За всяка една от получените криви са пресметнати NDVI и NDWI индексите както следва:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

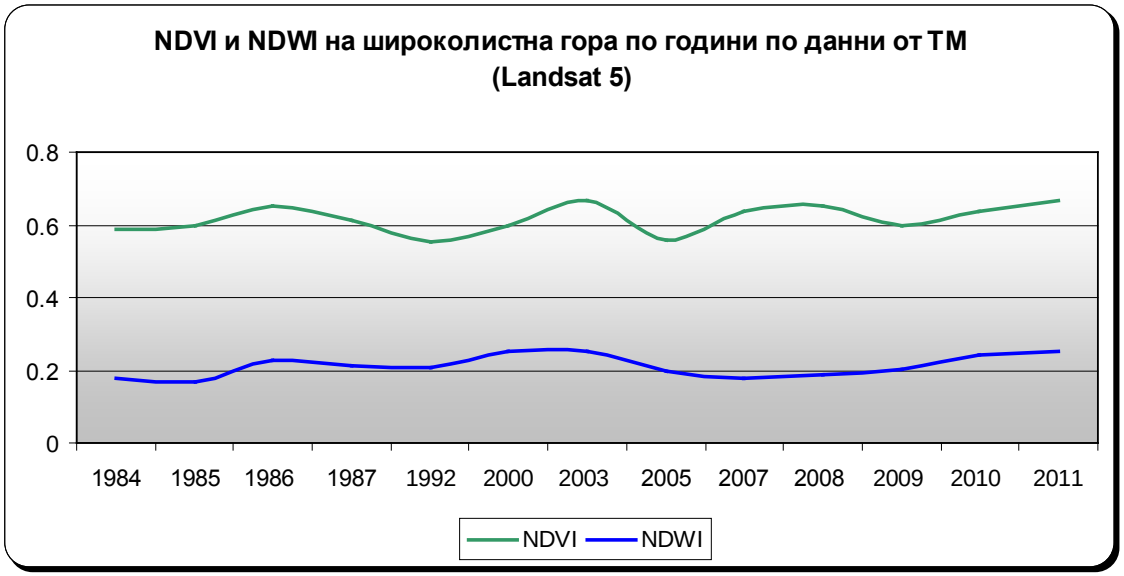
$$NDWI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$$

Използвани са канали 3, 4 и 5 за сензорите TM и ETM+ и канали 4, 5 и 6 за сензора OLI [6]. Получените резултати са представени съответно в таблица 2 и на графики 6, 7 и 8.

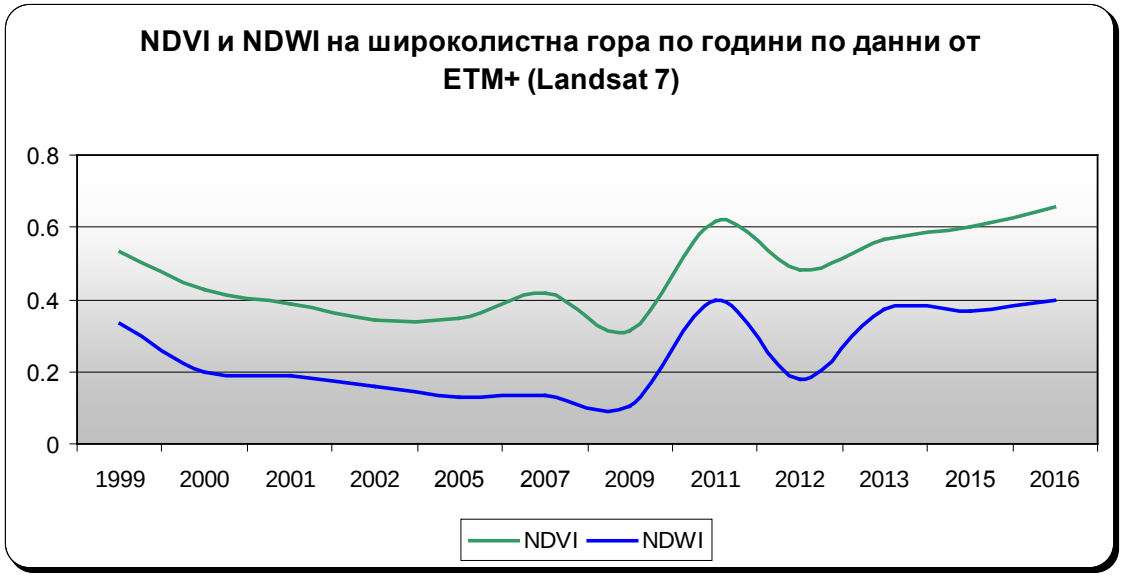
На фигура 9 е представен резултатът от съвместното използване на всички изображения от четирите сензора.

Таблица 2. Сравнение на NDVI и NDWI индексите, получени по данни от различни сеньори по години

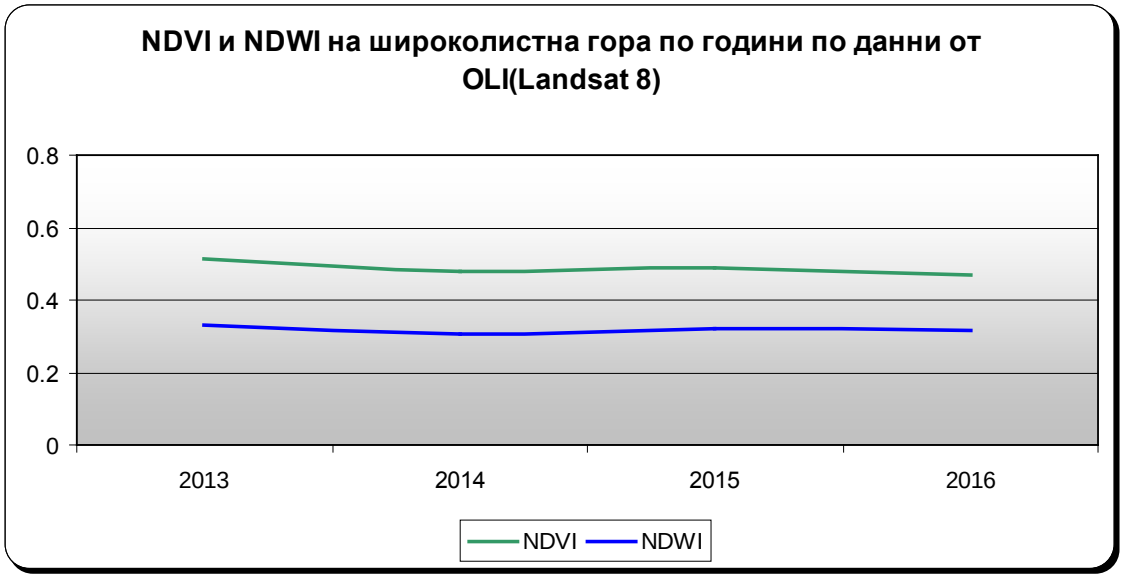
TM	NDVI	NDWI	ETM+	NDVI	NDWI	OLI	NDVI	NDWI
1984	0.587302	0.176471	1999	0.529412	0.333333	2013	0.513514	0.333333
1985	0.6	0.169591	2000	0.428571	0.2	2014	0.481481	0.30719
1986	0.652174	0.225806	2001	0.386861	0.1875	2015	0.488203	0.322581
1987	0.614035	0.210526	2002	0.343284	0.16129	2016	0.470588	0.313629
1992	0.553571	0.208333	2005	0.349593	0.129252			
2000	0.6	0.25	2007	0.416667	0.133333			
2003	0.666667	0.25	2009	0.311475	0.103448			
2005	0.559633	0.197183	2011	0.615385	0.4			
2007	0.636364	0.176471	2012	0.481481	0.176471			
2008	0.652174	0.1875	2013	0.568	0.370629			
2009	0.596639	0.202532	2015	0.6	0.369863			
2010	0.636364	0.241379	2016	0.653543	0.4			
2011	0.666667	0.25						



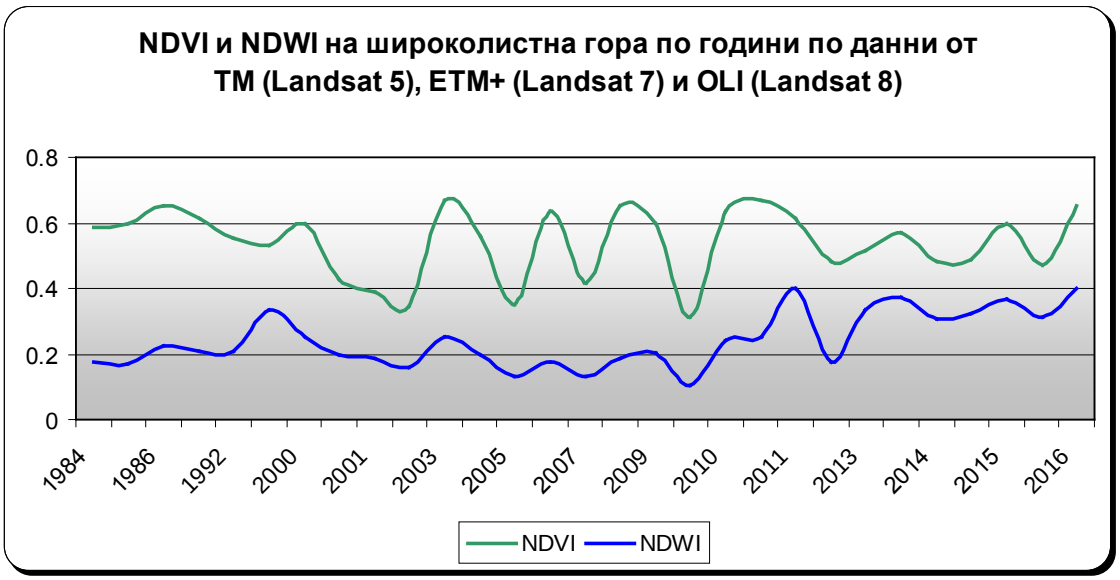
Фиг. 6. NDVI и NDWI индекси на широколистна гора по години по данни от TM



Фиг. 7. NDVI и NDWI индекси на широколистна гора по години по данни от ETM+



Фиг. 8. NDVI и NDWI индекси на широколистна гора по години по данни от OLI



Фиг. 9. NDVI и NDWI индекси на широколистна гора по години по данни едновременно от TM, ETM+ и OLI

Анализ на резултатите

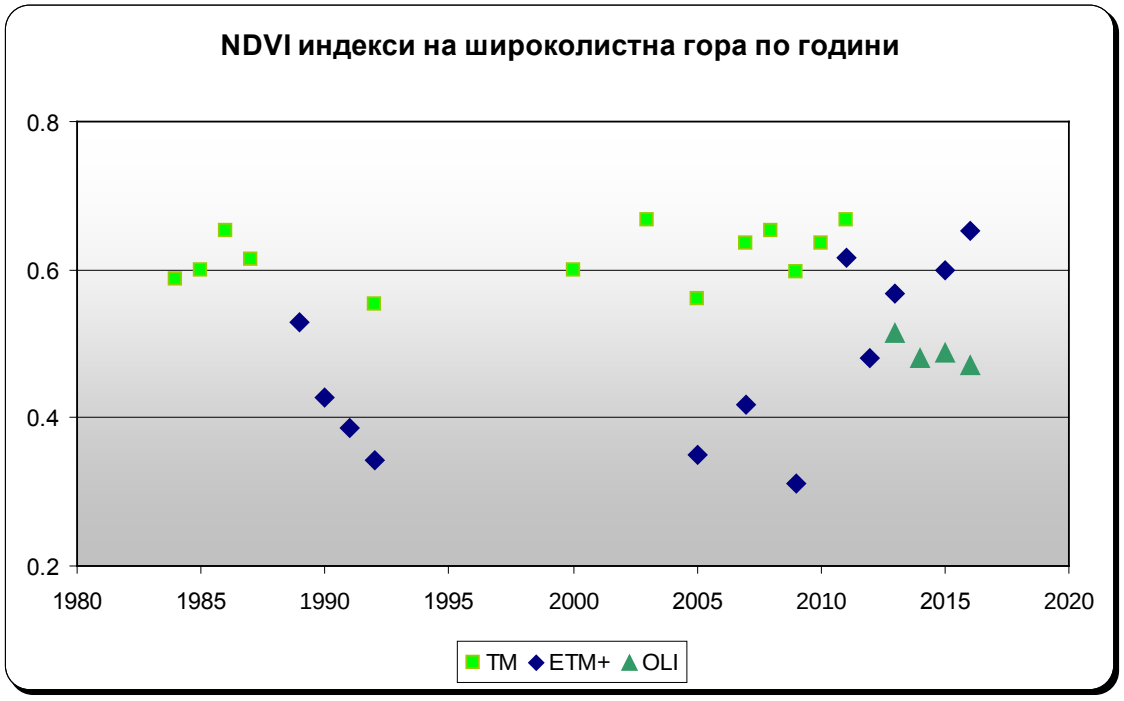
От резултатите, показани на всичките 4 фигури можем да заключим, че стойностите на NDVI и NDWI индексите показват изключително добра корелаия помежду си.

Както се вижда от фигури 6, 7 и 8, поведението на вегетационния индекс на гората във времето показва различен характер при използване на данните от различните сензори. Докато данните от TM и OLI показват едно сравнително неизменно и добро във вегетационно отношение състояние на разглежданата гора, по данните от ETM+ може да се заключи, че след 2011 година се наблюдава значително покачване на индекса, а оттам и подобряване на състоянието на гората.

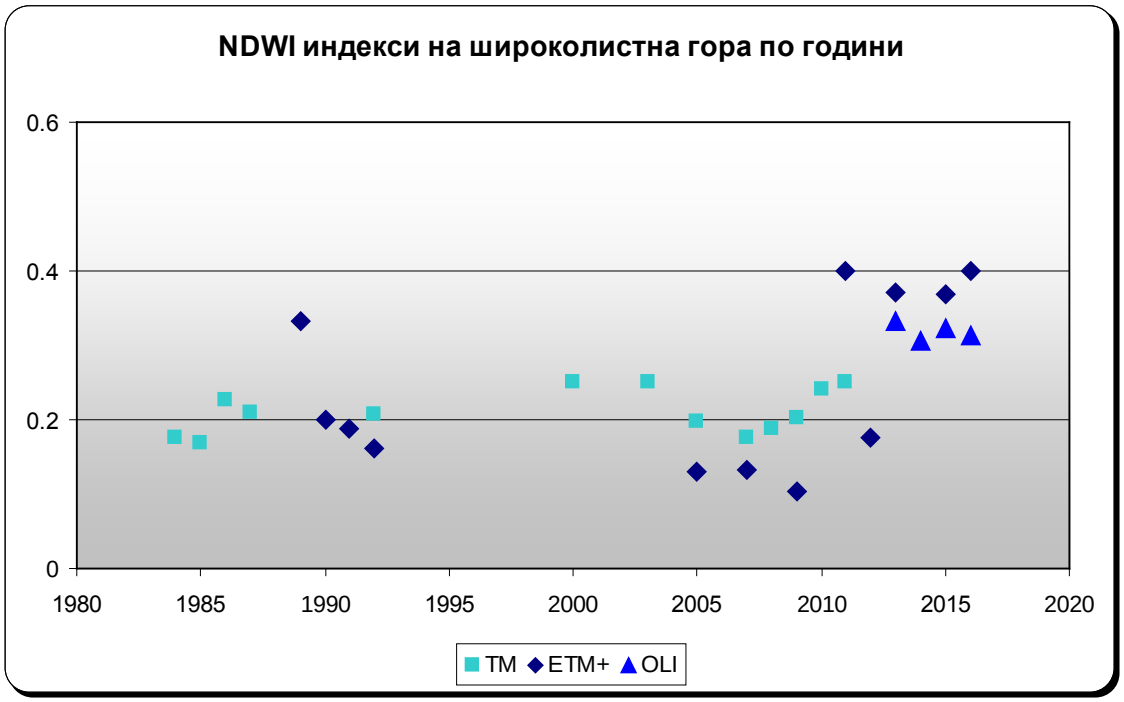
По фигура 9 бихме могли да заключим, че 2003 – 2013 година гората показва нестабилно поведение – вероятно подложена на периодично неблагоприятно въздействие, като за целия разглеждан период началното и крайното ѝ състояние е еднакво. Подобно поведение е получено и в други работи [1, 2], при използване на други методи на пресмятане на индексите.

В настоящата работа е обърнато особено внимание данните да бъдат от един и същи период на вегетационното развитие на растителността за всички години (в рамките единствено на месец юли) за да бъде сведено до минимум сезонното изменение на характеристиките на обекта.

За по-нагледно възприемане на резултатите по години, на фигури 10 и 11 са представени на една графика изчислените стойности на индексите поотделно за всеки сензор съответно на NDVI и NDWI индексите.



Фиг. 10. NDVI индекси на широколистна гора по години по данни от TM, ETM+ и OLI



Фиг. 11. NDWI индекси на широколистна гора по години по данни от TM, ETM+ и OLI

От двете графики се вижда добре се вижда отместването на средните стойности на двата индекса между данните от TM и OLI и силно променливото поведение на индексите по данни от ETM+. При това, докато NDVI индекса има значително по-високи стойности при TM, то NDWI индекса има по-високи стойности при OLI.

Подобни сравнения между NDVI и други индекси, получени по данни от различните сензори, са правени и от други автори [7, 8, 9].

Заключение

От представените резултати може да се заключи, че съвместното използване на данни от различни сензори за количествена оценка на вегетационното състояние на растителността води до неверни или в най-добрия случай несигурни резултати. Дори тенденциите в развитието могат да бъдат погрешно оценени.

Докато данните от сензорите TM и OLI показват сравнително слаби годишни разлики, то тези от ETM+ са доста променливи и оттук – неподходящи за подобни оценки.

Съвместното използване на данни от различните сензори силно разширява възможния период на проследяване на състоянието на обектите. Желателно е, обаче, те да бъдат използвани за качествени оценки, за определяне на границите на обектите, наличие на различни събития и др., но не и за пряка количествена оценка.

Литература:

1. Димитрова, М., Св. Маркова, Р. Недков, М. Захаринова, Влияние на водата като екологичен фактор върху състоянието на резерват Камчия, Единадесета научна конференция с международно участие SES 2015, 4 - 6.11.2015 София, 280, http://www.space.bas.bg/SES%202015/E-4.pdf
2. Masseli Fabio, Monitoring forest conditions in a protected Mediterranean coastal area by the analysis of multilayer NDVI data, Remote Sensing of Environment 89, 2004, pp. 423-433
3. Jeffrey G.Maseka, Chengquan Huangb, Robert Wolfea, Warren Cohenc, Forrest Halld, Jonathan Kutlera, PederNelsonc, North American forest disturbance mapped from a decadal Landsat record, Remote Sensing of Environment 112, 2008, pp. 2014-2026
4. http://earthexplorer.usgs.gov/
5. база данни на секция Аерокосмическа информация към ИКИТ-БАН – http://195.96.249.88/
6. NASA - Landsat home page - https://www.nasa.gov/mission_pages/landsat/main/index.html
7. Sensors Peng Li, Luguang Jiang and Zhiming Feng Cross-Comparison of Vegetation Indices Derived from Landsat-7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) and Landsat-8 Operational Land Imager (OLI), Remote Sens. 2014, 6, 310-329; doi:10.3390/rs6010310, ISSN 2072-4292
8. Dandan, Xu , Xulin Guo, Compare NDVI extracted from Landsat 8 imagery with that from Landsat 7 imagery, American Journal of Remote Sensing 2014; 2(2): 10-14, ISSN: 2328-5788 (Print); ISSN: 2328-580X (Online)
9. Yinghai Ke, Jungho Im, Junghee Lee, Huili Gong, Youngryel Ryu, Characteristics of Landsat 8 OLI-derived NDVI by comparison with multiple satellite sensors and in-situ observations, Remote Sensing of Environment 164 (2015) 298–313

ОТРАЖАТЕЛНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ, NDVI И NDWI ИНДЕКСИ НА ИГЛОЛИСТНА ГОРА И ПРОМЕНЯЩА СЕ ТРЕВНА РАСТИТЕЛНОСТ ПО ДАННИ ОТ TM, ETM+ И OLI

Мария Димитрова, Пламен Тренчев, Деян Гочев

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: maria@space.bas.bg; ptrenchev@space.bas.bg; dejan@space.bas.bg

Ключови думи: *дистанционни изследвания, спектрални отражателни характеристики, NDVI, NDWI*

Резюме: *В настоящата работа е направено сравнение между усреднените по години криви на отражението, NDVI и NDWI индекси на иглолистна гора и променяща се тревна растителност, получени по данни от Landsat 5, 7 и 8 за периода 1984 – 2016 година. Направен е анализ на различията в индексите, получени по данни от различните сензори, както и на влиянието на промяната в тревната растителност върху кривите на отражение.*

REFLECTIVE CHARACTERISTICS, NDVI AND NDWI INDEXES FOR A CONIFEROUS FOREST AND CHANGING GRASS VEGETATION, OBTAINED FROM THE TM, ETM+ AND OLI DATA

Maria Dimitrowa, Plamen Trenchev, Deyan Gochev

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: maria@space.bas.bg; ptrenchev@space.bas.bg; dejan@space.bas.bg

Key words: *remote sensing, spectral reflective characteristics, NDVI, NDWI*

Abstract: *Landsat-5, 7, 8 data from the 1984-2016-period are used for grass vegetation and coniferous forest to create their yearly averaged reflection graphics and the NDVI and NDWI indexes. A comparison between the latter is presented in the paper. An analysis for the differences in the indexes obtained from different sensors' data is made. The influence of the grass vegetation changes on the reflection graphics is commented.*

Въведение

Спътниковите данни от пасивните сензори се базират на отразеното от обекта излъчване от Слънцето. Различните сензори, обаче имат различни спектрална и радиометрична разделителна способност. Макар и да имат подобни средни дължини на вълната за определени канали, ширината на самите канали е различна. Това води до разлики в регистрираните криви на отражение, получени по данни от различните сензори.

Регистрирането на наличието и границите на различните наземни обекти при еднаква пространствена разделителна способност по данни от различни сензори не следва да показва съществени различия. При количествени оценки, обаче, тези разлики могат да се окажат съществени.

Най-често количествени оценки се правят за вегетационното състояние на различна по вид растителност, като за удължаване на периода на изследване се налага използването на данни от различни спътници [1, 2, 3].

В настоящата работа е представено сравнение на отражателните характеристики, NDVI и NDWI индексите на иглолистна гора и тревна растителност в региона на Източна България за периода 1984 – 2016 година, получени по данни от спектрометри TM, ETM+ и OLI от спътниците от серията Landsat. Дискутирани са различията в получените от различните източници

резултати и възможностите за съвместно използване на количествени данни от различните сензори.

Иглолистната гора е разглеждана, т.к. неговото развитие е бавно, сравнително постоянно и с добра точност може да се приеме за слабо изменчив обект. Тревната растителност е в рамките на широколистна гора, чиито характеристики са изследвани от авторите [4].

Методика

За получаване на отражателните характеристики на основни обекти по сателитни данни е избрана областта в Източна България около река Камчия, която се покрива от изображения 181-30 на спътниците от серията Landsat.

Използвани са изображения от месец юли за периода 1984 – 2016 година, каито са представени в Таблица 1 [5, 6].

Таблица 1. Списък на използваните изображения

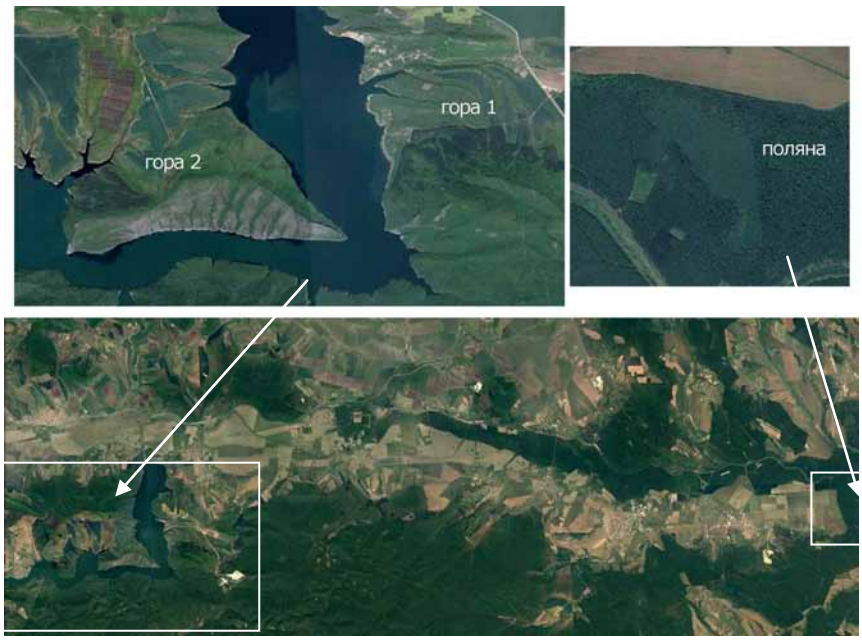
сензор	дати
TM	21.7.1984, 24.7.1985, 27.7.1986, 14.7.1987, 19.7.1992, 1.07.2000, 10.7.2003, 31.7.2005, 21.7.2007, 7.7.2008, 8.7.2009, 29.7.2010, 16.7.2011
ETM+	23.7.1999, 9.7.2000, 12.7.2001, 15.7.2002, 23.7.2005*, 29.7.2007, 18.7.2009*, 8.7.2011*, 26.7.2012*, 13.7.2013*, 19.7.2015*, 5.7.2016*
OLI	3.7.2013, 8.7.2014, 27.7.2015, 29.7.2016

* Изображенията са частични поради повреда на сензора

Този месец е избран от съображение растителността да е в еднакъв сезонен етап от вегетационното си развитие.

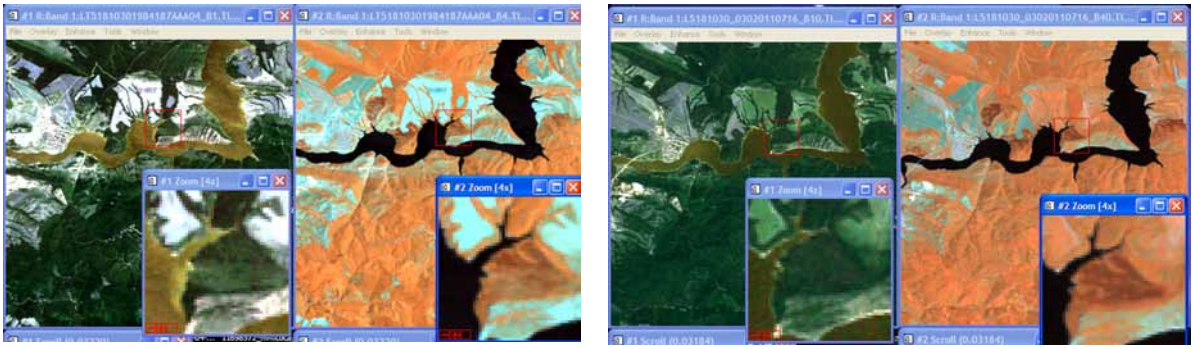
Избраните участъци с иглолистна гора и разглежданата поляна са показани на фигура 1. Разглежданата поляна е в рамките на широколистната гора по северното течение на река Камчия. Иглолистната гора представлява два участъка от северната страна на язовир Цонево.

Избрани са контролни точни, които са надеждно отъждествени с широколистни гори в региона. Измерени са стойностите на регистрираното излъчване във всеки един от спектралните канали [6] за всяка една от тях. Получените стойности са усреднени за всяко едно от изображенията, нормирани са на 1 съобразно радиометричната разделителна способност на сензора (256 за TN и ETM+ и 65 536 за OLI).

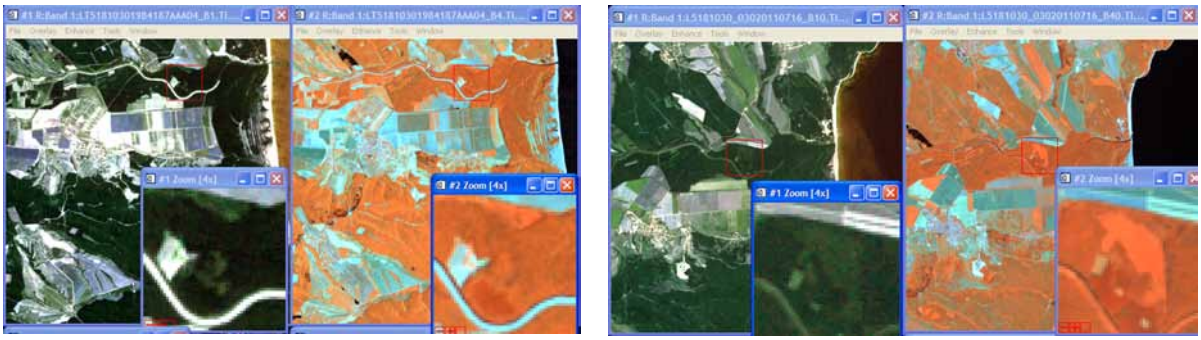


Фиг. 1. Илюстрация на използваните в изследването участъци

За периода 2003 – 2016 година данните от спектрометър ETM+ са непълни, изображенията са частично повредени. Избраната ливада попада в неповредения участък на изображенията. Иглолистната гора е изцяло в лошия участък. Представеният метод с контролни точки вместо пресмятане на индексите с помощта на специализиран софтуер, позволява изображенията да бъдат използвани.



Фиг. 2. Разрастване на иглолистната гора за периода 1984 – 2011 година



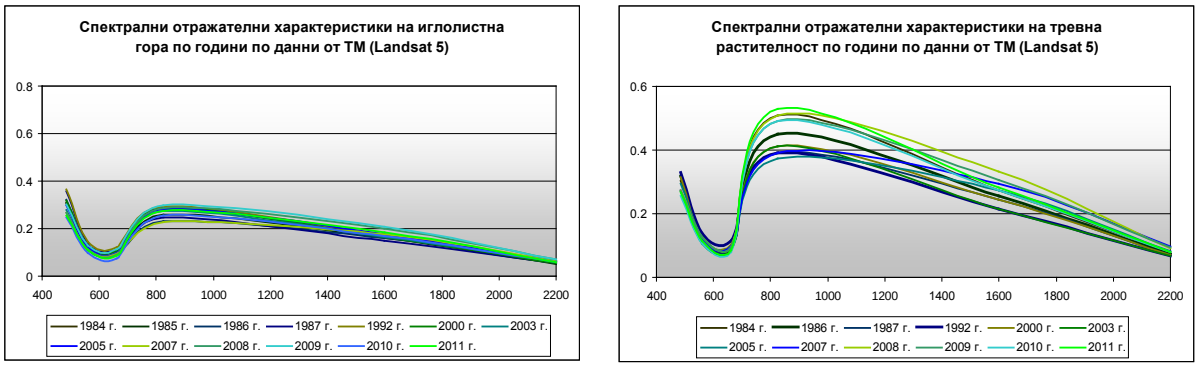
Фиг. 3. Оформяне на ливадата. Сравнение между изображенията от 1984 и 2011 година

И двата разглеждани обекта се променят през разглеждания период. На фигура 2 е илюстрирано разрастването на иглолистната гора за периода 1984 – 2011 година по данни от TM.

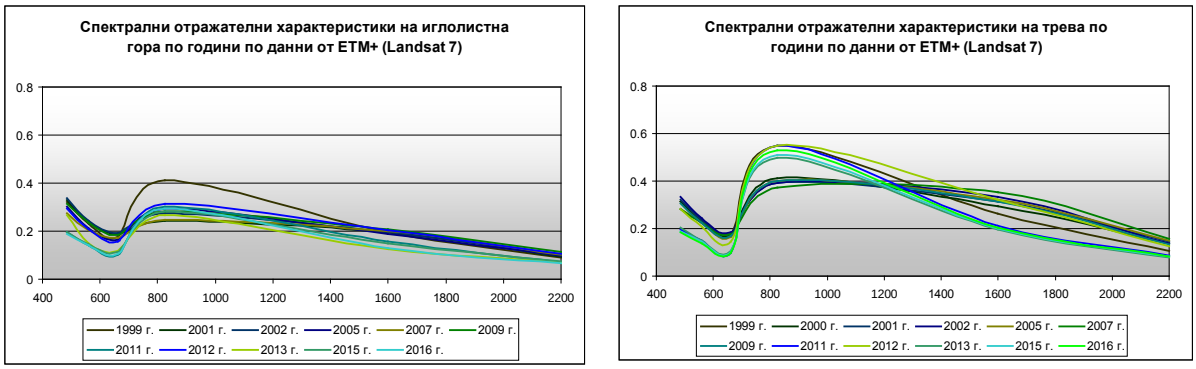
На фигура 3 е показано оформянето на ливадата за същия период. Крайния си вид разглежданата ливада добива през 2006 година, като преди това са разглеждани участъка в края на гората и част от бъдещата ливада (лявата част на фигура 3).

Резултати

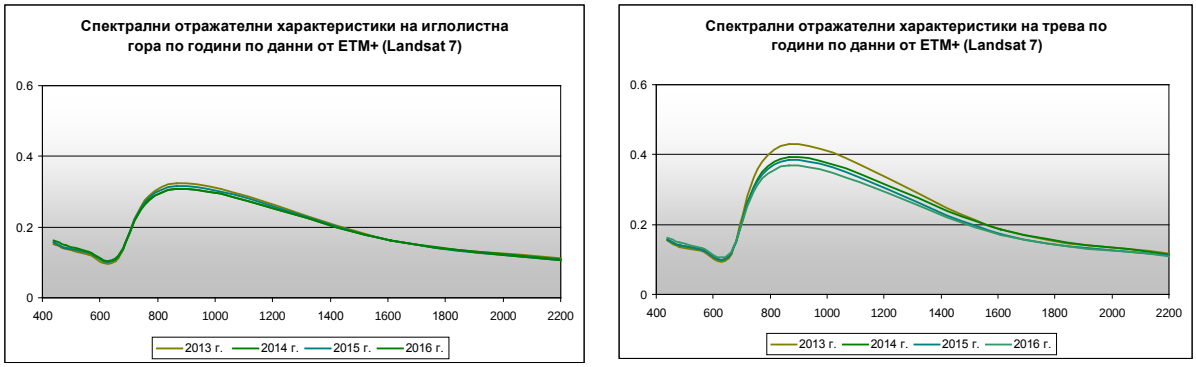
На фигури 4, 5 и 6 са представени получените спектрални отражателни характеристики на иглолистната гора и тревната растителност, получени при прилагането на изложената по-горе методика по данни от сензорите TM (Landsat 5), ETM+ (Landsat 7) и OLI (Landsat 8). Използвани са канали 1, 2, 3, 4, 5 и 7 за Landsat 5 и 7 и канали 1, 2, 3, 4, 5, 6 и 7 за Landsat 8 [7]. По осите x е нанесена дължината на вълната λ [nm], а по оста y – степента на отражение, нормирана на 1.



Фиг. 4. Криви на отражение иглолистна гора и тревна растителност за периода 1984 – 2016 г. по данни от TM



Фиг. 5. Криви на отражение иглолистна гора и тревна растителност за периода 1984 – 2016 г. по данни от ETM+



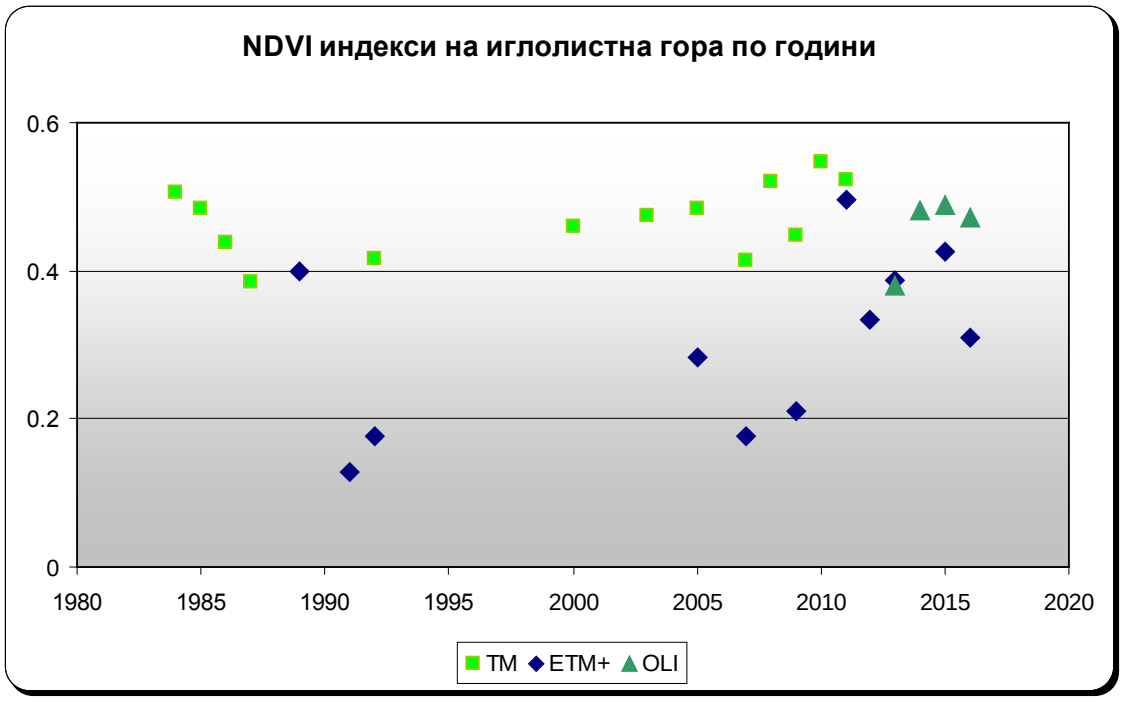
Фиг. 6. Криви на отражение иглолистна гора и тревна растителност за периода 1984 – 2016 г. по данни от OLI

За всяка една от получените криви са пресметнати NDVI и NDWI индексите както следва:

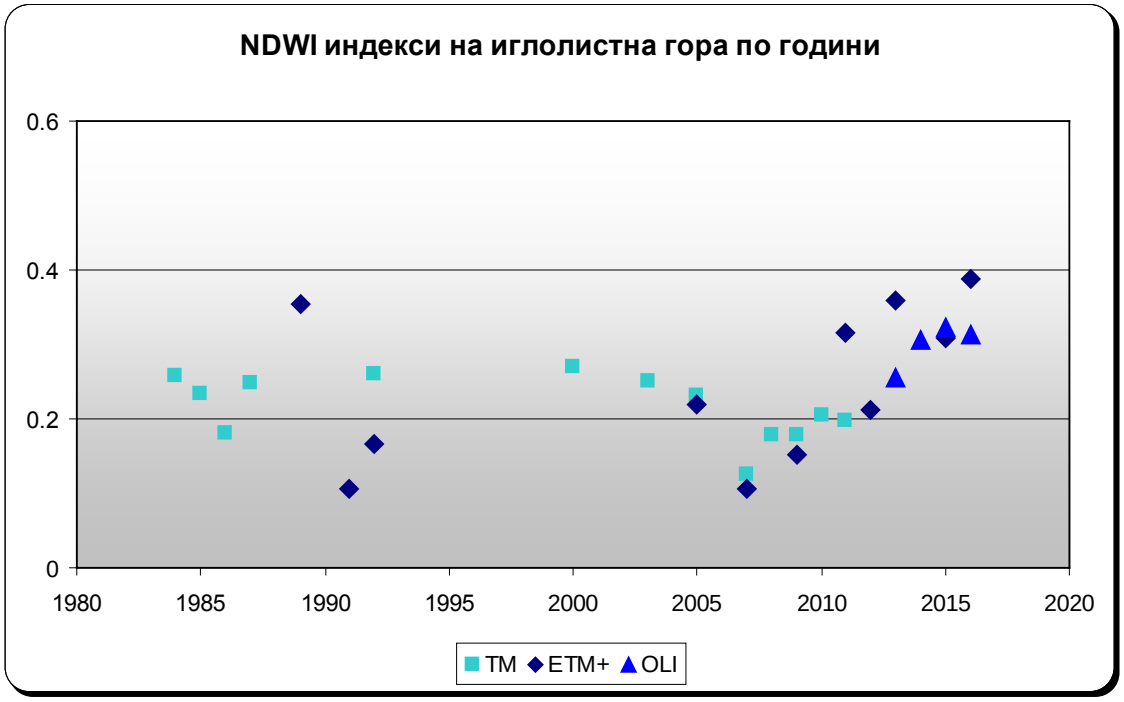
$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

$$NDWI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$$

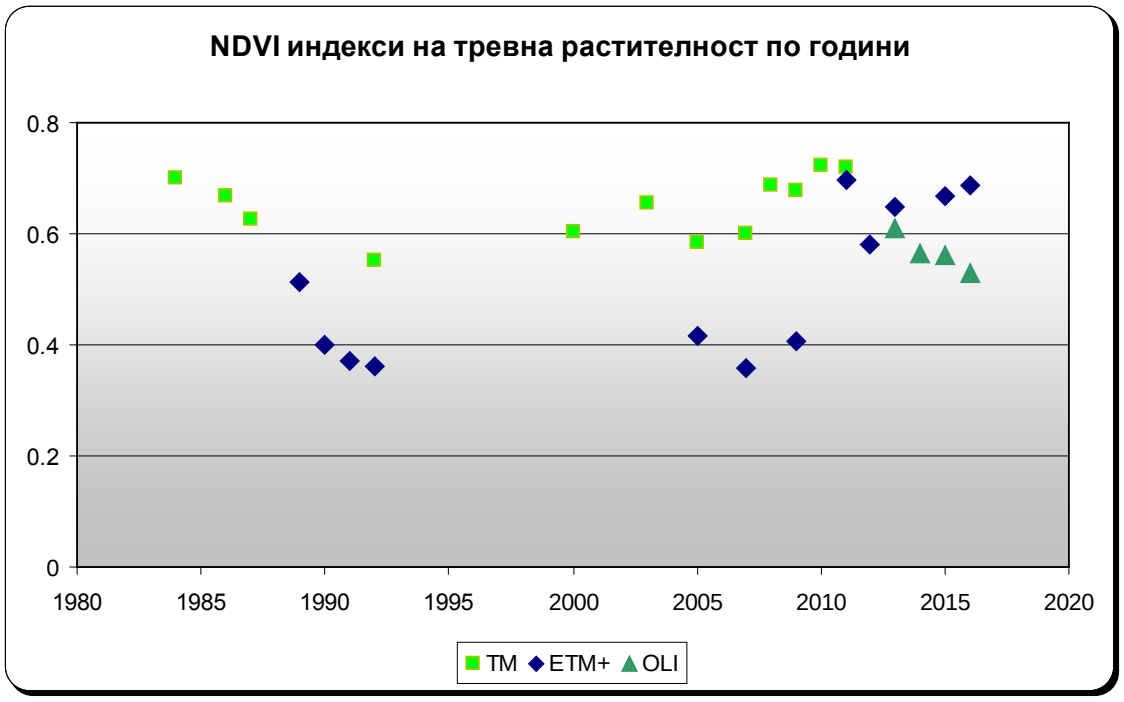
Използвани са канали 3, 4 и 5 за сензорите TM и ETM+ и канали 4, 5 и 6 за сензора OLI [2]. Получените резултати са представени на графики 7 и 8 за иглолистна гора и фигури 9 и 10 за тревна растителност.



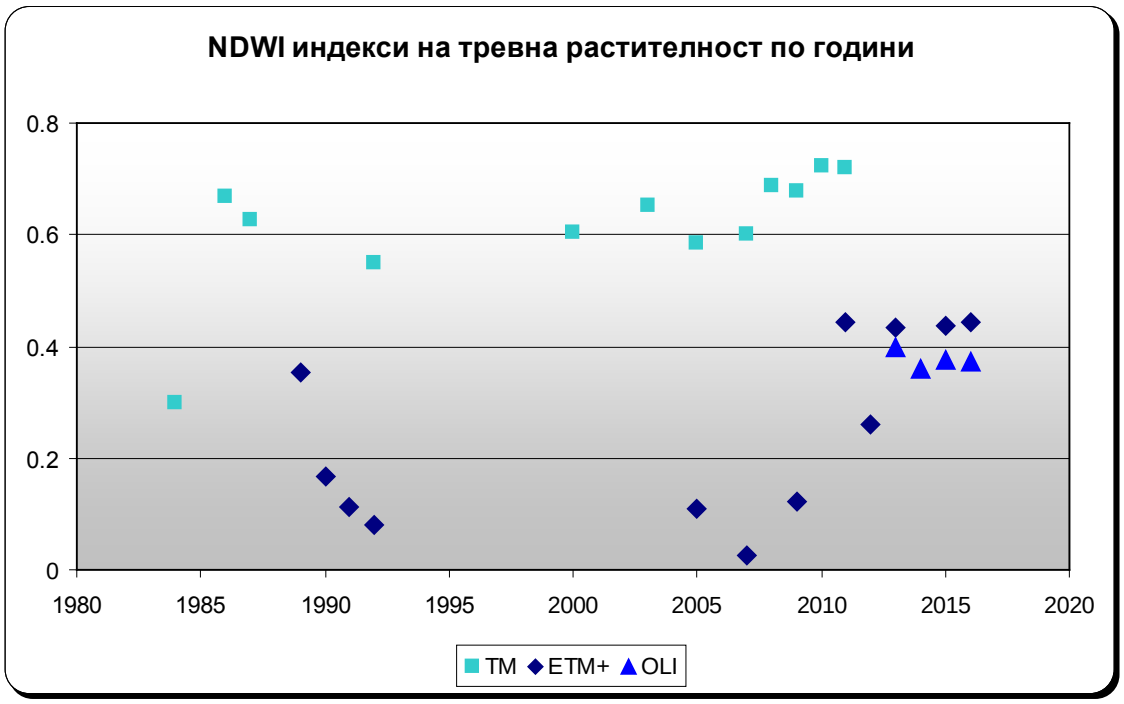
Фиг. 7. NDVI индекси на иглолистна гора по години по данни от TM, ETM+ и OLI



Фиг. 8. NDWI индекси на иглолистна гора по години по данни от TM, ETM+ и OLI



Фиг. 9. NDVI индекси на тревна растителност по години по данни от TM, ETM+ и OLI



Фиг. 10. NDWI индекси на тревна растителност по години по данни от TM, ETM+ и OLI

Анализ на резултатите

Както се вижда от фигури 7, 8, 9 и 10, поведението на вегетационния индекс на гората във времето показва различен характер при използване на данните от различните сензори. Докато данните от TM и OLI показват едно сравнително неизменно и добро във вегетационно отношение състояние на разглежданата гора, по данните от ETM+ може да се заключи, че след 2011 година се наблюдава значително покачване на индекса, а оттам и подобряване на състоянието на гората.

В настоящата работа е обърнато особено внимание данните да бъдат от един и същи период на вегетационното развитие на растителността за всички години (в рамките единствено на месец юли) за да бъде сведено до минимум сезонното изменение на характеристиките на обекта.

Както се вижда от десните части на фигури 4 и 5, промяната на тревната растителност през 2006 година много ясно се отразява в кривите на отражение на обекта. NDVI и NDWI индексите, обаче показват много по-слаба промяна във вегетационното състояние на тревната растителност.

Заключение

От представените резултати може да се заключи, че съвместното използване на данни от различни сензори за количествена оценка на вегетационното състояние на иглолистната и тревна растителност, както и при широколистните гори [1], води до неверни или в най-добрия случай несигурни резултати. Дори тенденциите в развитието могат да бъдат погрешно оценени.

Докато данните от сензорите TM и OLI показват сравнително слаби годишни разлики, то тези от ETM+ са доста променливи и оттук – неподходящи за подобни оценки.

Използването на криви на отражението вместо или заедно с индексите, много по-ясно показва промяната в типа естествена растителност.

Пресмятането на индексите в характерни типични за обекта точки вместо използването на специализиран софтуер, дава възможност да бъдат използвани и повредените изображения от ETM+ за периода 2003 до момента, което обогатява възможностите за изследване на обекти.

Литература:

1. Димитрова, М. , Пл. Тренчев, Д. Гочев, Сравнение на NDVI и NDWI индексите на широколистна гора за периода 1984-2016 г., получени по данни от спектрометрите TM, ETM+ и OLI, SES 2016
2. Димитрова, М., Светлана Маркова, Р. Недков, М. Захаринова, Влияние на водата като екологичен фактор върху състоянието на резерват Камчия, Единадесета научна конференция с международно участие SES 2015, София, 280, http://www.space.bas.bg/SES%202015/E-4.pdf
3. Masseli Fabio, Monitoring forest conditions in a protected Mediterranean coastal area by the analysis of multilayer NDVI data, Remote Sensing of Environment 89, 2004, pp. 423-433
4. Jeffrey G.Maseka, Chengquan Huangb, Robert Wolfea, Warren Cohenc, Forrest Halld, Jonathan Kutlera, PederNelsonc, North American forest disturbance mapped from a decadal Landsat record, Remote Sensing of Environment 112, 2008, pp. 2014-2026
5. http://earthexplorer.usgs.gov/
6. база данни на секция Аерокосмическа информация към ИКИТ-БАН – http://195.96.249.88/
7. NASA - Landsat home page - https://www.nasa.gov/mission_pages/landsat/main/index.html

СЕЗОННО ИЗМЕНЕНИЕ НА ОТРАЖАТЕЛНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, NDVI И NDWI ИНДЕКСИТЕ НА ШИРОКОЛИСТНА, ИГЛОЛИСТНА ГОРА И ТРЕВНА РАСТИТЕЛНОСТ ПО ДАННИ ОТ TM И OLI

Мария Димитрова, Деян Гочев, Пламен Тренчев

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: maria@space.bas.bg; dejan@space.bas.bg, ptrenchev@space.bas.bg

***Ключови думи**: дистанционни изследвания, спектрални отражателни характеристики, NDVI, NDWI*

***Резюме:** В настоящата работа е проследено сезонното изменение на спектралните отражателни характеристики, NDVI и NDWI индексите на основните видове естествена растителност – широколистна, иглолистна гора и тревна, получени по данни от сензорите TM за 2010 и OLI за 20.. година. Направено е сравнение между резултатите от двата сензора. Използвани са данни за периода май 2013 до август 2016 година от OLI и е получен общ сезонния ход на NDVI индекса за широколистна гора и тревна растителност.*

SEASONAL CHANGES OF THE REFLECTIVE CHARACTERISTICS, NDVI AND NDWI INDEXES FOR GRASS VEGETATION, CONIFEROUS AND BROAD-LEAVED FOREST, OBTAINED FROM THE TM AND OLI DATA

Maria Dimitrowa, Deyan Gochev, Plamen Trenchev

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: maria@space.bas.bg; dejan@space.bas.bg, ptrenchev@space.bas.bg

***Key words:** remote sensing, spectral reflective characteristics, NDVI, NDWI*

***Abstract:** In the presented paper, for the natural vegetation basic types (grass, broad-leaved and coniferous forest) are studied the seasonal changes of the spectral reflection characteristics and the NDVI and NDWI indexes, based on data from the sensor TM for 2010 and OLI for 2014. A comparison between the two sensors results is made. For the period (May, 2013-August, 2016) from OLI data is obtained the joint seasonal pattern of the NDVI index for grass vegetation and broad-leaved forest.*

Въведение

Сезонното изменение на зелената листна маса на растителността и процесите на вегетация, често се изследва с помощта на спътникови данни [1, 2, 3, 4].

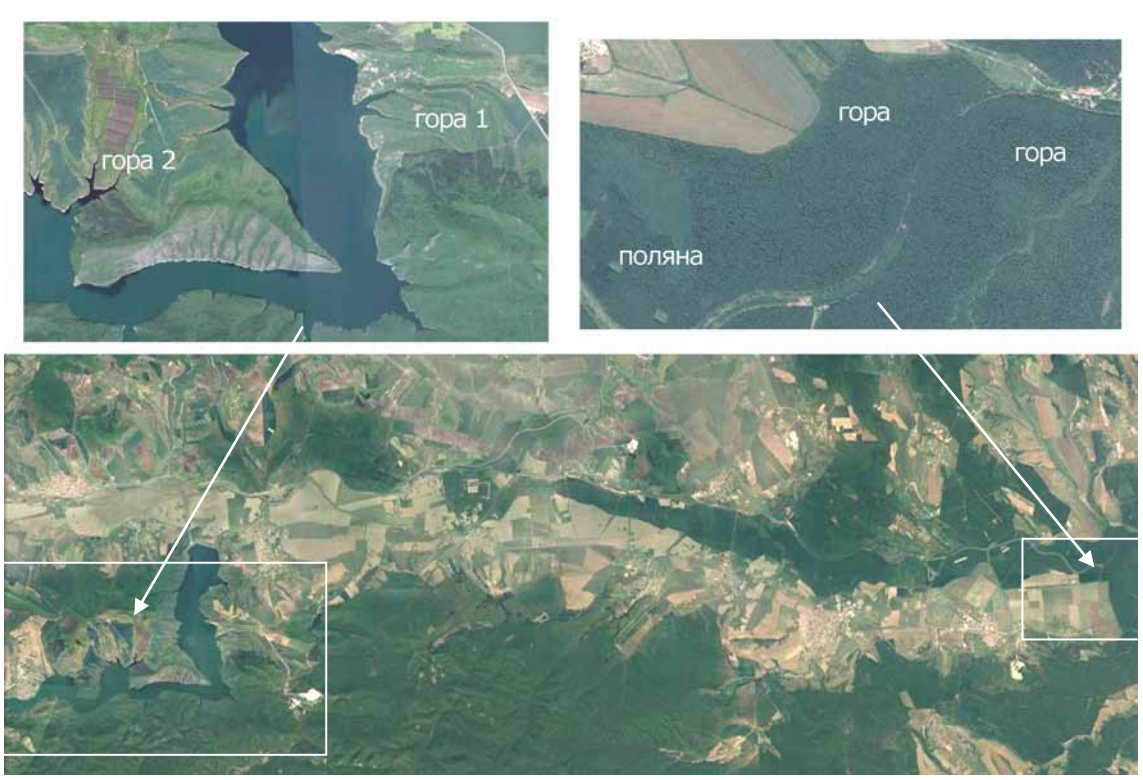
Докато културната растителност е по-пригодна за валидиране на резултатите с наземни изследвания, при естествената, особено горската растителност, дистанционните изследвания често са единственият подходящи като стойност и човешки труд.

При проследяване на динамиката в развитието за един дълъг период от време, често са налични спътникови данни от различни сензори. Стои отворен въпросът за коректното сравнение, особено количествено, на данните от различните сензори.

В настоящата работа е представено сравнение на сезонното изменение на отражателните характеристики, NDVI и NDWI индекситена основни растителни видове – широколистна, иглолистна гора и тревна растителност, получени по данни от спектрометри TM OLI от спътниците от серията Landsat. Дискутирани са различията в резултатите, получени от различните източници.

Методика

За получаване на отражателните характеристики на основни обекти по сателитни данни е избрана областта в Източна България около река Камчия (фиг. 1), която се покрива от изображения 181-30 на спътниците от серията Landsat [5, 6].



Фиг. 1. Илюстрация на избрания за изследването регион

Използвани са изображения от месеците между февруари и октомври за 2010 година от TM и между април и октомври 2014 година от OLI, каито са представени в Таблица 1.

Таблица 1. Списък на използваните изображения

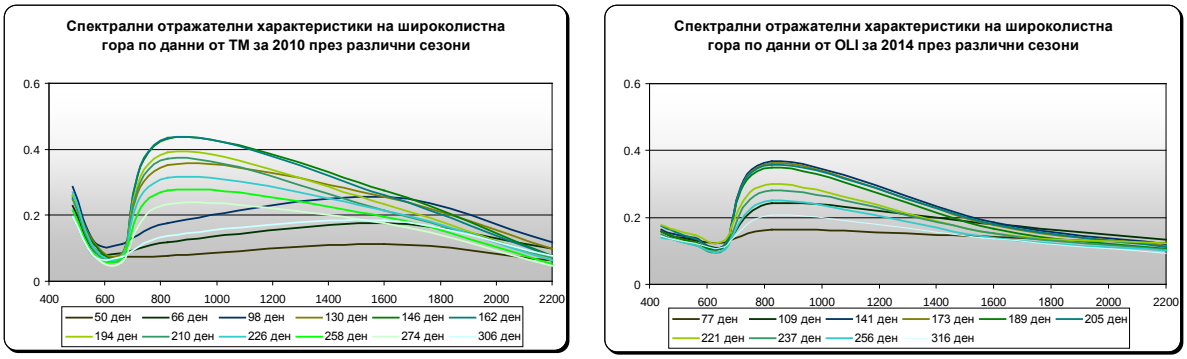
дати TM	Пореден ден от годината (TM)	дати OLI	Пореден ден от годината (OLI)
19.02.2010	50		
7.03.2010	66	18.03.2014	77
8.04.2010	98	19.04.2014	109
10.05.2010	130		
26.5.2010	146	21.05.2014	141
11.06.2010	162	22.06.2014	173
13.07.2010	194	8.07.2014	189
29.07.2010	210	24.07.2014	205
14.08.2010	226	9.08.2014	221
		25.08.2014	237
15.09.2010	258	13.09.2014	256
1.10.2010	274		
2.11.2010	306	12.11.2014	316

Избрани са контролни точни, които са надеждно отъждествени с конкретния обект и са измерени стойностите на регистрираното излъчване във всеки един от спектралните канали [7] за всяка една от тях. Получените стойности са усреднени за всеки един от сензорите, нормирани са на 1 съобразно радиометричната разделителна способност на сензора (256 за TN и 65 536 за OLI).

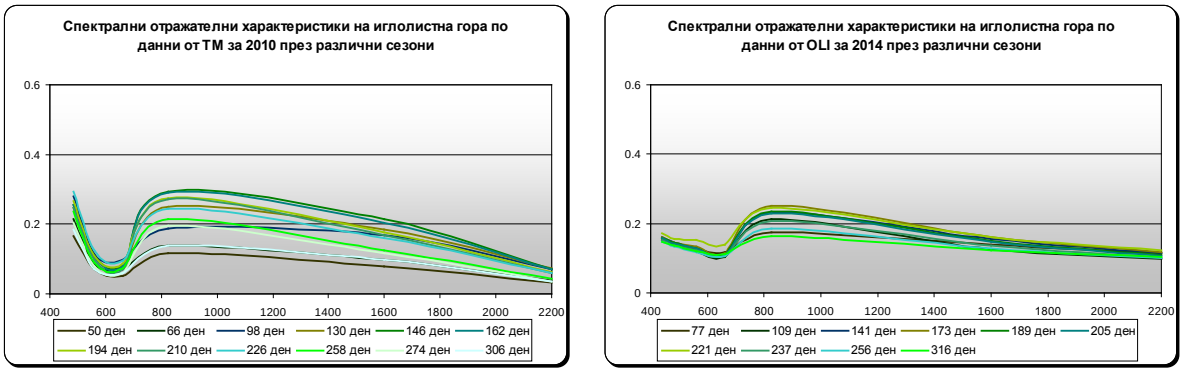
Използвани са канали 1, 2, 3, 4, 5 и 7 за Landsat 5 и канали 1, 2, 3, 4, 5, 6 и 7 за Landsat 8 [7].

Резултати

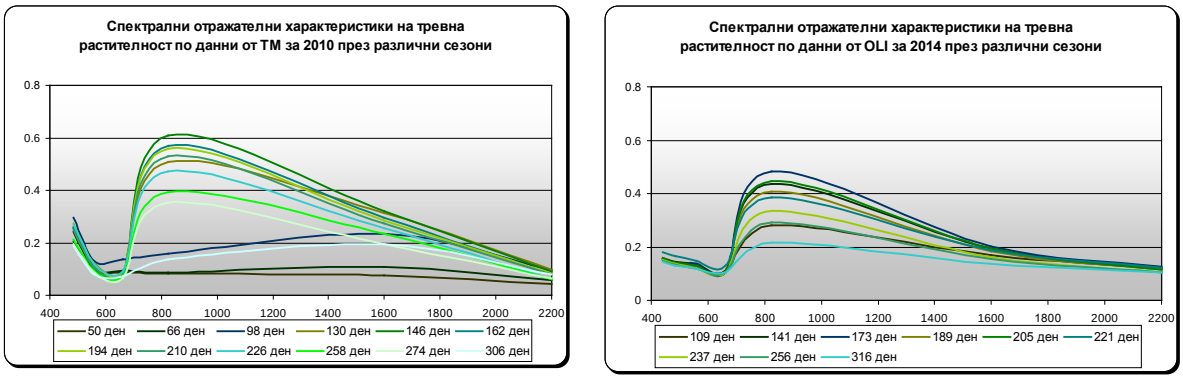
На фигури 2, 3 и 4 са представени съответно сезонните изменения в кривите на отражение на широколистна, иглолистна гора и тревна растителност, получени по данни от сензорите TM и OLI.



Фиг. 2. Сезонно изменение на кривата на отражение на широколистна гора, получено по данни от TM за 2010 и OLI за 2014 година



Фиг. 3. Сезонно изменение на кривата на отражение на иглолистна гора, получено по данни от TM за 2010 и OLI за 2014 година



Фиг. 4. Сезонно изменение на кривата на отражение тревна растителност, получено по данни от TM за 2010 и OLI за 2014 година

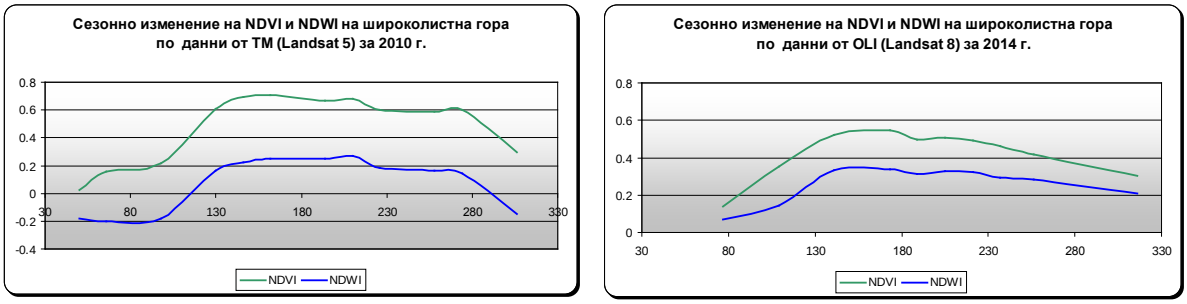
За всяка една от получените криви са пресметнати NDVI и NDWI индексите както следва:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

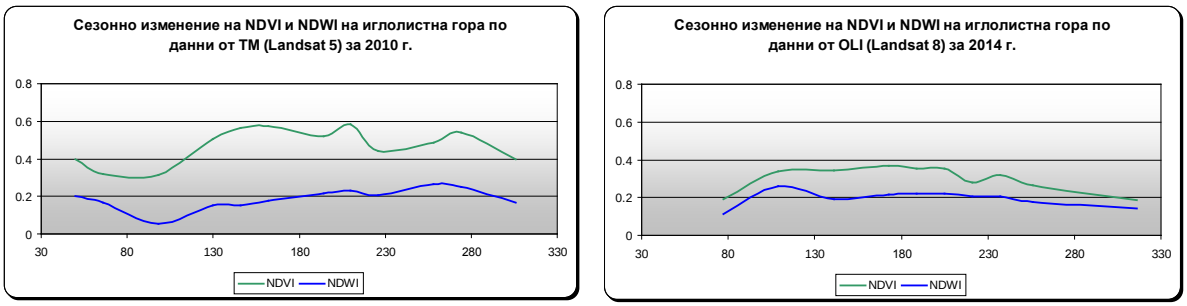
$$NDWI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$$

Използвани са канали 3, 4 и 5 за сензора TM и канали 4, 5 и 6 за сензора OLI [7]. Получените резултати са представени на графики 7 и 8 за иглолистна гора и фигури 9 и 10 за тревна растителност.

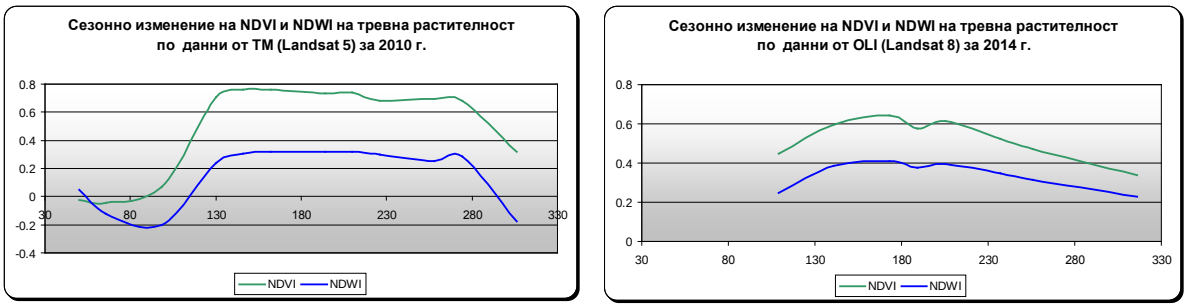
Получените резултзти са представени съответно на фигури 6, 7 и 8



Фиг. 5. Сезонно изменение на NDVI и NDWI индексите на широколистна гора, получено по данни от TM за 2010 и OLI за 2014 година



Фиг. 6. Сезонно изменение на NDVI и NDWI индексите на иглолистна гора, получено по данни от TM и за 2010 и OLI за 2014 година



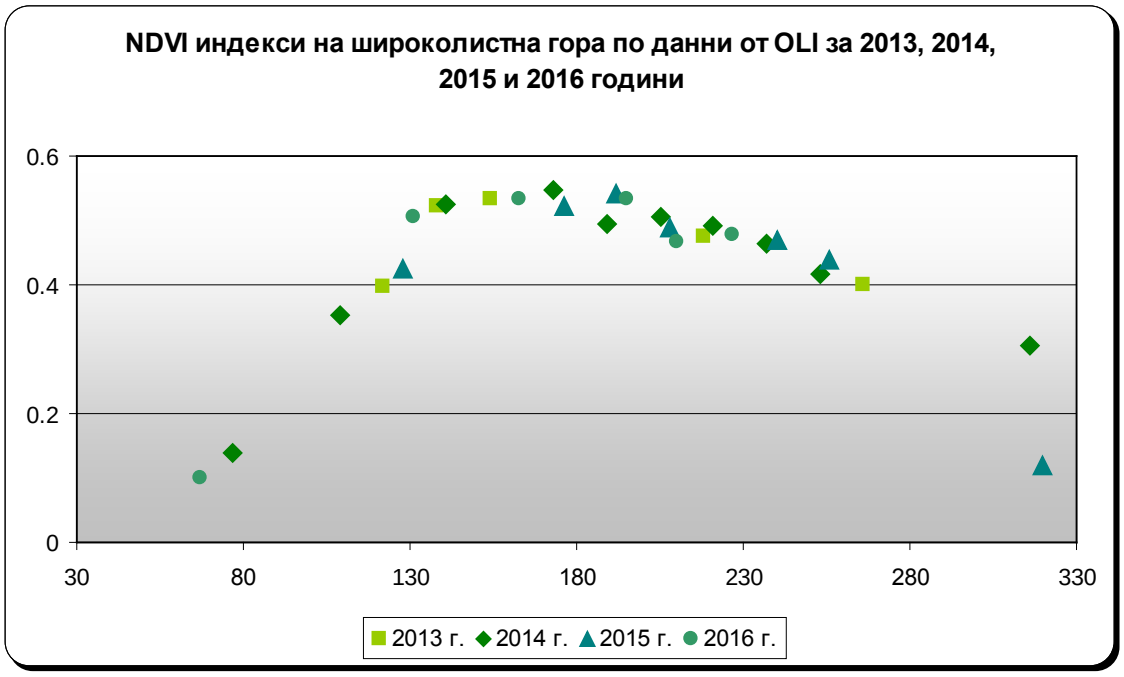
Фиг. 7. Сезонно изменение на NDVI и NDWI индексите на тревна растителност, получено по данни от TM за 2010 и OLI за 2014 година

Използвани са данни от сензора OLI за целия период 2013 – 2016 година и е повторена меетодиката, описана по-горе за получаване на осреднени NDVI индекси на широколистна гора и тревна растителност за всяко едно от изображенията, които са представени в таблица 2.

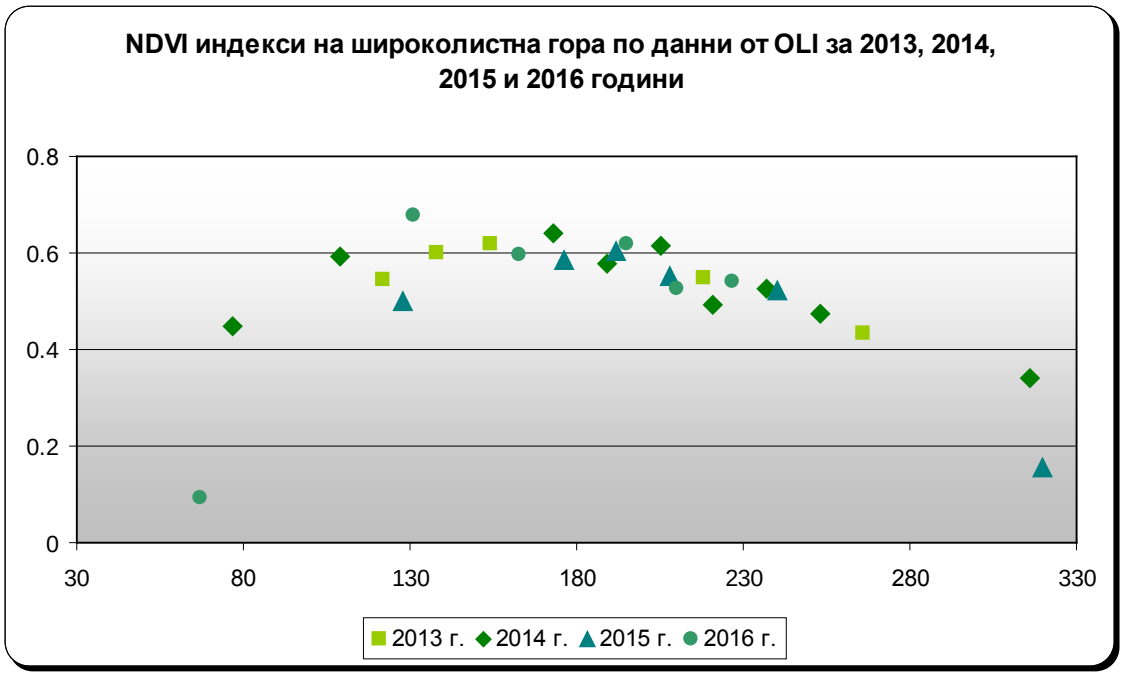
Получените резултати са представени на фигури 8 и 9.

Таблица 2. списък на използваните изображения от сензора OLI

дата	дата	дата	дата	Пореден ден
			7.03.2016	67
	18.03.2014			77
	19.04.2014			109
2.05.2013				122
		8.05.2015		128
			10.05.2016	131
18.05.2013				138
	21.05.2014			141
3.06.2013				154
			11.06.2016	163
	22.06.2014			173
		25.06.2015		176
	8.07.2014			189
		11.07.2015		192
			13.07.2016	195
	24.07.2014			205
		27.07.2015		208
			29.07.2016	210
6.08.2013				218
	9.08.2014			221
			14.08.2016	227
	25.08.2014			237
		28.08.2015		240
	10.09.2014			253
		13.09.2015		256
23.09.2013				266
	12.11.2014			316
		16.11.2015		320



Фиг. 8. Сезонно изменение на NDVI индекса на широколистна гора, получено по данни от OLI за периода 2013 - 2016 година



Фиг. 9. Сезонно изменение на NDVI индекса на тревна растителност, получено по данни от OLI за периода 2013 - 2016 година

Анализ на резултатите

Както се вижда от фигури 2, 3 и 4, сезонната промяната на отражателните характеристики следва вегетационното развитие на съответния вид растителност. Данните от OLI започват от по-късен етап на раззеленяване, но, макар сезонното изменение в отражателните характеристики на съответния вид естествена растителност да е подобно за двата сензора, видимите изменения за данните от TM са по-големи. Докато широколистната гора и тревната растителност показват ясно изразен цилъл на разлистване, максимум и постепенно намаляване на зелената маса, иглолистната гора има много по-слабо сезонно изменение в кривите на отражение.

Получените резултати за вегетационния и воден индекси (фигури 5, 6 и 7) показват подобно сезонно поведение, което напълно съответства на вегетационния цикъл на растителността. От фигури 5 и 7 мможе да се направи изводът, че вегетационните и водни индекси показват много слабо изменение през месеците юни, юли и август, като има слаба тенденция на намаляване на индекса през този период.

Вегетационните индекси, получени по данни от OLI са по-ниски от тези, получени по данни от TM и показват по-слабо сезонно изменение.

Кривите на отражение много по-ясно показват сезонната промяна в растителността от получените по тях вегетационен и воден индекси.

От резултатите, показани на фигури 8 и 9 може да се направи извода, че сезонният ход на NDVI индекса, особено на широколистната гора, не зависи от избраната година.

Най-висок индекс при широколистната гора се наблюдава за периода 10 май – 30 юни, за който период индексът е практически постоянен.

При тревната растителност се наблюдават по-големи разлики в индекса, особено в ранния период – до средата на месец май. При този тип растителност, сравнително постоянен и максимален е индексът за периода от средата на юли до края на юли.

Резултатите добре корелират с тези на други автори [8, 9, 10, 11], както и с теоретичните криви [11, 12].

Литература:

1. Takeshi Motohka,Kenlo Nishida Nasahara,Hiroyuki Ogumaand Satoshi Tsuchida, Applicability of Green-Red Vegetation Index for Remote Sensing of Vegetation Phenology, 2010, Remote Sensing, 2, 2369-2387; doi:10.3390/rs2102369, ISSN2072-4292
2. Edoardo Simonetti, Dario Simonetti, Damiano Preatoni , Phenology-based land cover classification using Landsat 8 time series, 2014, JRC Report, https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/lb-na-26841-en-n_.pdf

3. Димитров, П., И. Каменова, Г. Желев, Корелационен анализ на NDVI времеви серии за картографиране на земеделски култури, SES 2015, 167
4. Amanda H. Junges; Denise C. Fontana; Daniele G. Pinto, Identification of croplands of winter cereals in Rio Grande do Sul state, Brazil, through unsupervised classification of normalized difference vegetation index images, 2013, Eng. Agríc. vol.33 no.4, Jaboticabal July/Aug, p.883-895
5. база данни на секция Аерокосмическа информация към ИКИТ-БАН – http://195.96.249.88/
6. http://earthexplorer.usgs.gov/
7. NASA - Landsat home page - https://www.nasa.gov/mission_pages/landsat/main/index.html
8. https://publiclab.org/notes/cfastie/3-24-2012/grassroots-ndvi-time-series
9. Jie Wang , Congcong Li , Luanyun Hu , Yuanyuan Zhao , Huabing Huang and Peng Gong, Seasonal Land Cover Dynamics in Beijing Derived from Landsat 8 Data Using a Spatio-Temporal Contextual Approach, 2015, Remote Sens. 7(1), 865-881; doi:10.3390/rs70100865
10. Ed. Sime Curkovic, Sustainable Development - Authoritative and Leading Edge Content for Environmental Management, ISBN 978-953-51-0682-1, 600 pages, Publisher: InTech, Chapters published August 01, 2012 under CC BY 3.0 license, DOI: 10.5772/2562, Chapter 8: Remote Sensing Based Crop Coefficients for Water Management in Agriculture
11. Mingjun DING, Lanhui LI, Yili ZHANG, et al. Start of vegetation growing season on the Tibetan Plateau inferred from multiple methods based on GIMMS and SPOT NDVI data[J]. Journal of Geographical Sciences,2015, 25(2): 131-148
12. Rogierde Jonga,Sytzede Bruin, Allardde Wit,Michael E.Schaepman,David L.Dente Analysis of monotonic greening and browning trends from global NDVI time-series, 2011, Remote Sensing of Environment 115, 692–702

S E S 2 0 1 6
Twelfth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
2 – 4 November 2016, Sofia, Bulgaria

ИЗМЕРВАНЕ НА СЛЪНЧЕВАТА ЕНЕРГИЯ ПОПАДАЩА НА ЗЕМЯТА ЗА РАЗЛИЧНИ ПЕРИОДИ ОТ ВРЕМЕ С ПОМОЩТА НА МЕТЕОСТАНЦИЯ Vantage Pro2 Plus

Веселин Ташев[1], Ролф Вернер[1], Ангел Манев[1], Мариана Горанова[2]

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

Ключови думи: *Слънчева радиация, слънчева енергия, метеорологични измервания.*

Резюме: *Измерването и изследването на слънчевия енергиен добив е извършено в продължение на период от около 6 години. За практическото приложение на тези изследвания е необходимо да се определи количеството на акумулираната слънчева енергия за определен период от време от единица площ на земната повърхност. Данните за слънчевата радиация са измерени и акумулирани с помощта на автоматичната метеорологична станция Vantage Pro2 Plus. Директно получените данни от сензора за слънчева радиация са интегрирани и преизчислени за да се получат резултати за акумулираната слънчева енергия По този начин се проследява изменението на енергийните слънчеви характеристики през различните месеци, свързано със сезонния характер на положението на Слънцето. Изчислена е и годишната повтаряемост на измерванията. Високата повтаряемост, която се наблюдава през годините дава възможност да се прогнозира слънчевия енергиен добив за следващите години.*

MEASUREMENT OF SOLAR ENERGY FALLING ON THE GROUND FOR DIFFERENT PERIODS OF TIME USING THE WEATHER STATION VANTAGE PRO2 PLUS

Veselin Tashev[1], Rolf Werner[1], Angel Manev[1], Mariana Goranova[2]

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

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

Abstract: *The measurement and investigation of solar energy extraction is performed over a period of about 6 years. For the practical application of these studies, it is necessary to determine the amount of accumulated solar energy for a definite period of time from a unit area of the ground surface. It is known that the solar radiation and solar power are directly related to each other.The data on solar radiation were measured and accumulated with the help of the automatic weather station Vantage Pro2 Plus. Data obtained directly from solar radiation sensor are integrated and translated to produce results for the accumulated solar energy. In this way, follow of energy solar characteristics in different months, due to a seasonal nature of the position of the Sun. The degree of repeatability is presented for the corresponding days and months in different years. The high annual repeatability provide an opportunity for sunlight forecast for subsequent years.*

1. Въведение

Метеорологичната станция Vantage Pro2 Plus бе настроена да измерва и събира данни за всеки период от 15 минути [1]. В сравнение с основния вариант на метеостанциите от типа на Vantage Pro, полупрофесионалната станция Vantage Pro 2 Plus е снабдена с допълнителни сензори за измерване на слънчевата радиация и слънчевото ултравиолетово излъчване попадащи на земната повърхност. Тези сензори регистрират интензивността на слънчевата

радиация, дозата и индекса на ултравиолетовото излъчване. Така получените данни за метеорологичните параметри се експортират чрез файл с текстови формат в съответното приложение за тяхната по-нататъшна обработка. Автоматична измервателна станция Vantage Pro 2 Plus предоставя на своите потребители освен данни за слънчевата радиация, така и данни за слънчевата енергия (Solar Energy). Известно е, че съществува зависимост между слънчевата радиация и слънчевата енергия. От тази зависимост, данни за слънчевата енергия могат да се получат от данни за слънчевата радиация по два начина:

1.Експортиране на данните за слънчева радиация в специално приложение и интегрирането им по време за да се получат данни за слънчевата енергия.

2. Метеостанцията Vantage Pro 2 Plus е продукт на американската корпорация Davis. Поради тази причина слънчевата енергия е изчислена от данните за слънчева радиация и е дадена в единица Langley.

1 Langley = 11.622 Wh/m2

Тези данни също могат да се експортират чрез файл в текстови формат за тяхната по-нататъшна обработка в съответното приложение. В това изложение е използвано приложението Microsoft Office Excel.

2. Теоретични данни за слънчевата радиация и слънчевата енергия попадаща върху единица земна площ

Известно е, че слънчевата радиация зависи от много фактори и съвсем логично е да се очаква, че добивът на енергия за различните региони може да е съвсем различен. Това се дължи на факта, че само част от слънчевата енергия достига до земната повърхност. Една част от попадащата слънчевата радиация върху земната атмосфера се рефлектира директно обратно в космоса, а друга част се абсорбира в стратосферата и тропосферата. Общо около 19% от слънчевата енергия не достига долните слоеве на земната повърхност [4].

Интензитетът на слънчевата радиация намалява главно поради поглъщането от водните пари в инфрачервената област на спектъра, озоновото поглъщане в ултравиолетовата област и разсейването от частиците във въздуха. Такива компоненти като въглеродния двуокис и някои други газове, които се съдържат в по-малки количества в атмосферата, поглъщат част от топлинната радиация, излъчена от земната повърхност. Следователно добивът на енергия за различните региони може да е съвсем различен в зависимост от техните особености.

Слънчевата енергия се излъчва главно като електромагнитна радиация със спектър на идеално черно тяло характеризиращо се с температура от приблизително 6000K. Слънчевата радиация представлява плътността на лъчистия енергиен поток излъчван от слънцето, измерван на разстояние една астрономическа единица върху единица хоризонтална площ за единица време. Тя се измерва в единици ват на квадратен метър [W/m^2]. Количеството енергия на квадратен метър за определен период от време се получава чрез интегриране на слънчевата радиация по време. Поради тази причина количеството слънчева енергия се измерва в единици ватчас на квадратен метър [$W*h/m^2$].

Интензитетът на слънчевата радиация попадаща върху земната повърхност, се изменя в зависимост от разстоянието Земя-Слънце. Степента на абсорбция на слънчевата радиация зависи от дължината на оптичния път, който светлината трябва да измине през атмосферата за да достигне от горните й слоеве до повърхността на Земята. Тя е обратно пропорционална на косинуса на ъгъла между положението на Слънцето спрямо зенита.

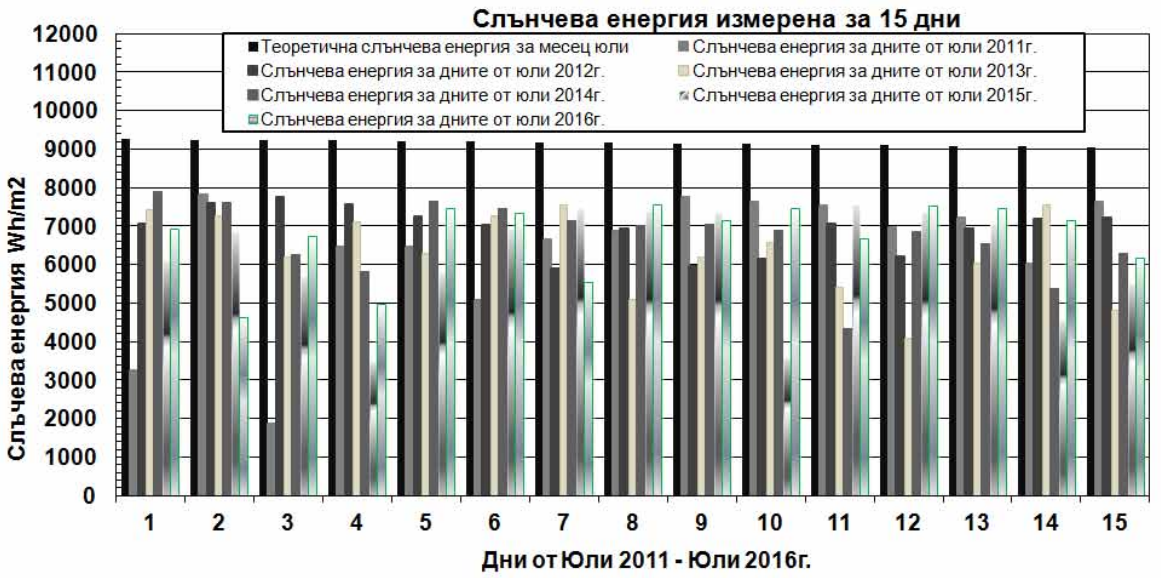
Слънчевата радиация попадаща върху дадена повърхност има две компоненти. Едната е директната радиация, падаща върху повърхността без изменение на посоката. Другата е дифузната радиация, която представлява сумата от разсеяната в атмосферата и отразена от почвата и околните предмети радиация, падаща върху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

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

3. Изследване на дневния ход на слънчевото греене

Директно получените данни от метеорологичната станция се запазват във файлове за период от един месец, като за всеки 15 минути е направено по едно измерване. Общия обем на информацията за период от 62 месеца съдържа около 182 000 измервания. След това данните за слънчевата радиация се интегрират по време за всеки час, за всеки ден и за всеки месец за да се получат резултати за измерената слънчева енергия. Общия обем на базата данни е за период от около 6 години. Получените резултати са показани в графичен и табличен вид.

На фиг. 1 е показана измерената слънчева енергия за различни дни за да се види как се изменя слъчевата енергия за един и същи ден, за един и същи месец през съответната година. За пример са избрани първите 15 дни от месеците Юли, тъй като това е месеца с най-интензивна слънчева радиация. Сумарната слънчева енергия за всеки един ден от първите 15 дни на месец Юли 2011 , Юли 2012, Юли 2013, Юли 2014 и Юли 2015 иЮли 2016 години е показана с различни цветове.



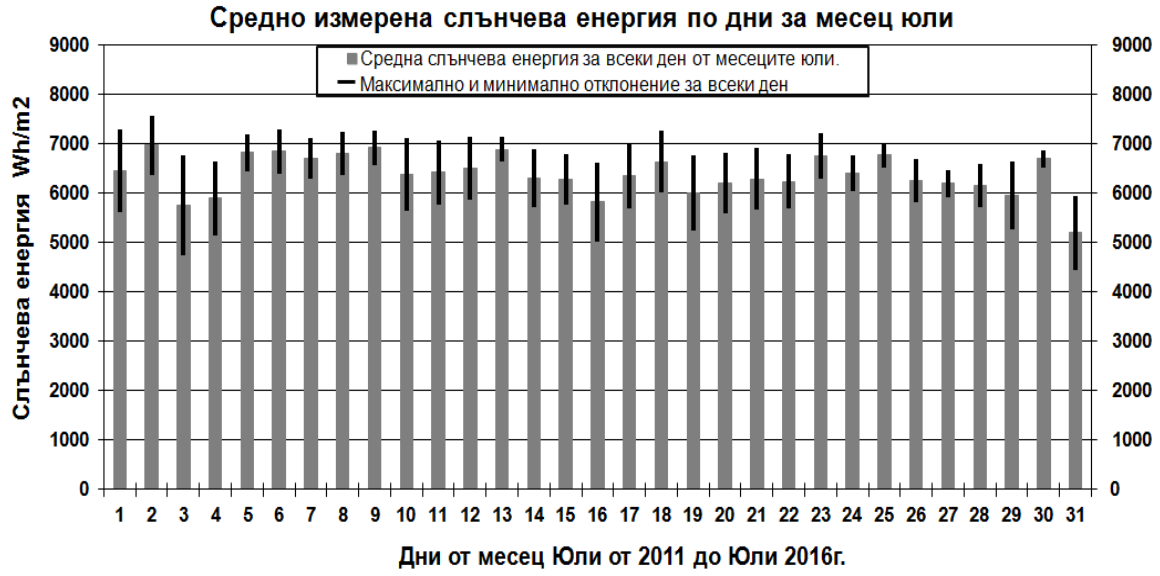
Фиг. 1. Слънчева енергия измерена за всеки ден от 1 до 15 юли от 2011 до 2015 година

С черен цвят е оцветена графиката на теоретично изчислената слънчева енергия за всеки един ден. От тази графика се вижда, че през месец Юли се наблюдава бавно намаляване на теоретичната слънчева енергия, в следствие на намаляване на общата излъчена енергия от Слънцето, което пък е следствие на неговото променено положение спрямо зенита. Същата констатация важи и за измерената слънчева енергия за месеците Юли за всички години. Промяната на вариациите на радиацията в следствие на облаците, обаче е по-силна от този тренд. Поради тази причина се наблюдава факта, че слънчевата енергия за различните дни от месеца значително се различава по стойност за разлика от теоретично пресметната. Например за почти безоблачните дни 2, 7 и 13 юли стойностите са почти едни и същи, като разликата е по-малка от 1000 wh/m^2. За сравнение се вижда, че за ден 1 и 3 юли те се променят от 2000 до 7500 wh/m^2 или повече от 5000 wh/m^2. Въпреки, че височината на слънцето не се променя съществено практически, измерените резултати се различават, защото атмосферата е с различна пропускателна способност за различните дни. Пропускливостта на атмосферата значително се влияе както от облаци, така и от влага, прах и други замърсители, които поглъщат слънчевата енергия.

На фиг. 2 е показана средно измерена слънчева енергия за всеки ден от месец Юли в продължение на 6 години. За разлика от фиг. 1 тук е показана средно измерената стойност за посочените години, както и максималните и минимални отклонения за всеки ден.

Със сиви стълбчета е показана средната стойност за всеки ден от месеците Юли, през шесте години, а с черни линии е отбелязано дневното минимално и максимално отклонение от средната стойност. Тук още по-ясно се вижда динамиката в стойностите за 27 и 30-ти ден, когато е минимална спрямо 1 и 3 ден, когато е значително по-голяма. Тази динамика може да се проследи и за останалите дни.

От тук може да се направи заключението, че измерените стойности на слънчевото греене са значително по-колебливи от теоретичните, което е свързано и с по-големите промени в пропускливостта на атмосферата, както отбелязахме по-горе. В следствие на променящото се състояние на атмосферата и на облачността измерените стойности са по-малки от теоретичната оценка, а при безоблачно време се приближават до тези стойности, каквато е например стойността на 01 Юли 2014 г. и 2 Юли 2011 г. на фиг. 1.



Фиг. 2. Средно измерена слънчева енергия за всеки ден от месец Юли от 2011 до 2016 г.

Отслабването на слънчевата радиация, респективно на слънчевата енергия в атмосферата не е едно и също за различните части на нейния спектър, а освен това зависи както от съдържанието на влага в атмосферата, така и от облачността. Например абсолютно сухият и чист въздух притежава най-голяма прозрачност за инфрачервената радиация и най-малка за ултравиолетовата радиация. Наличието на озон в атмосферата също оказва влияние в поглъщането на радиация в утравиолетовия и в далечния инфрачервен диапазон. Коя от компонентите какво влияние оказва тук не може точно да се посочи, но в случая е важно каква част от енергията достига до повърхността на земята.

4. Изследване на месечния ход на слънчевото греене

На фиг.3 са показани стойностите на слънчевата енергия измерена за всеки месец в продължение на около 6 години. За всяка една от щесте години стълбчетата, показващи съответните месечни стойности са изобразени с различен цвят.

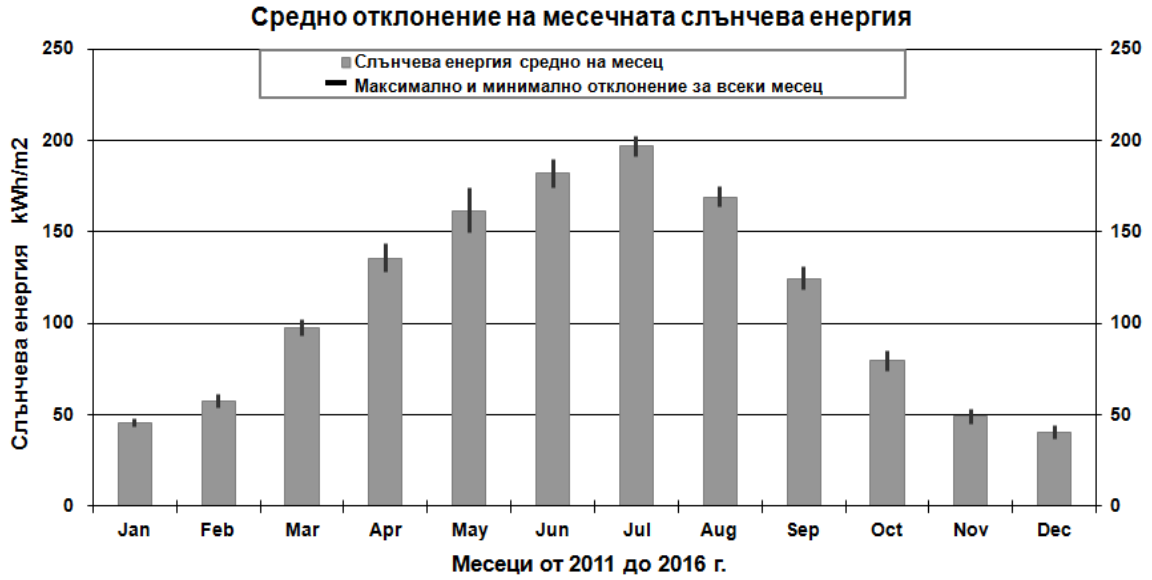


Фиг. 3. Слънчева енергия измерена за всеки месец от 2011 до 2016 г.

От графиката ясно се вижда сезонния характер в изменението на слънчевото греене. То е най-голямо през месеците Юни и Юли и най-малко през месеците Януари и Декември. Най-

интересен, обаче е фактът, че динамиката в изменение на стойностите за едноименните месеци през годините показани на фиг. 3, е много по-малка отколкото тази на едноименните дни показана на фиг. 2 и фиг.1.

На фиг. 4 е показана средно измерената слънчева енергия за всеки месец в продължение на 6 години, за разлика от фиг. 3, където са показани действителните стойности на месеците. Със сиви стълбчета е показана средната месечна стойност, а с черни линии е отбелязано минималното и максимално отклонение от средната стойност за всеки месец.



Фиг. 4. Средно измерена слънчева енергия за всеки месец

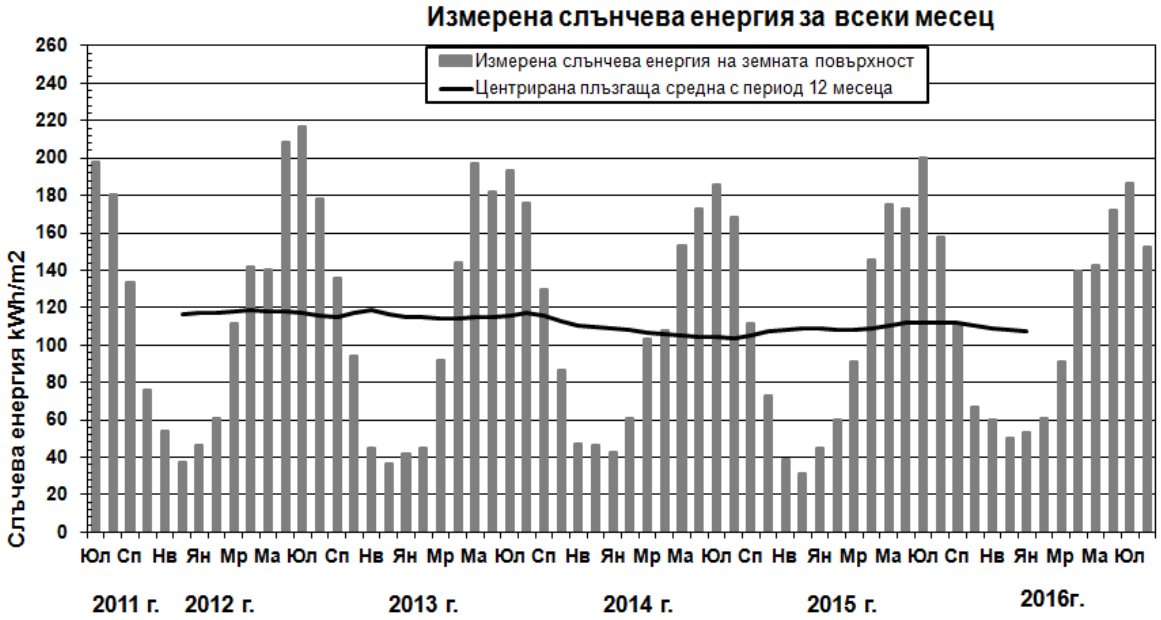
На тази графика още по-добре се вижда по-малката динамика в месечното отклонение спрямо дневното. Например за едни и и същи дни от месеците Юли 2011, Юли 2012 , Юли 2013, Юли 2014 и Юли 2015 години, показани на фиг. 1 и фиг. 2 измерената слънчева енергия се различава значително, както отбелязахме по-горе, но за четирите или петте едноименни месеца показани на фиг. 3 и фиг. 4 общият добив е почти един и същ. Числовите данни за ден 1, съответно за 1 Юли 2011 г. с измерена стойност 3200 Wh/m^2, спрямо 1 Юли 2014 г. с измерена стойност 7800 Wh/m^2 показват динамика от 2.5 пъти, а за ден 3-ти съответно за 3 Юли 2011 г. с измерена стойност 1800 Wh/m^2 спрямо 3 Юли 2012 г. с измерена стойност 7600 Wh/m^2 показват динамика повече от 4 пъти. В същото време разликата в измерената енергия за петте месеца Август от 2011 до 2016 г. е по-малка от 17 %, което се вижда от месечното разпределение, показано в таблица 1, намираща се по-долу в текста. Подобни минимални разлики се получават и за другите месеци. Например за месеците Юни, Юли и Август тя е по-малка от 19 %, а най-голяма е за месец Декември – само 46 %. С други думи наблюдаваме едно усредняване на месечна база. Тези първоначални резултати, въпреки че не са достатъчно продължителни, дават основание да се предположи, че колкото периода на измерване е по-голям, толкова отклоненията от средната стойнос са по-малки.

На фиг. 5 е показано месечното разпределение на слънчевата енергия от месец Юли 2011 година до месец Август 2016 година, заедно с центрирана плъзгаща се средна с период 12 месеца в продължение на около 5,5 години.

Със сиви стълбчета е отбелязана стойността на измерената енергия за всеки месец, а с по-тъмната линия стойността на плъзгащата се математическа средна.

От графиката се вижда, че стойността на пъзгащата се математическа средна е почти постоянна, т.е. годишното отклонение е по-малко от месечното. Този факт потвърждава извода направен по-горе, че колкото периодът на усредняване е по-голям толкова прогнозите за стойността на слънчевото греене стават по-точни.

В таблица 1 са показани измерените и средни стойности за всички месеци в периода от 2011г. до 2016г. В предпоследната графа е изчислена разликата между максималната и минималната стойност за едноименните месеци за този период. В последната колонка са дадени в процентно съотношение тази разлика към средната стойност за съответния месец.



Фиг. 5. Плъзгаща се центрирана математическа средна на слънчева енергия по 12 месеца

Табл. 1. Разпределение на слънчевата енергия по едноименни месеци

Месец	2011 г. kWh/m²	2012 г. kWh/m²	2013г. kWh/m²	2014 kWh/m²	2015 kWh/m²	2016 kWh/m²	Средно kWh/m²	Макс. разлика kWh/m²	Отклонение [%]
Януари		46,81	41,71	42,84	44,66	53,24	45,85	11,53	25,16
Февруари		60,61	44,73	61,06	59,80	60,98	57,44	16,33	28,43
Март		111,37	91,99	102,87	91,40	90,78	97,68	20,59	21,08
Април		141,64	143,90	107,51	145,95	139,27	135,65	38,44	28,33
Май		140,16	197,13	153,44	174,96	142,52	161,64	56,96	35,24
Юни		208,63	182,14	172,81	172,84	172,46	181,76	36,16	19,89
Юли	198,12	216,48	193,01	185,83	200,11	186,72	196,72	30,65	15,58
Август	180,65	178,12	176,19	168,63	157,93	152,52	169,00	28,14	16,65
Септември	133,48	136,14	130,09	111,70	110,44		124,37	25,69	20,65
Октомври	76,15	94,24	86,36	73,13	66,73		79,32	27,51	34,68
Ноември	53,87	45,10	46,96	39,14	59,80		48,97	20,66	42,20
Декември	37,48	36,81	46,22	31,39	49,99		40,38	18,59	46,06

От таблица 1 се вижда, че максималната разлика между стойностите на средната слънчева енергия от 56,9 kWh/m^2 се получават през месец май вероятно защото слънчевите и облачните дни често се сменят. Реалните стойности на слънчевата радиация през летните и ранните есенни месеци е около 50% от теоретично максималната радиация, а за късните есенни и наблюдаваните зимни месеци за 2011 – 2016 г, тя е около 30% от теоретично максималната радиация. Доколкото слънчевата енергия е акумулираната във времето слънчева радиация тази констатация би трябвало да се отнася и за нея. Теоретичната слънчева енергия от фиг. 1 за месец Юли съгласно формула 1 е:

$$(1) \qquad E_{teor} = \frac{9.1 \times 31}{0.81} = 348 \frac{kWh}{m^2} \ ,$$

където използваме коригиращия коефициент 0.81, съгласно т. 2, в която споменаваме, че „общо около 19% от слънчевата енергия не достига долните слоеве на земната повърхност [4]. „

От друга страна, средно измерената слънчева енергия за месец Юли от таблица 1 е 196,72 kWh/m^2. От тук получаваме, че реалните стойности на измерената слънчевата енергия

за регион Стара Загора в следствие на облачността през летните месеци е 56.6 % от теоретично максималната енергия, което много добре съвпада с теорията.

В таблица 2 е показано разпределението на слънчевата енергия по месеци, а заедно с това средната стойност, стандартното отклонение и относителният спад. От таблицата се вижда, че стандартното отклонение и относителния спад сравнено за месеците през различните сезони на шесте години се различават значително. Това е показателно, че факторите, които влияят на слънчевата енергия като облаци, прах и други, имат случаен характер, но с течение на времето за по-дълги периоди взаимно се компенсират и осредняват. При анализа на базата данни натрупана до 2013 година, т.е. в съответния предходен доклад, констатирахме, че през преходните месеци от един сезон към друг стандартното отклонение в слъчевото греене е относително по-голямо, а когато се установи сезона то става по-малко. Така например за типично зимния месец Декември то беше 0.5%, за типично пролетния Април 1.6%, а за типично летния Август 2.2%. Обратно, за преходния месец Май то беше 40.3%, за Март 13.7% , а за месец Октомври 9.15%. С добавяне на данните през 2014 година в миналия доклад се получи малка корекция в тази тенденция. Най-големите отклонения леко се изместват към средния пролетен и началото на летния сезон. От таблица 2 се вижда, че най-големите отклонения са съответно за месец Април 20.4%, Май 29.8% и Юни 18.6%. За есенните месеци отклоненията леко намалят – Октомври до 9.1% и Ноември 4.6%. Най-малки вече се оказват отклоненията през зимните месеци съответно за месец Декември 4.6% и Януари 2.7%.

Табл. 2. Разпределение на слънчевата енергия по месеци

Месец / Стойности	Ян	Фев	Март	Апр	Май	Юни	Юли	Авг	Септ	Окт	Ноем	Дек
2011 г. кWh/m2							198	181	133	76	54	37
2012г. кWh/m2	47	61	111	142	140	209	216	178	136	94	45	37
2013г. кWh/m2	42	45	92	144	197	182	193	176	130	86	47	46
2014г. кWh/m2	43	61	103	108	153	173	186	169	112	73	39	31
2015г. кWh/m2	45	60	91	146	175	173	200	158	110	66	59	49
2016г. кWh/m2	53	61	91	139	142	172	187	153				
Средна стойност	46	57	98	136	162	182	197	169	124	79	49	40
Стандартно Отклонение	4,6	7,1	9,1	15,9	24,1	15,6	11,3	11,5	12,3	10,9	8,0	7,6
Относителен Спад [%]	9,9	12,4	9,4	11,7	14,9	8,6	5,7	6,8	9,9	13,8	16,4	18,7

От анализа за 2015 година с добавяне на новите данни наблюдаваме отново леки промени в стандартното отклонение. Най-малко е стандартното отклонение за месеците както следва : Ноември – 6.1, Дедември – 6.1 и Януари – 2.2. Най-голямо е през месеците както следва : Април – 18.2, Май – 25.0, Юни – 16.9. Едно от възможните обяснения на тези факти е, че през зимните месеци наличието на прах и влага са едни по-постоянни величини, докато за пролетно-летните месеци тези компоненти в атмосфетата са с по-динамичен характер.

За 2016 година най-малко е стандартното отклонение за месеците както следва : Януари - 4,6 и Февруари - 7,1, а най-голямото през месец Май – 24,1 и Юни -15,6. Следователно тенденцият установена за 2015 година се запазва.

Друг интересен извод, който може да се направи е, че измерената енергия за период от една година е почти една и съща. Резултатите от тези разчети са дадени в таблица 3. В колонка 2 е изчислена слънчевата енергия за период от 1 година между 2 едноименни месеца, а в колонка 3 средната месечна стойност за една година, т.е. за един период от 12 поредни месеца или центрираната математическа средна. Например за периода Юли 2011 до Юли 2012 тази стойност е 1398 kWh/m^2 , а средномесечната изчислена от плъзгащата се математическа средна е 116,5 kWh/m^2 на месец. Динамиката на средната годишна стойност се вижда от максималните показанията за периода Юни 2012г. – Юни 2013г., които са 118,5 и минималните за периода Март 2014г. – Март 2015г., които са 103.8. В колонка 4 е изчислена средната годишна стойност за всички 12-месечни периоди и тя е 111.9 kWh/m^2. В колонка 5 е показана разликата между месечната стойност за всеки период в колонка 3 и средната стойност в колонка 4. В колонка 6 е изчислена същата разлика в проценти.

Табл. 3. Разпределение на слънчевата енергия по години

Период	Сл. енергия за година [Kwh/m^2]	Матем. сред. за месец [Kwh/m^2]	Средна стойн. год. [Kwh/m^2]	Разлика [Kwh/m^2]	Разлика [%]
1	2	3	4	5	6
Юли 2011 – Юли 2012	1398	116,5	111,9	4,6	4.0
Авг. 2011 – Авг. 2012	1406	117,2	111,9	5.3	4.5
Септ. 2011 – Септ. 2012	1406	117,2	111,9	5.3	4.5
Окт. 2011 – Окт. 2012	1417	118,0	111,9	6.1	5.2
Ноем. 2011 – Ноем. 2012	1421	118,4	111,9	6.5	5.5
Дек. 2011 – Дек. 2012	1416	118,0	111,9	6.1	5.2
Ян. 2012 –Ян. 2012	1414	117,8	111,9	5.9	5.0
Февр. 2012 – Февр. 2013	1403	116,9	111,9	5.0	4.3
Март 2012 Март 2013	1385	115,5	111,9	3.6	3.1
Апр. 2012 – Апр. 2013	1377	114,7	111,9	2.8	2.5
Май 2012 – Май 2013	1407	117,2	111,9	5.3	4.5
Юни 2012 – Юни 2013	1422	118,5	111,9	6.6	5.6
Юли 2012 – Юли 2013	1397	116,4	111,9	4.5	3.9
Авг. 2012 – Авг. 2013	1384	115,3	111,9	3.4	3.0
Септ. 2012 – Септ. 2013	1380	115,0	111,9	3.1	2.7
Окт. 2012 – Окт. 2013	1373	114,4	111,9	2.5	2.2
Ноем. 2012 – Ноем. 2013	1370	114,2	111,9	2.3	2.0
Дек. 2012 – Дек. 2013	1376	114,6	111,9	2.7	2.4
Ян. 2013 – Ян.. 2013	1381	115,1	111,9	3.2	2.8
Февр. 2013 – Февр.2014	1390	115,8	111,9	3.9	3.4
Март 2013 – Март 2014	1403	116,9	111,9	5.0	4.3
Апр. 2013 – Апр. 2014	1391	115,9	111,9	4.0	3.4
Май 2013 – Май 2014	1351	112,5	111,9	0.6	0.6
Юни 2013 – Юни 2014	1324	110,3	111,9	-1.6	-1.4
Юли 2013 – Юли 2014	1316	109,6	111,9	-2.3	-2.1
Авг. 2013 – Авг. 2014	1308	109,0	111,9	-2.9	-2.6
Септ. 2013 – Септ. 2014	1295	108,0	111,9	-3.9	-3.7
Окт. 2013 – Окт. 2014	1280	106,6	111,9	-5.3	-4.9
Ноем. 2013 – Ноем. 2014	1269	105,8	111,9	-6.1	-5.8
Дек. 2013 – Дек. 2014	1258	104,8	111,9	-7.1	-6.8
Ян. 2014 – Ян. 2014	1251	104,3	111,9	-7.6	-7.3
Февр. 2014 – Февр. 2015	1252	104,3	111,9	-7.6	-7.3
Март 2014 – Март 2015	1245	103,8	111,9	-8.1	-7.8
Апр. 2014 – Апр. 2015	1259	104,9	111,9	-7.0	-6.7
Май 2014 – Май 2015	1289	107,4	111,9	-4.5	-4.2
Юни 2014 – Юни 2015	1299	108,3	111,9	-3.6	-3.3
Юли 2014 – Юли 2015	1307	108,9	111,9	-3.0	-2.8
Авг. 2014 – Авг. 2015	1308	109,0	111,9	-2.9	-2.6
Септ. 2014 – Септ. 2015	1302	108,5	111,9	-3.4	-3.1
Окт. 2014 – Окт. 2015	1299	108,2	111,9	-3.7	-3.4
Ноем. 2014 – Ноем. 2015	1306	108,8	111,9	-3.1	-2.8
Дек. 2014 – Дек. 2015	1325	110,4	111,9	-1.5	-1.3
Ян. 2015 – Ян. 2015	1339	111,6	111,9	-0.3	-0.3
Февр. 2015 – Февр. 2016	1344	112,0	111,9	0.1	0.1
Март 2015 – Март 2016	1344	112,0	111,9	0.1	0.1
Апр. 2015 – Апр. 2016	1340	111,7	111,9	-0.2	-0.2
Май 2015 – Май 2016	1321	110,1	111,9	-1.8	-1.7
Юни 2015 – Юни 2016	1304	108,7	111,9	-3.2	-2.9
Юли 2015 – Юли 2016	1298	108,1	111,9	-3.8	-3.5
Авг. 2015 – Авг. 2016	1288	107,3	111,9	-4.6	-4.2
Средна стойност	111.9				
Стандартно отклонение	4.49				
Относителен спад [%]	4.01				

Най – голяма разлика се получава за периода Април 2014г. – Март 2015г., с показание – 8,1 kWh/m^2 или -7.8 %, а най – малка за периода Март 2015г. – Март 2016г. с показание – 0,1 kWh/m^2 или 0,1 %. Такива малки отклонения има и за редица други годишни изчисления показани в колонка 5 и 6. Тази ниски разлики показват, че едногодишните стойности се различават твърде малко по отношение на енергийния добив за разлика от месечните (таблица 2), където отклоненията са относително по-големи и дневните, където са най-големи.

В последните редове на табл. 3 са пресметнати стандартното отклонение за всички едногодишни периоди и относителният спад. Те са 4.49 Kwh / m^2 и 4.01 % съответно. Тези ниски стойности още веднъж показват, че отклоненията в слънчевата радиация и респективно в слънчевия енергиен добив на годишна база са много ниски. В този смисъл дори и краткосрочните изследвания ще дават много точни прогнози за следващите години.

Тази констатация ни дава основание да пресметнем средногодишен добив (СГД) на електроенергия в регион Стара Загора:

СГД = Средномесечна енергия х 12 месеца. От тази формула получаваме:

(2) $$СГД = 111.9 \times 12 = 1342.8 kWh / m^2$$

или приблизително 1350 кWh/m^2 .

5. Заключение

В сайта EMDE Solar (www.emde-solar.com) е посочена стойност за слънчев добив на енергия от минимум 1314 кWh/m^2 до максимум 1510 кWh/m^2 като годишна база в регион Стара Загора или средно 1412 кWh/m^2 .Този диапазон сравнително точно съвпада с получените от нас резултати от 1350 kWh/m^2. При нас стандартното отклонение съгласно таблица 3 е значително по-малко и има стойност 4.49 кWh/m^2 или 4.01 %. Възможно е, ниската стойност на нашето отклонение да се дължи на факта, че измерванията са правени в една точка, но от друга страна, средните стойности на двете независими измервания съвпадат много точно.

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

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

Литература:

1. Davis Instruments Corp. *Vantage Pro2 Plus.* Reference Guide.
2. Meeus, J. Astronomische Algorithmen, Johann Ambrosius BarthVerlag, Leipzig-Berlin-Heidelberg, 1993
3. Lean, J. L., Solar irradiance and climate forcing in the near future, Geophzs. Res. Lett. 28, pp. 4119-4122, 2001.
4. Roedel, W. Physik unserer Umwelt, 2. Aufl., Springer-Verlag Berlin Heidelberg, S.48, 1994.

ИЗМЕРВАНЕ И ОБРАБОТКА НА ДЪЛГОСРОЧНИ ДАННИ ЗА ТЕМПЕРАТУРАТА НА АТМОСФЕРАТА В РАЙОН СТАРА ЗАГОРА

Веселин Ташев[1], Ролф Вернер[1], Ангел Манев[1], Мариана Горанова[2], Ана Шишкова[3]

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

Ключови думи: *Температура на въздуха, слънчева енергия, метеорологични измервания.*

Резюме: *Температурата на атмосферата се определя от разликата на количеството топлина, която загрява въздуха и количеството топлина, която се отнема и охлажда въздуха. В настоящата разработка се изследва температурната динамиката без да се има в предвид приноса на отделните фактори. За да се проследи изменението на температурата се използват данните, получени от сензорите на метеорологична станция Vantage Pro 2 Plus. Събраните данни от сензорите са обработени, осреднени и подредени по часове, дни, месеци и години. Получените резултати са оформени в графичен и табличен вид. Целта на изследването е да се проследи доколко голяма е повторяемостта на температурните стойности през различните периоди. Наблюдението е извършено за региона на Стара Загора.*

MEASUREMENT AND PROCESSING OF LONG-TERM DATA ON THE TEMPERATURE OF THE ATMOSPHERE IN THE REGION OF STARA ZAGORA

Veselin Tashev[1], Rolf Werner[1], Angel Manev[1], Mariana Goranova[2], Ana Shishkova[3]

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

Keywords: *Air Temperature, solar energy, measurement of meteorological parameters*

Abstract: *The temperature of the atmosphere is determined by the difference of the amount of heat which heats the air and the amount of heat which cools the air. In this development is examined the thermal dynamics without taking into account the contributions of the individual factors. To trace the temperature variation using data obtained from sensors on weather station Vantage Pro 2 Plus. The data collected from the sensors are processed, averaged and ranked by hours, days, months and years. The results obtained are shaped in graphical and tabular form. The purpose of the study is to trace how big is a repetition in different periods. Monitoring is performed in the region of Stara Zagora.*

1. Въведение

Когато количеството топлина, което загрява въздуха е по-голямо от количеството топлина, което охлажда въздуха, температурата на атмосферата се покачва и обратно. Топлината, която загрява въздуха зависи от температурата на земната повърхност и от погълнатата слънчева радиация. Топлината, която охлажда въздуха зависи от адиабатното изстиване, излъчване на топлина и предаване на топлина при контакт с по-студена повърхност. Съвременните методи за измерване на температура изискват отчитането да става на колкото може по-кратки периоди. След това тези измервания се осредняват за по-дълги периоди. Поради тази причина измерванията са извършени на вски 15 минути. Натрупаните и обработени данни за 6 години са в размер на около 200 000 записа.

2. Теория и изследване на температурната динамика

Известно е, че слънчевата радиация и температурата на земната повърхност са по-високи през летните месеци отколкото през зимните. Това се отнася и за дневните периоди. Слънчевата радиация и температурата на земната повърхност са по-високи през дневния период отколкото през през нощния. Логично е да се очаква, че именно тези фактори ще определят динамиката на температурата през съответните периоди. В този смисъл са проследени промените на температурата в дневни, месечни и годишни цикли.

Температурата на атмосферата зависи от действителното количество топлина погълната от въздуха. Действителното количество топлина се определя като разлика от топлината, която нагрява въздуха и топлината, която охлажда въздуха.

Топлината, която загрява въздуха до голяма степен зависи от температурата на земната повърхност и в по-малка степен от погълнатата слънчева радиация.

2.1. Основните фактори за предаване на топлината от почвата на въздуха са:

-Топлинна конвекция — представлява термически обусловен вертикален обмен на въздуха. В досег с нагрятата повърхност въздухът се затопля, става по-лек и се издига нагоре. На негово място странично идва нов по-тежък и по-хладен въздух, който също се нагрява и т.н.

-Топлинна адвекция — представлява хоризонтално движение на въздушни маси, при което в нашите гоеграфски ширини става пренос на топлина от субтропика.

-Турбулентност — представлява безпорядъчни вихрови движения на въздуха в различни посоки вътре в общото въздушно течение. В зависимост от пораждащите я причини тя бива динамична и термична:

• Динамичната турбулентност възниква от триенето на въздуха със земната повърхност и от обтичането на въздушния поток по неравностите (дървета, храсти, хълмове, сгради и др.). Тя е по-силно изразена в пресечени местности. С увеличаване на скоростта на вятъра динамичната турбулентност нараства значително.

• Термичната турбулентност възниква от нееднородното нагряване на отделни места от повърхността — различия в цвета и влажността на почвата, различия в изложението и т.н. При това се проявява температурна нееднородност на въздуха — над по-нагрети повърхности той се издига по-високо и обратно. По този начин в непосредствена близост възникват възходящи и низходящи въздушни струи, които предизвикват характерно трептене на въздуха (забелязват се при слънчево време над асфалтови пътища, угари и т.н.).

-Излъчването на земната повърхност също допринася за нагряването на въздуха. Атмосферата е слабо прозрачна за дълговълновата радиация и поглъща значителна част от нея.

-Изпарението, и по-точно водните пари, които попадат в атмосферата, също са източник на скрита топлина, която се освобождава при кондензацията на водните пари и отива за нагряване на въздуха.

2.2 Изстиването на въздуха става по няколко причини.Основните фактори за отнемане на топлината от въздуха са:

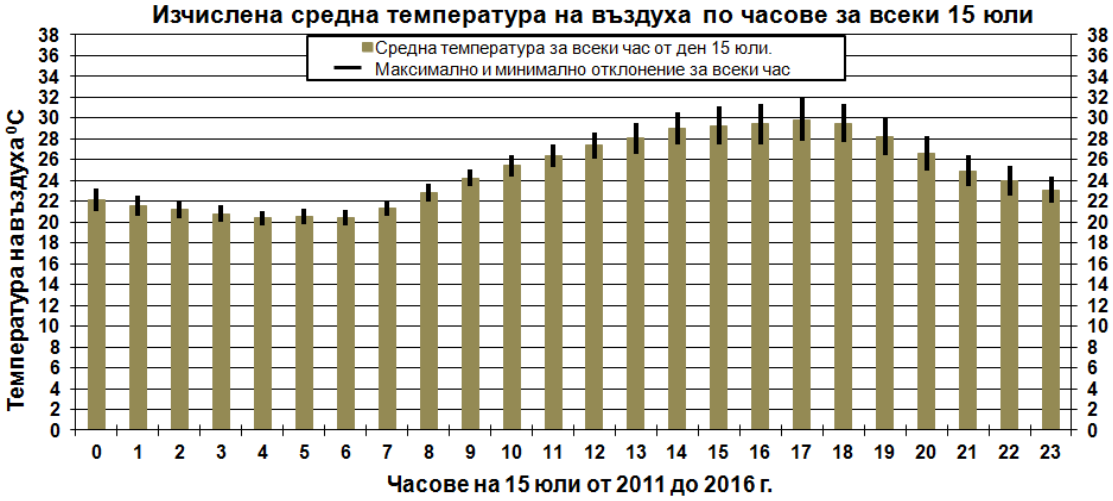
-Адиабатното изстиване е основна причина. С издигане на въздуха на височина той попада в условия на по-ниско атмосферно налягане и се разширява. Разширяването на въздуха става за сметка на съдържащата се в него топлинна енергия.

-Други, по-маловажни, причини са:

• Излъчване на топлина;
• Предаване на топлина при съприкосновение с по-студена повърхност.

3. Изследване дневния ход на температурата

На фиг. 1 са показани със светло сиви ленти средните стойности на температурата на атмосферата, а с черни линии минималните и максимални отклонения от тези стойности. Те са измерени за всеки час на 15 юли в продължение на 6 години.



Фиг. 1. Средна температура измерена за всеки час на 15 юли 2011-2016 г.

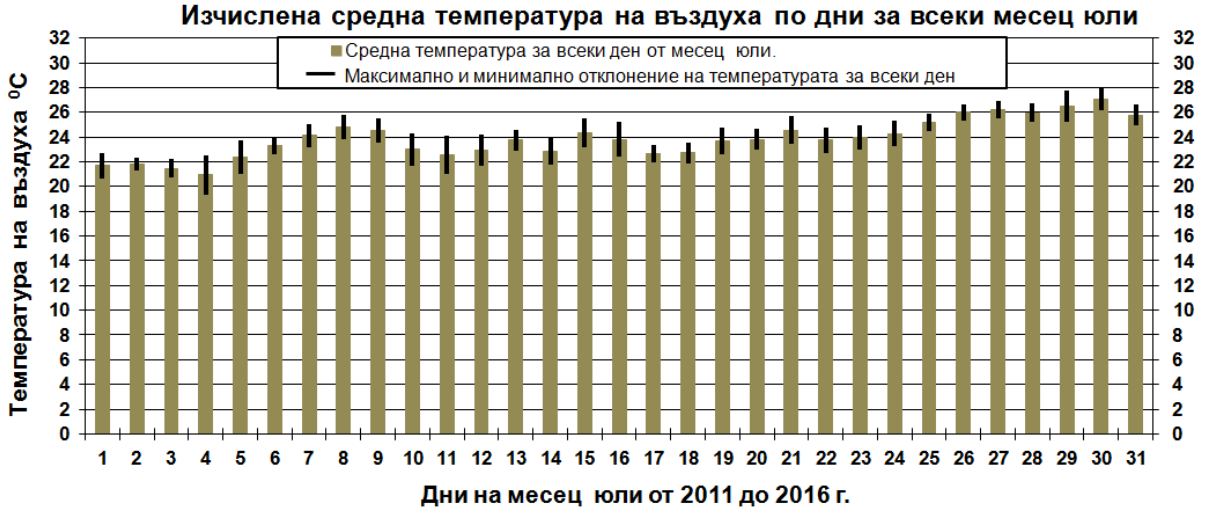
Средата на месец Юли, т. е. 15 Юли е избран, защото статистически температурите са най-високи, респективно очакваната динамика най-висока.

На тази графика ясно се вижда, че средните температури са най-високи от 15 до 18 часа с максимална динамика, а най-ниска от 4 до 6 часа с минимална динамика. В същото време слънчевата радиация е най-висока от 11 до 14 часа, а през нощта е практически нула. Това фазово отместване от 4-5 часа между двата максимума се дължи на времето необходимо на слънцето да загрее земята, а тя от своя страна въздуха. С този факт се потвърждава теорията, че земята е основния фактор за загряване на атмосферата, а слънчевата радиация вторичен.

В обществото, обаче съществува мнение, че температурите са най-високи по обяд между 12 и 15 часа. Това мнение е погрешно и хората, които имат здравословни проблеми трябва да се съобразят с научните изследвания.

От графиката се вижда и другия безспорен факт, че температурната динамика е най-висока в часовете от 15:00 часа до 18:00 часа, а най –малка от 4:00 часа до 6:00 часа. Следователно – когато температурата е най-висока, тогава и промяната в нейните стойности е най-голяма. Обратно - когато температурата е най-ниска, тогава и промяната в нейните стойности е най-малка.

На фиг. 2 са показани със светло сиви ленти средните стойности на температурата за всеки ден от месец юли в продължение на 6 години. Температурните отклонения от средната стойност са означени с черни линии.



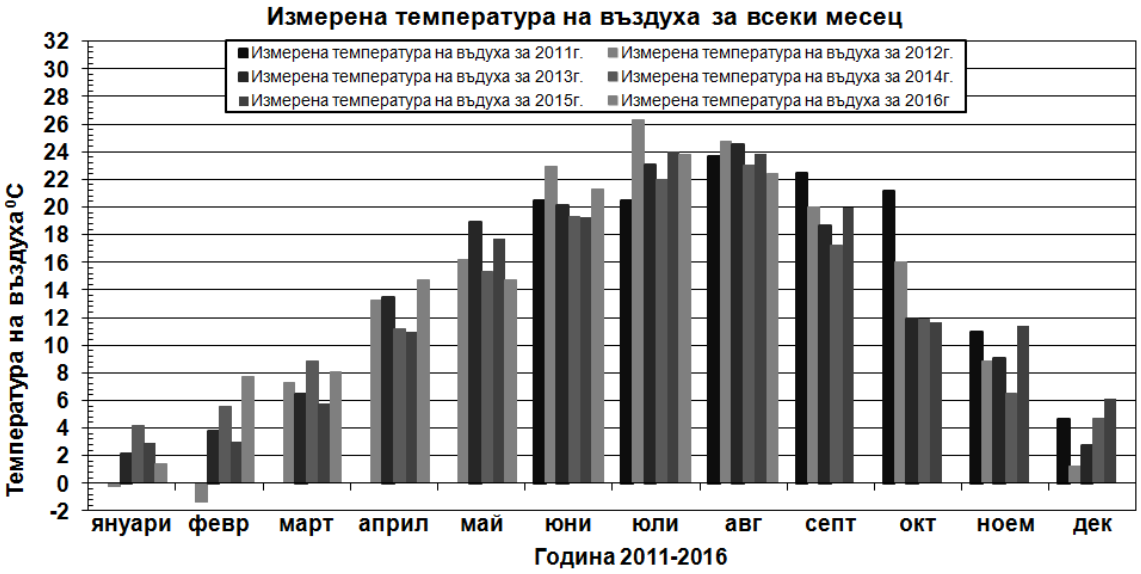
Фиг. 2. Средна температура измерена за всеки ден от Юли от 2011 до 2016 г.

На тази графика ясно се вижда, че динамичните промени са много по-малки от тези за всеки час, тъй като се получава усредняване в рамките на всеки един ден. Освен това

наблюдаваме, че максимумите и минимумите на средните температури имат статистически порядък. Това се дължи на прякото и непряко въздействие на слънчевата радиация, която пък зависи от наличието на прах, влага, газови съставки и други компоненти в състава на атмосферата. Към казаното дотук трябва да се добави и факта, че фазовото отместване между максимумите и минимумите съответно на слънчевата радиация и тепературата са минимални. От това пък следва, че средните дневни стойности на температурата в значителна степен зависят от слънчевата радиация и само косвенно от температурата на земята.

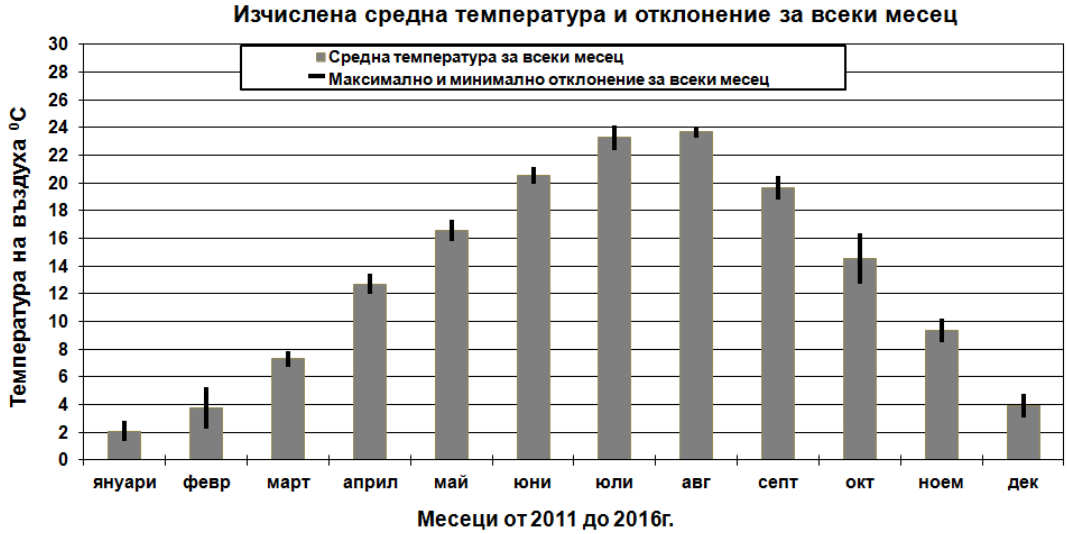
4. Изследване на месечния ход на температурата

На фиг. 3 са показани измерените температури за всеки едноименен месец от 2011 до 2016 г.



Фиг. 3. Средно измерените температури за всеки едноименен месец от 2011 до 2016 г.

За всяка година лентите са оцветени с различен цвят. От графиката се вижда, че най-високи са температурите през месец юли и август, а най-ниски през месеците януари и февруари. Тук основна роля вече играе количеството на слънчева радиация и съвсем малко земната повърхност. В този случай динамиката на температурата е по-малка от дневната и се дължи на инертноста, която внася земната повърхнос. С по-голяма динамика се отличават месеците октомври, а с по-малка месеците март на фиг. 3.

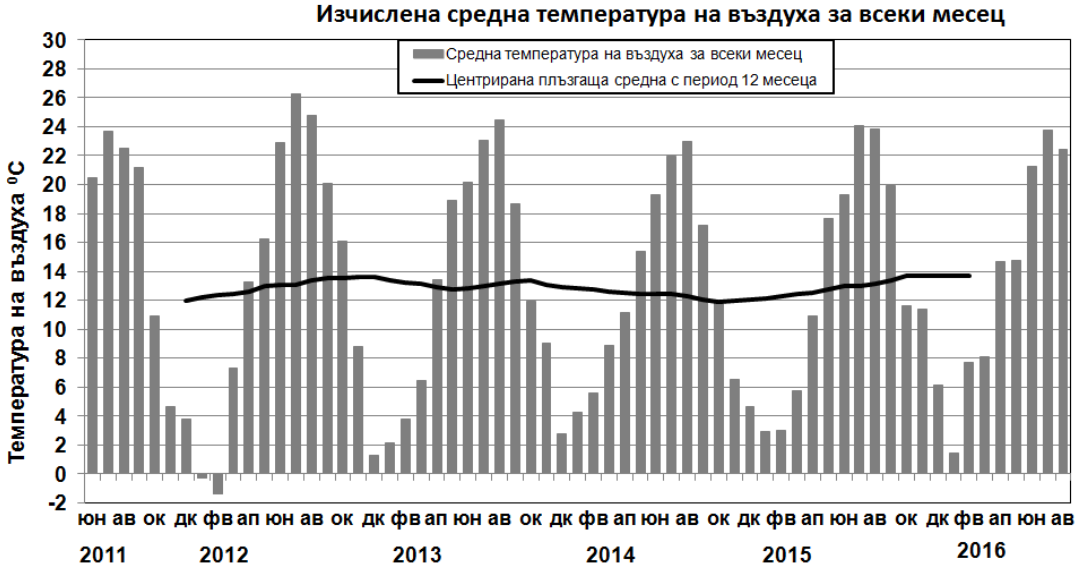


Фиг. 4. Средно изчисленна температура за всеки месец

На фигура 4 са показани със сиви ленти изчислените средни стойности на температурата за всеки едноименен месец в продължение на 6 години. Температурните отклонения от средната стойност са означени с черни линии. Тук още по-ясно се вижда динамиката на температурата за една астрономическа година.

Най-малки са отклоненията през месеците март през шесте години, а най-големи през месеците февруари и октомври. Данните за слънчева радиация показват, че има известни отклонения в динамиката между месеците с най – ниска и месеците с най-висока температура. Следователно съществуват и други фактори, които оказват влияние върху температурата на въздуха. Определено може да се каже, че тези фактори са същите както при слънчевата радиация, но има и други за които може да се обобщи, че са свързани с движението на въздуха, както споменаахме в теоретичната част.

На фиг. 5 е показана центрирана плъзгаща средна стойност на температурата.



Фиг. 5. Центрирана плъзгаща средна с период от 12 месеца в продължение на 6 години

Тя е с период от 12 месеца в продължение на 6 години и е означена с черна линия. Месечните стойности на температура са показани със сиви ленти. От графиката се вижда, че стойността на плъзгаща средна е почти постоянна и е по-малка от 2^{0} C. Динамиката на годишната средна стойност или плъзгащата средна е много по-малка от месечната и не се наблюдава ясно изразена тенденция за повишение или понижение на температурата. Разбира се това твърдение не може да бъде категорично, защото става въпрос за твърде кратък период от време.

Въпреки, че измерените температури през месеците си приличат много има и някои изключения. Например само месец февруари 2012 година има отрицателна средна температура. За разлика от тази година, през месец февруари 2015 година тя надхвърля 6° C, а през месец феруари 2016 година - 8°C. Същото може да се отбележи и за максималните температури. Например за месец юли 2016 година тя е 26°C, през месец юли 2014 година 22° C. В същото време годишното отклонение, както отбелязахме е около 2° C . Следователно средно годишните. отклонения са значително по-малки от средно месечните. Плъзгащата се средна нарочно е избрана с период 12 месеца за да съответства на период от една година Тези малки отклонения в годишните отчети могат да се използват за прогнозиране на температурата за бъдещи периоди. Въпреки, че температурата варира в диапазон от 2° C в рамките на 6 години, то от графиката на фиг.5 се вижда, че от година до следващата година разликата е не повече от 0.5^{o} C.

В таблица 1 са показани измерените и изчислени средни стойности за всички месеци в периода от 2011г. до 2016г. В предпоследната графа е изчислена разликата между максималната и минималната стойност на температурата за едноименните месеци на този период. В последната колонка са дадени средните отклонения спрямо средната стойност на температурата за съответния месец. Както от графиката на фиг. 4 така и от таблица 2 ясно се вижда месечния ход на температурата на въздуха, Най-висока е температурата през месец август със средна стойност 23.7 ^{o}C, а най-ниска през месец януари със средна стойност 2.1 ^{o}C,

От таблицата се вижда, че месечните отклонения на температурата се колебаят от 1.2 до 4.8 °C.

Табл. 1. Разпределение на температурата на въздуха по едноименни месеци

Месец	2011 г. °C	2012 г. °C	2013г. °C	2014 °C	2015 °C	2016 °C	Средно °C	Макс. разлика °C	Отклонение средно °C
Януари		-0.3	2.2	4.2	2.9	1.4	2.1	4.5	2.2
Февруари		-1.4	3.8	5.6	3.0	7.7	3.8	9.0	4.5
Март		7.3	6.5	8.9	5.8	8.1	7.3	3.1	1.6
Април		13.3	13.4	11.2	10.9	14.7	12.7	3.8	1.9
Май		16.2	18.9	15.4	17.7	14.7	16.6	4.2	2.1
Юни	20.5	22.9	20.2	19.3	19.3	21.3	20.6	3.7	1.8
Юли	20.5	26.3	23.0	22.0	24.0	23.8	23.3	5.8	2.9
Август	23.7	24.8	24.5	23.0	23.8	22.4	23.7	2.4	1.2
Септември	22.5	20.0	18.7	17.2	19.9		19.7	5.3	2.6
Октомври	21.2	16.1	12.0	11.9	11.7		14.5	9.5	4.8
Ноември	10.9	8.8	9.1	6.5	11.4		9.3	4.8	2.4
Декември	4.6	1.3	2.8	4.7	6.2		3.9	4.9	2.4

Не се наблюдава някаква зависимост от сезона, както е например при слънчевото греене. Основната причина за това е инертността на земята, защото въздуха се нагрява предимно от земята и това е главния фактор, който определя температурата на въздуха. Следователно земята оказва усреднително действие на температурата на въздуха за по-дългосрочните периоди. Другото, което се отбелязва е, че месечните отклонения в температурата са малко по-високи от годишните. Същото твърдение исказахме и при разглеждане на графиките.

Максималните разлики в температурата за съответните едноимемми месеци са 9.5 °C за месец февруари и 9.5 °C за месец октомври, което се вижда от предпоследната колонка на таблица 1. Минималната разлика в температурата за съответните едноимемми месеци е 2.4 °C за месец август видно от същата колонка на таблица 1

В таблица 2 е показано разпределението на температурата на въздуха по месеци, а заедно с това средната стойност и стандартното отклонение.

Табл. 2. Разпределение на температурата на въздуха по месеци и стандартно отклонение

Месец / Стойности	Ян	Фев	Март	Апр	Май	Юни	Юли	Авг	Септ	Окт	Ноем	Дек
2011 г. °C						20.48	20.48	23.67	22.49	21.17	10.94	4.64
2012г. °C	-0.25	-1.36	7.30	13.29	16.23	22.91	26.29	24.76	20.04	16.05	8.83	1.28
2013г. °C	2.17	3.82	6.45	13.44	18.93	20.17	23.03	24.50	18.68	11.96	9.05	2.78
2014г. °C	4.22	5.59	8.89	11.19	15.37	19.31	21.98	23.00	17.22	11.91	6.54	4.66
2015г. °C	2.90	3.04	5.77	10.93	17.67	19.26	24.06	23.82	19.92	11.66	11.39	6.16
2016г. °C	1.41	7.70	8.10	14.71	14.71	21.28	23.79	22.41				
Средна стойност	2.09	3.76	7.30	12.71	16.58	20.57	23.27	23.69	19.67	14.55	9.35	3.90
Стандартно Отклонение	1.49	3.01	1.12	1.44	1.53	1.25	1.80	0.81	1.74	3.69	1.73	1.69

От таблицата се вижда, че стандартното отклонение на температурата на въздуха сравнено за месеците през различните сезони на шесте години не се различават значително. Това е показателно, че факторите, които влияят на нагряването на въздуха и имат случаен характер, с течение на времето за по-дълги периоди взаимно се компенсират и осредняват. Най-големи са стандартните отклонения съответно за месец февруари - 3.01 °C и 3.69 за

месец октомври. Най-малко е стандартното отклонение е за месец август съответно 0.81 ^{o}C. Това отклонение е близо да годишното отклонение. Не се наблюдава сезонна зависимост на стандартното отклонение от сезона.

5. Заключение

От теоретична гледна точка споменахме много фактори, които оказват съществено влияние върху загряването и отнемането на топлина от въздуха, респективно върху температурата на въздуха. Това се потвърди и от краткосрочните измервания с помощта на метеорологичната станция. От направените изследвания се оказа, че средната температура на атмосферата при краткосрочните периоди, като часове и дни зависи повече от температурата на земята отколкото от слънчевата радиация. При дългосрочните, като месец и година по-силно влияние оказва слънчевата радиация отколкото температурата на земята. Това се дължи на сравнително малката инертност на земната температура в дългосрочен план. Другия важен извод е, че средната годишна температура се променя много слабо и не се наблюдава тенденция за трайно повишение или понижение.

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

Литература:

1. Davis Instruments Corp. *Vantage Pro2 Plus*. Reference. Guide.
2. Събев, Л., Св. Станев, 1963, Климатичните райони на България и техния климат, Земиздат, София.
3. Димитров, Д., 1979, Климатология на България, Наука и изкуство, София.
4. Лингова, С., 1981, Радиационен и светлинен режим на България, Изд. на БАН, София.
5. Векилска, Б., 2004, Обща климатология, Унив. изд., София.
6. Велев, Ст., 1990, Климатът на България, Народна просвета, София.
7. Такучев Н. 2003, Климатология, Хидрология и Агрометеорология, Изд. “Шибилев” Ст. Загора.

S E S 2 0 1 6
Twelfth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
2– 4 November 2016, Sofia, Bulgaria

ПЕРСПЕКТИВНИ АРХЕОЛОГИЧЕСКИ ОБЕКТИ КРАЙ НИКУЛИЦЕЛ

Иван Димитров

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

POTENTIAL ARCHEOLOGICAL OBJECTS NEAR NICULITEL

Ivan Dimitrov

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

Key words: *potential archeological objects, thematic maps, military camp, khan Asparuh, Niculitel*

Abstract: *The paper presents Asparuh's military camp near Niculitel, Romania. Thematic maps and potential archeological objects provide varying degrees of accuracy and detail structure of the facility. The camp has a total area of 50 sq. km. and perimeter over 30 km. and it is the largest fortification in the history of Bulgarian statehood*

Военният лагер на Аспарух е разположен на територията на три общини: общ. Никулицел, общ. Хамчарка и общ. Извоареле – област Тулча, Румъния. Основните части на външния лагер, вътрешния лагер, двореца (Цитаделата) и Малко кале са разположени на територията на общ. Никулицел. Части от външната валова структура (Външен лагер) са разположени в общ. Хамчарка и общ. Извоареле. Лагерът има обща площ над 50 кв. км. и периметър над 30 км., а вътрешните укрепления (вкл. и ханският дворец) имат обща площ над 8 кв. км. и периметър над 3.4 км. Това е най-голямото фортификационно съоръжение от затворен тип в историята на българската държавност.

Провеждането на теренни изследвания на Аспаруховия вонен лагер край Никулицел предполага създаване на тематични карти, ориентирани към получаване на оптимални резултати. За тяхното създаване се използват предварително получени, подготвени и реферирани информационни слоеве. Те се разполагат върху подходящо подбрани картови подложки и сателитни снимки в различни спектрални диапазони. Информационните слоеве могат да се използват в подходяща комбинация, отразяваща нуждите на провежданите теренни изследвания или тяхното планиране.

Перспективни археологически обекти са такива места във външната и вътрешна валова структура, при изследването на които има голяма вероятност да се открият исторически артефакти. Археологически проучвания на обекта са извършвани от Карел Шкорпил през 1917 г. и от румънски изследователи в други времеви периоди (Точилеско 1896, Памфил Полонек 1934, Петре Диакону, Йон Барнеа 1953-1954, Мария Комша, Виктор Хенрих Бауман 1988 и др.). Особен интерес е проявен към обекта "Цитаделата", за който Шкорпил счита, че това са останките от двореца на Аспарух, а навярно и на Тервел (б.а.). Този обект е отразен в листата на историческите паметници на област Тулча без да е датиран. По същия начин е отразена външната и вътрешна валова структура като "Вал на Траян". В отчета за археологическите разкопки Шкорпил е отбелязал наличието на порти на външните и вътрешни валови структури. В някой туристически пътеводители е отбелязана туристическата забележителност Чилик манастир и Чилик дере. В превод от турски "чилик" означава железен. Манастирът е разположен между селищата Поста и Телита. Челик дере е в непосредствена близост с южната равнинна част на външния вал. Това е едно от най-уязвимите места на отбранителната фортификация. Счита се, че отбелязано в туристическите пътеводители име "Чилик" е свързано намерените железни старинни оръжия в тази местност. Вероятно сражението между

византийските войски на Погонат и българските на Аспарух се е състояло в това дере. Близостта на селището Налбант (тур. - Ковач) ни подсказва, че намерените железни предмети са се превърнали в плугове и друг селскостопански инвентар. Друг потенциален обект за изследване са водните мелници в района на военния лагер край Никулицел. В техните основи могат да се открият преизползвани строителни материали от ранни времеви периоди. В отчета от археологическите си изследвания Карел Шкорпил е отбелязал, че части от Цитаделата (Голямо кале) и Малко кале са ерозирали. Дъждовете са снесли част от артефактите в близките дерета и край тези укрепления са се формирали ореоли от артефакти, засипани с натрупан материал от пороищата в района на Никулицел.

Формирани са следните кандидати за перспективни археологически обекти:

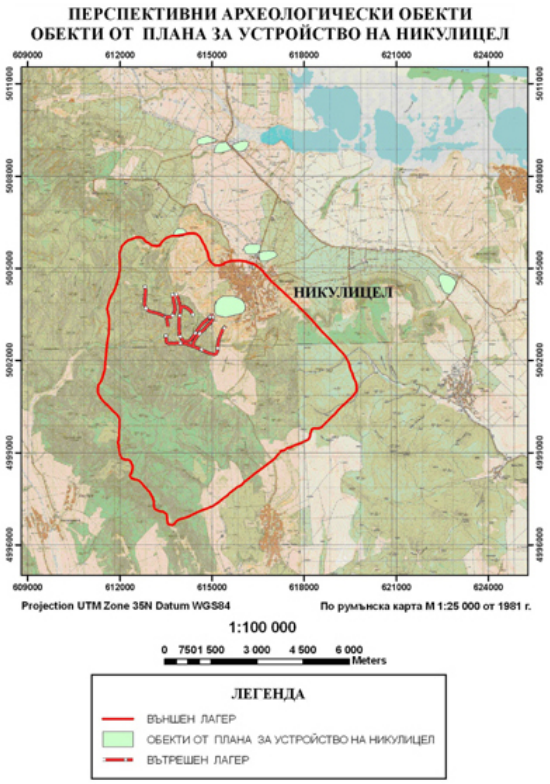
- Порти на фортификационното съоръжение;
- Обект Голямо кале – "Цитаделата";
- Обект Малко кале до вр. Троян;
- Водни мелници;
- Голям връх;
- Вътрешен лагер;
- Обект Чилик дере, намиращ се извън външната валова структура.

На фиг. 1-10 са представени тематични карти на перспективните археологически обекти.

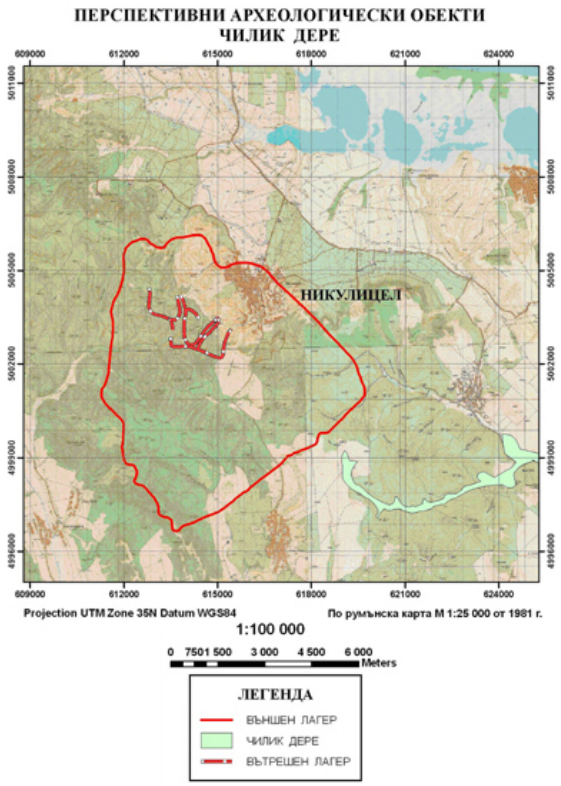
Представените тематични карти на перспективни археологически обекти могат да се използват за планиране на бъдещи изследвания на отбранителното съоръжение край Никулицел от български и румънски учени, студенти и докторанти.

Литература:

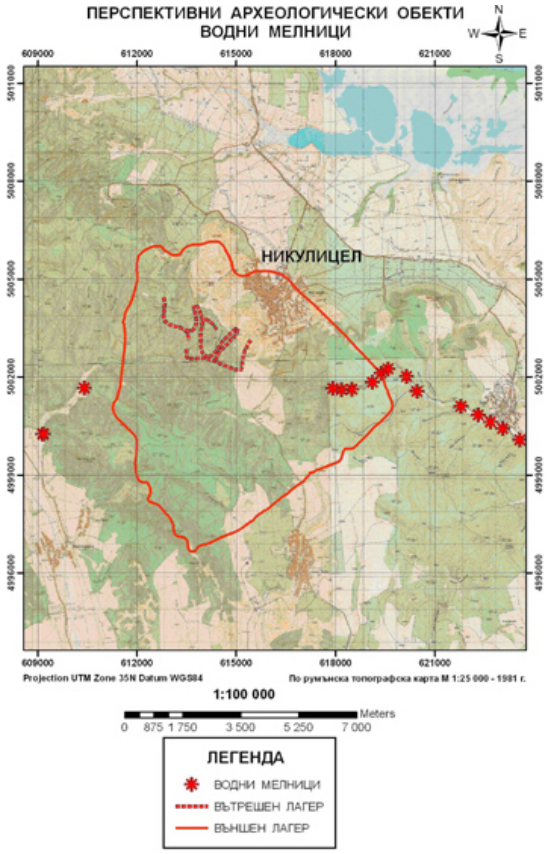
1. Австро-Унгарска топографска карта, мащаб 1:200 000,1901
2. Военна топографска карта, Генерален щаб на Вермахта, мащаб 1:25 000, 1941 Военна топографска карта, Генерален щаб на Съветската армия, мащаб 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1 000 000, 1984
3. Карта на Армейски инженерен корпус, картографска служба на САЩ, мащаб 1:250 000, 1956
4. Военна топографска карта, Генерален щаб на САЩ, мащаб 1:250 000, 1943
5. Топографска карта на Румъния, мащаб 1:100 000, 1997
6. Карта на археологическите изследвания и разкопки, Карел Шкорпил, 1917
7. ЦВА, ф.40, оп.II, а.е. 987 (Издадени в сборник:"Научна експедиция в Добруджа 1917, под ред. На проф. П. Петров, Университетско издателство "Св. Климент Охридски")
8. LaurentIu, R., Începuturile evului mediu (secolele VII – X) la sud de Dunare: Dobrogea si NE Bulgariei, Universitatea Bucurestiy, Facultatea de Istorie, Rezumat, 2010
9. Bajenaru, C., Fortificatii minore in spatuil Balcano-Dunarean de la diocletian la Iustinian, Universitatea din Bucuresti, Rezumat, 2010
10. Атанасов, Г., "Българи и хазари през ранното Средновековие", ТанНакРа, София, 2003, стр. 92-113



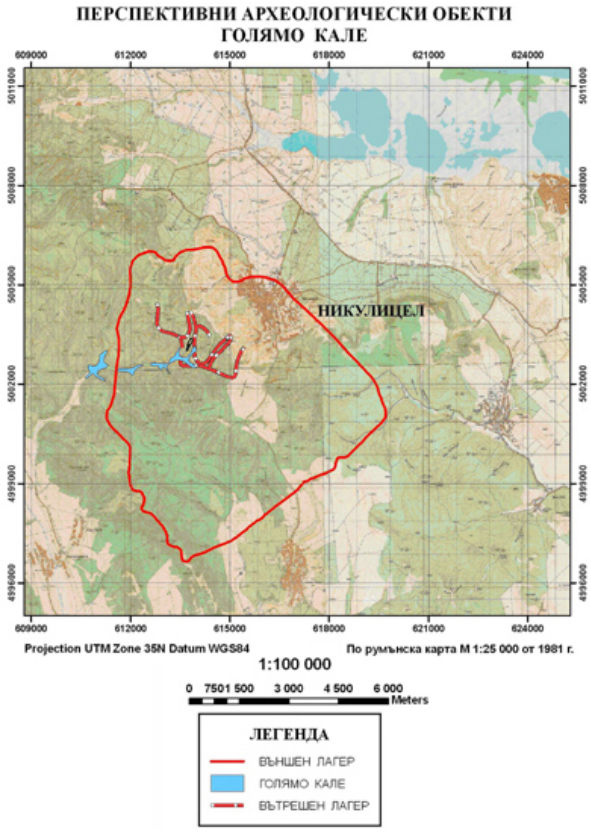
Фиг. 1



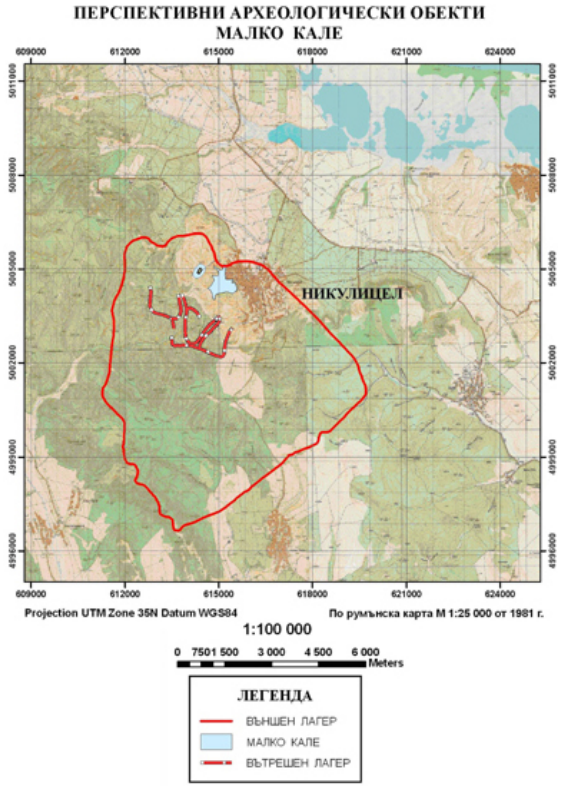
Фиг. 2



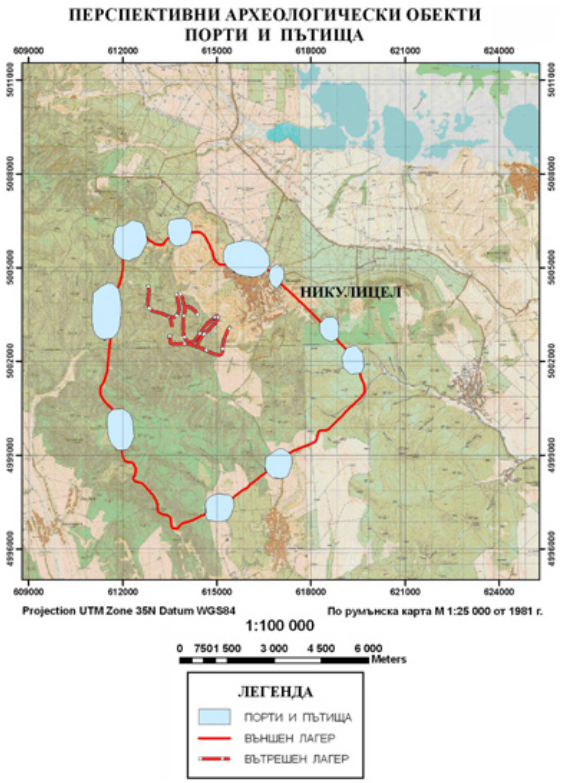
Фиг. 3



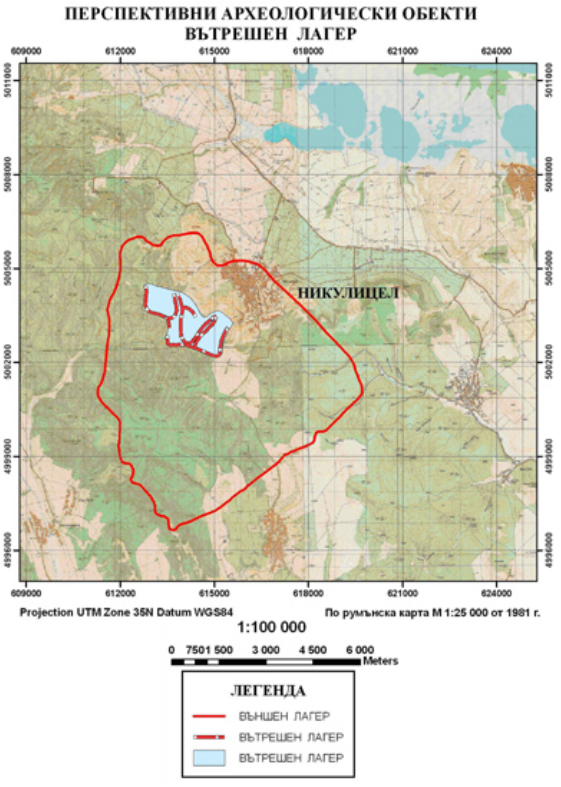
Фиг. 4



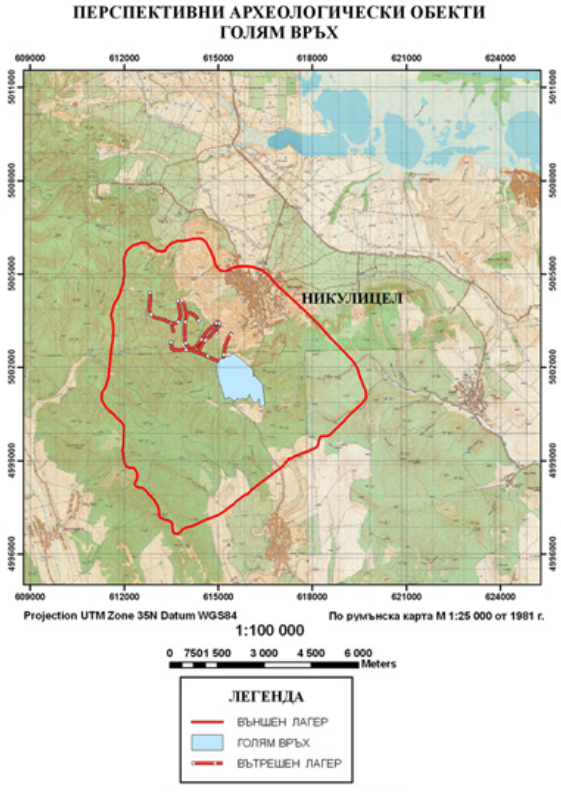
Фиг. 5



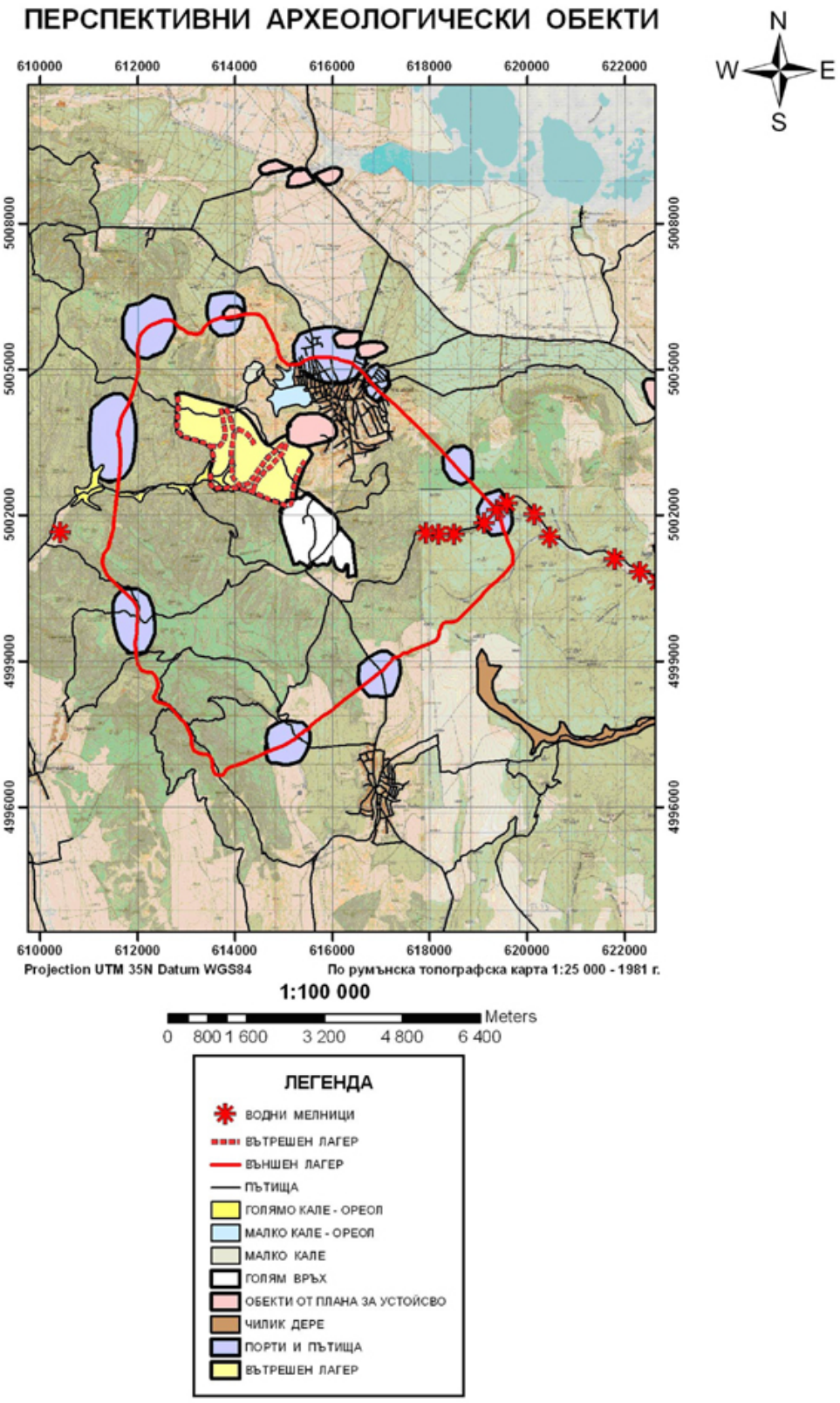
Фиг. 6



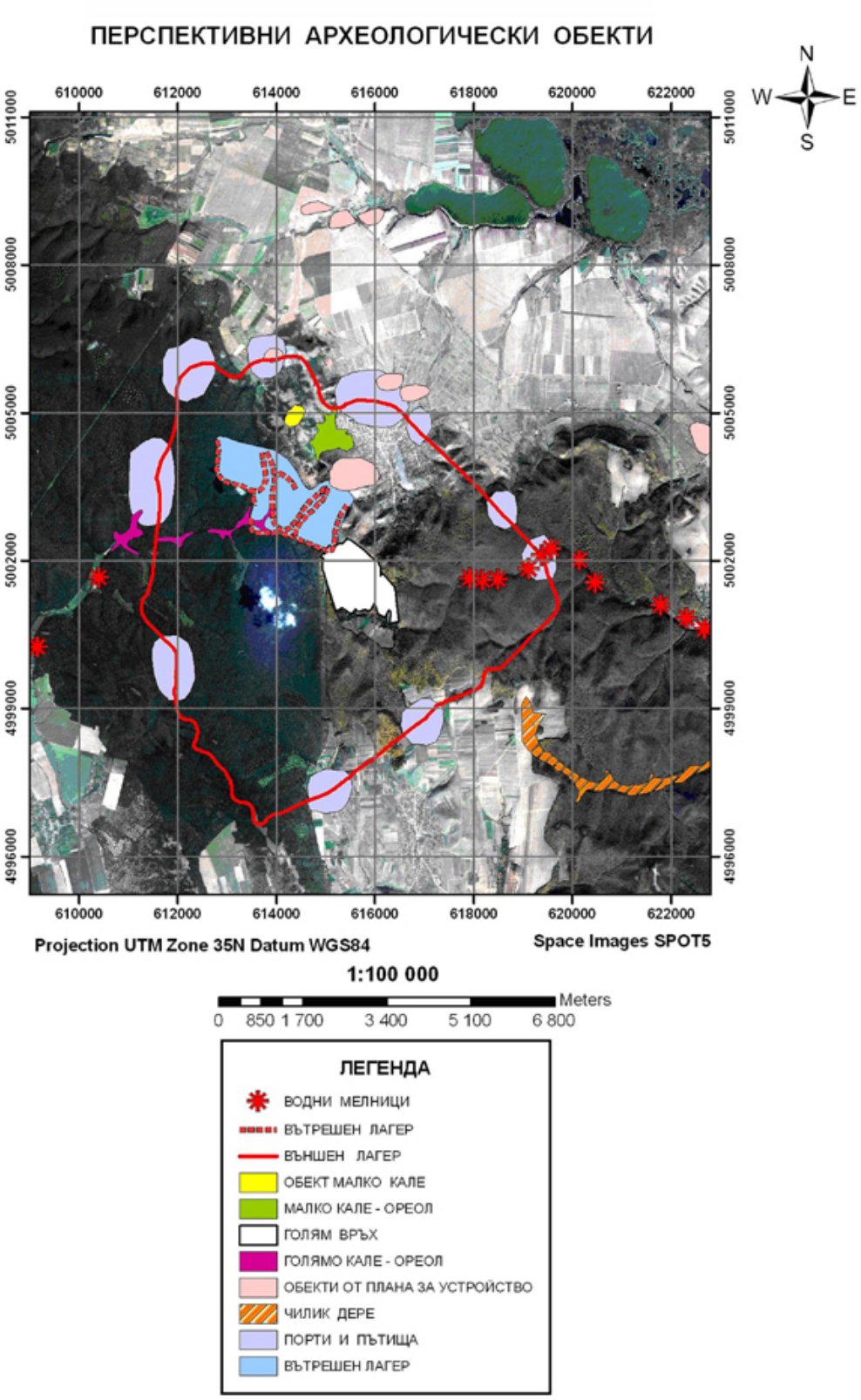
Фиг. 7



Фиг. 8


ПЕРСПЕКТИВНИ АРХЕОЛОГИЧЕСКИ ОБЕКТИ
N
W
E
S
610000
612000
614000
616000
618000
620000
622000
5008000
5005000
5002000
4999000
4996000
Projection UTM 35N Datum WGS84
По румънска топографска карта 1:25 000 - 1981 г.
1:100 000
Meters
0 800 1 600 3 200 4 800 6 400
ЛЕГЕНДА
ВОДНИ МЕЛНИЦИ
ВЪТРЕШЕН ЛАГЕР
ВЪНШЕН ЛАГЕР
ПЪТИЩА
ГОЛЯМО КАЛЕ - ОРЕОЛ
МАЛКО КАЛЕ - ОРЕОЛ
МАЛКО КАЛЕ
ГОЛЯМ ВРЪХ
ОБЕКТИ ОТ ПЛАНА ЗА УСТОЙСВО
ЧИЛИК ДЕРЕ
ПОРТИ И ПЪТИЩА
ВЪТРЕШЕН ЛАГЕР

Фиг. 9


ПЕРСПЕКТИВНИ АРХЕОЛОГИЧЕСКИ ОБЕКТИ
N
W
E
S
610000
612000
614000
616000
618000
620000
622000
5011000
5008000
5005000
5002000
4999000
4996000
Projection UTM Zone 35N Datum WGS84
Space Images SPOT5
1:100 000
0 850 1 700 3 400 5 100 6 800
Meters
ЛЕГЕНДА
ВОДНИ МЕЛНИЦИ
ВЪТРЕШЕН ЛАГЕР
ВЪНШЕН ЛАГЕР
ОБЕКТ МАЛКО КАЛЕ
МАЛКО КАЛЕ - ОРЕОЛ
ГОЛЯМ ВРЪХ
ГОЛЯМО КАЛЕ - ОРЕОЛ
ОБЕКТИ ОТ ПЛАНА ЗА УСТРОЙСТВО
ЧИЛИК ДЕРЕ
ПОРТИ И ПЪТИЩА
ВЪТРЕШЕН ЛАГЕР

Фиг. 10

MULTITASKING APPLICATIONS OF HYPERSPECTRAL IMAGERS

Valentin Atanassov, Denitsa Borisova, Hristo Lukarski

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

Keywords: *Remote Sensing, Hyper Spectral Imaging Spectrometers, Applications*

Abstract: *Spectral imaging provides both the capabilities of two powerful areas such as spectroscopy and digital images. Thus each pixel of the digital image is presented with a number of contiguous spectral bands. When this number of contiguous spectral bands is more than a hundred, then we are talking about hyperspectral instruments. In the work are presented several hyperspectral instruments with their characteristics. Emphasis is put on the wide range possibilities for applications which are illustrated with appropriate examples.*

МНОГОВАРИАНТНИ ПРИЛОЖЕНИЯ НА ХИПЕРСПЕКТРАЛНИ ПРИБОРИ

Валентин Атанасов, Деница Борисова, Христо Лукарски

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

Ключови думи: *Дистанционни изследвания, Хиперспектрални прибори, Приложения*

Резюме: *Спектралните прибори за получаване на изображения предоставят едновременно възможностите на две мощни направления, каквито са спектроскопията и цифровите изображения. По този начин всеки пиксел от цифровото изображение е представен с голям брой непрекъснати спектрални канали. При хиперспектралните такива става въпрос за повече от сто спектрални канали. В работата са представени няколко хиперспектрални прибори с техните характеристики. Акцентирано е на огромните им възможности за приложения, които са илюстрирани с подходящи примери.*

1. Introduction

Notwithstanding their young age, spectrometric measurements have about 30-year-long history, while Remote Sensing of the Earth from space occupies is of essential importance for the development of modern science and technology. The application area of remotely sensed spectral data is expanding continuously to incorporate new applications, such as ecologic monitoring of endangered areas, monitoring the global changes of natural resources and environment, climate changes etc.

2. Hyper Spectral Imaging Spectrometers

2.1 Imaging spectrometer with high spectral and high spatial resolution model for remote sensing applications

Project I-603/96 founded by National Found “Scientific Investigations”. (1997 – 2000) :“Investigations aimed to construction an imaging spectrometer with high spectral and high spatial resolution”.

The study has been carried out on the designing of a model of imaging spectrometer at Solar Terrestrial Influences Laboratory, Space Research and Technology Institute - Bulgarian Academy of Sciences (STIL - BAS).

The main instrument **characteristics** [1,2]:

Table 1
Spectral range – 400 – 800 nm;
Two spectral sub-ranges 400 - 600nm and 600 - 800nm;
Spectral channels 100, with 50 spectral channels each spectral sub-range;
Spectral resolution (FWHM-criterion) - 4nm;
Spatial resolution (IFOV) - 0.9 mrad.
Sensor – CCD area array 576X460 pixels.

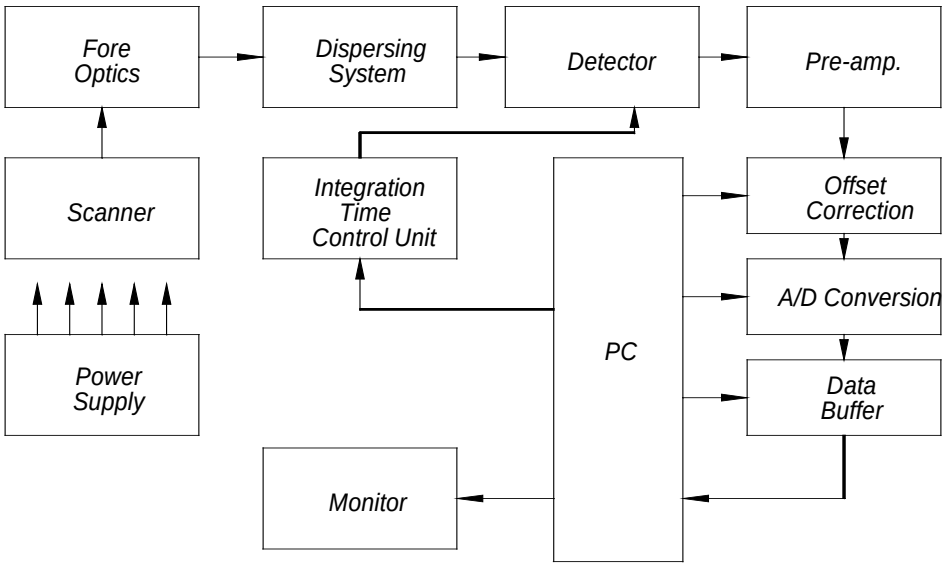


Fig. 1. Imaging Spectrometer Block Diagram

2.2 State-of-the art Hyper Spectrometers

Modern Hyper Spectral Imagers:

2.2.1 HySpex Sensor System (DLR) [3]:

Table 2. Spectral specifications of the HySpex sensors

Sensor	Spectral range	Number of channels	Sensor
VNIR-1600	416 – 992 nm	160	5 nm
SWIR-320m-e	968 – 2498 nm	256	6 nm

Table 3. Geometric specification of the HySpex sensors

	VNIR-1600	SWIR-320m-e
IFOV*	0.36 mrad across track	1.50 mrad across track
	0.72 mrad along track	1.50 mrad along track
FOV*	34 degrees (1600 pixels)	28 degree (320 pixels)
Swath*	1.6 km at 1 m IFOV (along track)	1.32 km at 2 m IFOV (along track)
	3.2 km at 2 m IFOV (along track)	2.64 km at 4 m IFOV (along track)

2.2.2 Hyperspec VNIR imaging sensor

Hyperspec VNIR
Table 4:
Wavelength Range (nm) - 400nm - 1000nm
Dispersion per pixel - 0.74 nm
Spectral Resolution (25μ slit) - 2-3 nm

Spectral Bands - 810
Spatial Bands – 1000

3. Applications of hyperspectral imagers

The spectral distributions shown below are an example of imaging spectrometer (SRTI, STIL – BAS) applications in the area of vegetation monitoring. When the vegetation is at a normal state, the value of NDVI is around 0.6, for rocks and deserts this value is close to zero (Kogan, 1994).

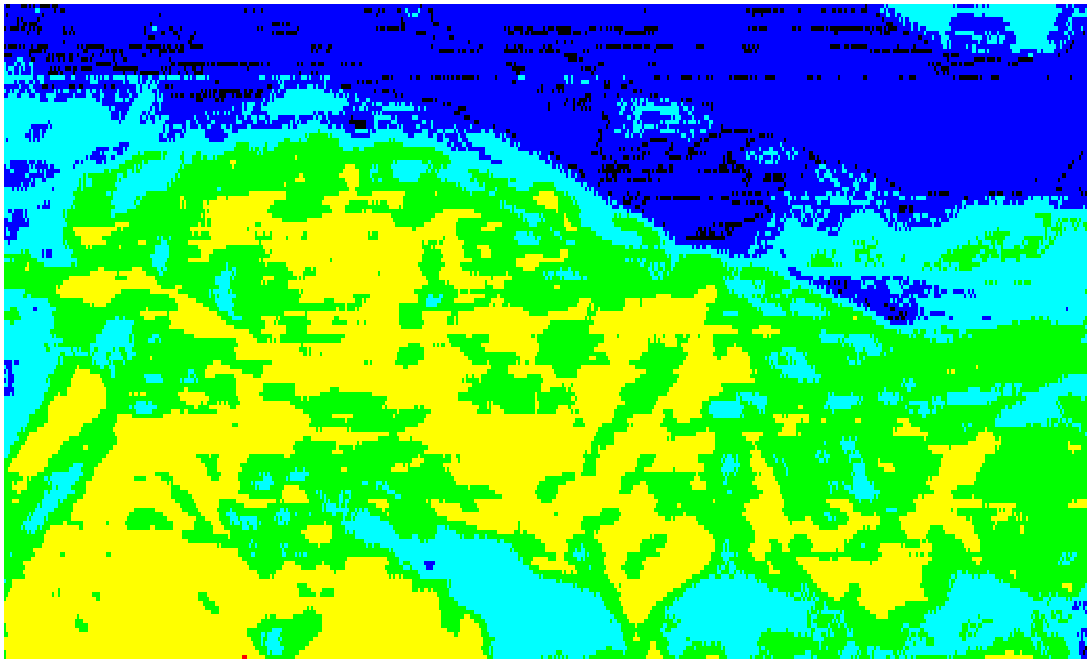


Fig. 2a

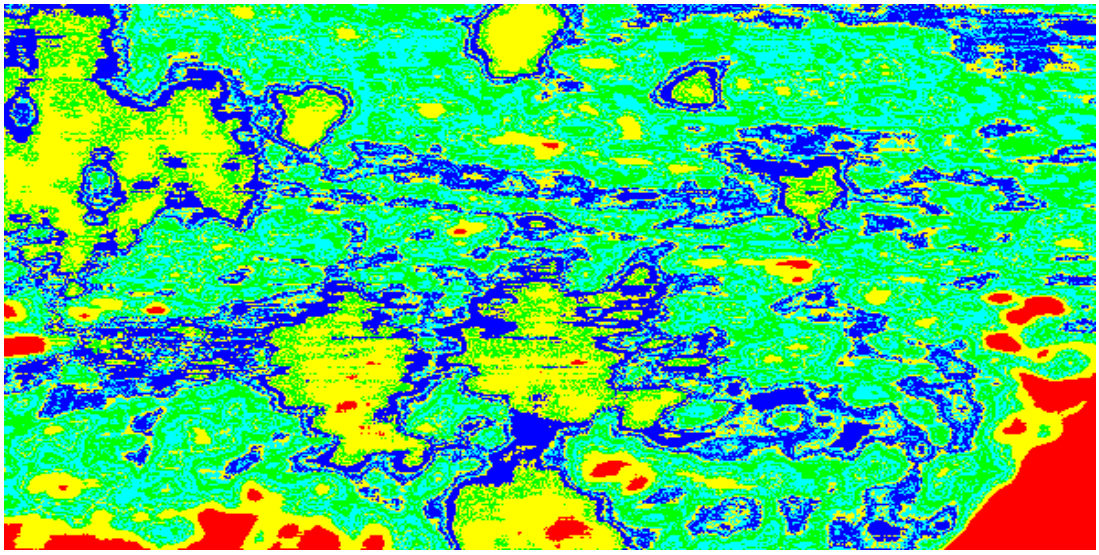


Fig. 2b

Fig. 2. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) images of two areas: a - Vitosha mountain, b - shrubs. Channel 1 wavelength - 550nm; channel 2 wavelength - 800nm; channel bandwidth - 6nm.

The spectral distributions shown above are an example of imaging spectrometer applications in the area of vegetation monitoring. When the vegetation is at a normal state, the value of NDVI is around 0.6, for rocks and deserts this value is close to zero (Kogan, 1994).



Fig. 3. Spectral image (RGB format) (**Hyperspec VNIR)**

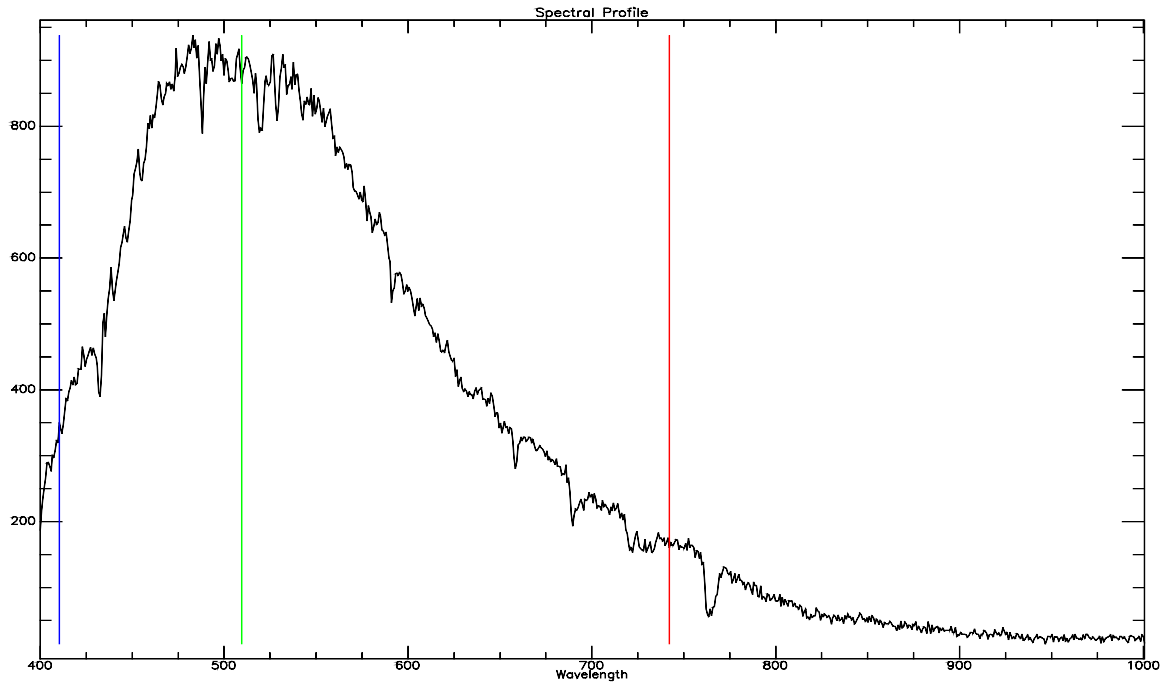


Fig. 3a. Sky spectral diagram

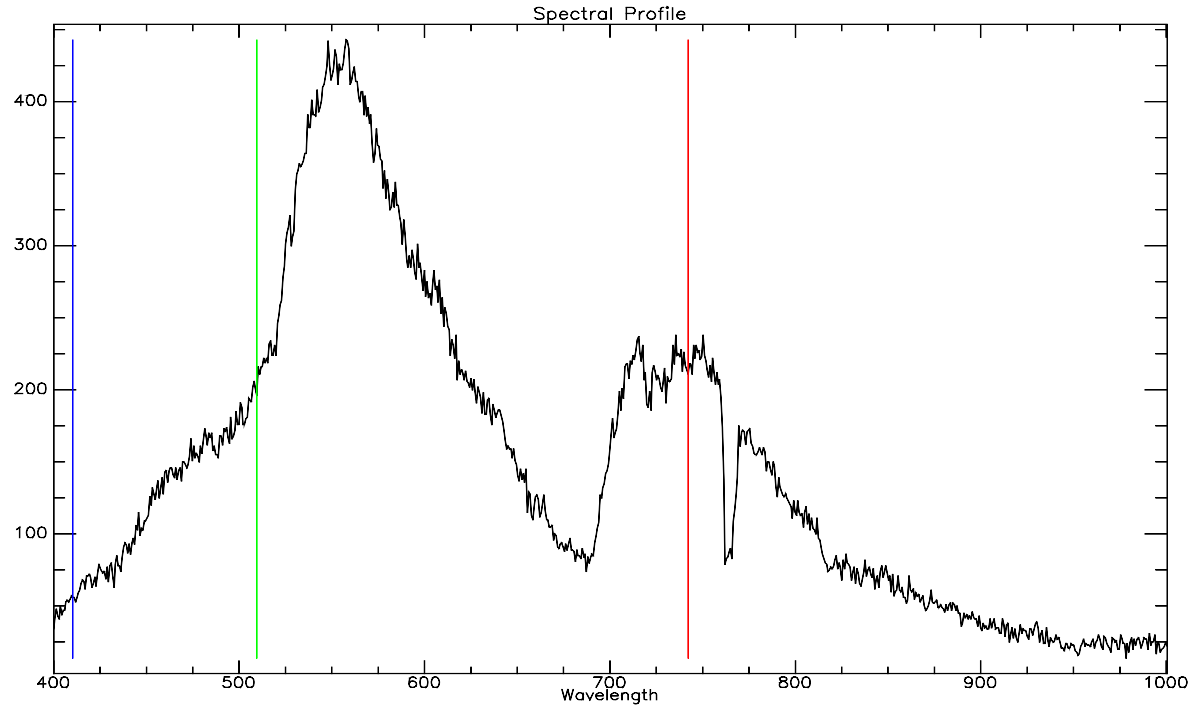


Fig. 3b. Vegetation spectral diagram

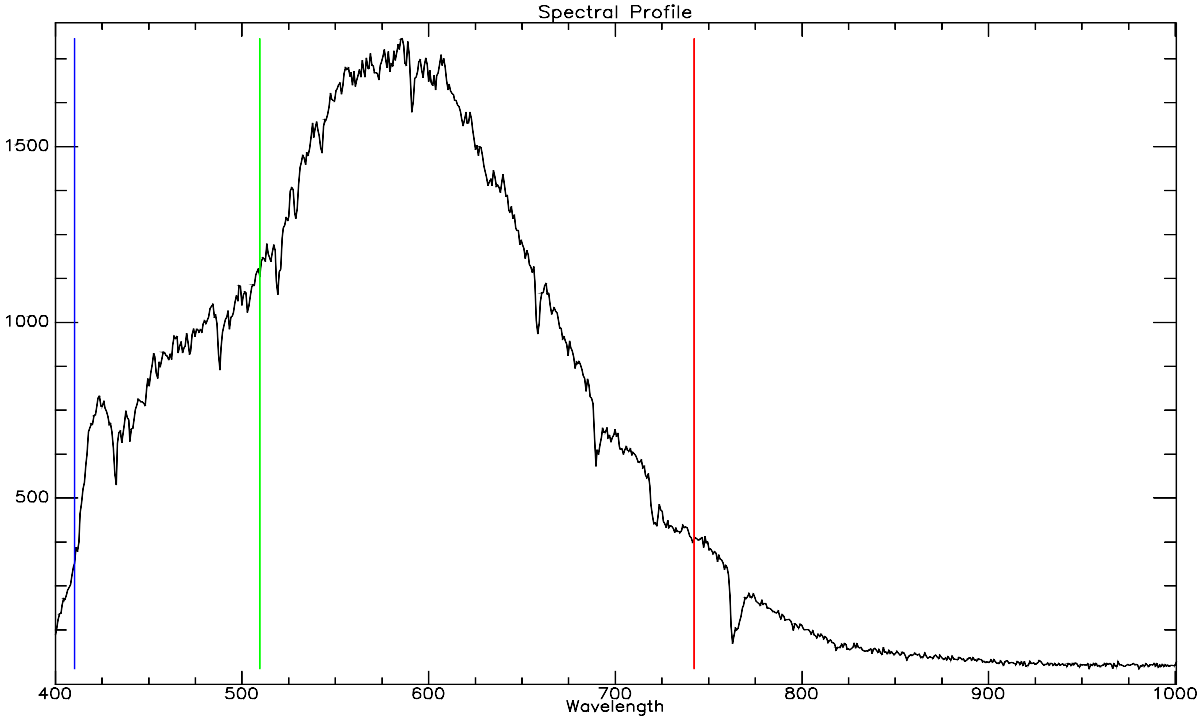


Fig. 3c. House spectral diagram

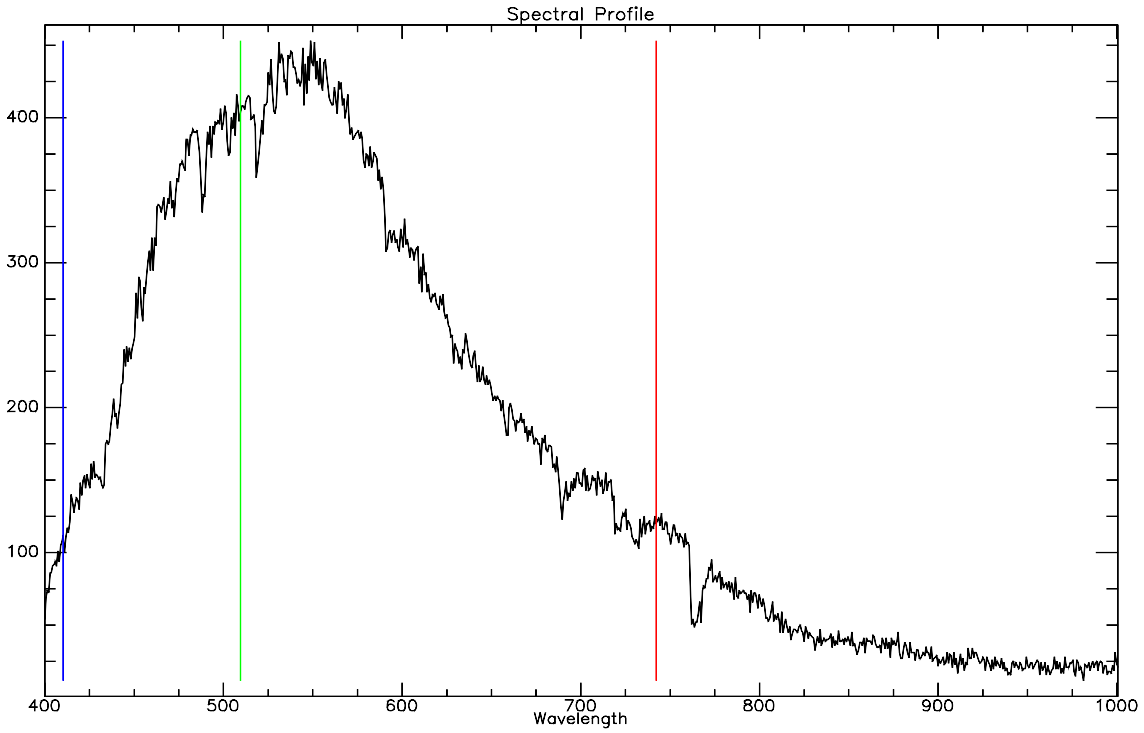


Fig. 3d. White body spectral diagram

4. Conclusion

The conclusion can be drawn that **hyper spectral images** make it possible to map biophysical and biochemical changes of the Earth's surface and the state of atmosphere with unprecedented accuracy. The observed tendencies show that we need better observation and understanding of the basic lines for sustainable development of our resources and the preservation of the environment.

References:

1. Atanassov, V. et al. Prototype of a Vis-NIR Imaging Spectrometer. 1998 ASPRS-RTI Annual Conference, Tampa, Florida, March 30 - April 4, 1998 Conference Proceedings, pp.1402-1407.
2. HySpex Product Guide. OpAiRS - Airborne Remote Sensing.DLR .2015
3. Hyperspec VNIR imaging sensor Headwall Photonics. Data Sheets.

S E S 2 0 1 6
Twelfth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
2– 4 November 2016, Sofia, Bulgaria

ПОТЕНЦИАЛ НА РАДАРНИТЕ ПОЛЯРИМЕТРИЯ И ИНТЕРФЕРОМЕТРИЯ В ИЗСЛЕДВАНЕ НА ГОРСКИ ТЕРИТОРИИ

Златомир Димитров

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

Ключови думи: *Радарни методи, SAR, Поляриметрия, POL-SAR, Интерферометрия, InSAR, POLinSAR, гори, екосистеми, модели на разсейване, RVoG, обща биомаса, AGB, запас дървесина, GSW*

Резюме: *В доклада е представен обзор на радарните методи за изследване на горски екосистеми и определяне на височината на дървостоя, запаса дървесина и общата биомаса. Радарните методи (SAR) обхващат два аспекта на активната радиометрия: радарна поляриметрия (POL-SAR) и радарни поляриметрия и интерферометрия (POLinSAR). Радарната поляриметрия е чувствителна към геометричните характеристики на обектите. Определяне видовете механизми на разсейване от горски територии е възможно единствено чрез обработка на POL-SAR данни (поляриметрични снимки) при които са известни всички състояния на поляризация. Интерферометричната POLinSAR кохерентност е чувствителна от една страна към вертикалното разпределение на разсейващите центрове във височина, а от друга и към видовете механизми на разсейване в дадения горски обем. С помощта на въведения основен кохерентен модел на разсейване от произволен горски обем – RVoG, е възможно моделиране поведението на интерферометричната кохерентност в обема, както и определяне на физическите параметри на дървесните култури. В определянето на запаса дървесина – GSW и общата биомаса – AGB на горските екосистеми се прилагат няколко подхода. Радарната томография е най-новия метод за получаване на вертикални профили на растителността, чрез прилагане на мулти-базов POLinSAR подход. Чрез използване на радарните поляриметрия и интерферометрия в изследване на горски екосистеми е възможно успешно проследяване на различни видове нарушения.*

POTENTIAL OF POLinSAR IN SURVEY OF FOREST ECOSYSTEMS

Zlatomir Dimitrov

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences

Keywords: *SAR, POL-SAR, POLinSAR, forest, disturbances, scattering mechanisms, linear model, random volume over ground, RVoG, above ground biomass, AGB, growing stock volume, GSW, TomoSAR*

Abstract: *This paper presents an overview over SAR based methods dedicated to forestry, by means of POLinSAR and derivation of forest parameters, such as volume height, growing stock volume and above ground biomass. Radar polarimetry (POL-SAR) is sensitive to geometrical properties of the objects. POLinSAR coherence is a sensitive parameter for both, the vertical structure of the resolution cell and the types of scattering mechanisms inside the cell [Neuman et al, 2007]. Tree stage inversion of the two layer coherent scattering model – RVoG is needed to derive four output parameters, which are volume height (h_v), mean vertical extinction (σ), ground-to-volume ratio ($m(\boldsymbol{w})$) and referent ground phase (φ_0). Estimates of growing stock volume (GSW) in m^3/ha, and above ground biomass (AGB) in t/ha are made by various methods and satellite missions, where P-band was proved to gain more accurate results on biomass estimation, when applied in boreal and tropical forests. SAR tomography is capable to derive 3D information on vegetation and canopy.*

Въведение

Комбинирането на различни оптични системи и още повече радарни методи за изследване на горските екосистеми е обещаващ подход към по-голямата точност в определянето на горските параметри. [Yolanda et al., 2009]. Използването на данни от

Радиолокационни апаратури със страничен обзор, или радари със синтезирана апертура (SAR) са в основата на радарните методи при наблюдение на Земята. Радарните поляриметрия и интерферометрия (POLinSAR) е техника доказана в множество научни трудове. Водещи автори са работили по приложимостта на POLinSAR при определяне параметрите на горските екосистеми, като оценка на общата биомаса и височината на дървостоя - K.Papathanassiou, S. Cloude, L.Ulander, M.Soja, вертикалната структура – M.Pardini, K.Papathanassiou, S. Tebaldini, M. Neuman, влияние на различни фактори и изследване на нарушения – D.Hoeckman, L.Ferro-Famil, H.Chen, S.Cloude и други.

Целта на доклада е да се представи приложимостта на радарните методи в изследване на горски екосистеми, като основен акцент е върху радарните поляриметрия и интерферометрия (POLinSAR). Да се разкрият възможностите за определяне на височината на дървостоя, посредством POLinSAR модели на разсейване, определяне запаса дървесна маса (GSW) и методите за определяне на общата биомаса (AGB).

Радарни методи в изследване на горите

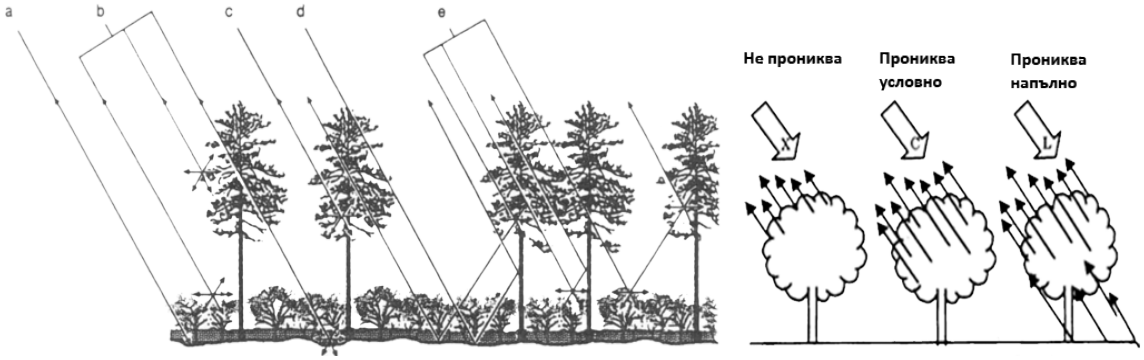
Дистанционните методи от Космоса в микровълновия диапазон обхващат двата аспекта на радиометрията - активната и пасивна [Мардиросян, Г., 2015]. От гледна точка на активната радиометрия, SAR – предлага следните предимства, пред оптичните методи, в изследване на горски екосистеми:

- Проникване безпрепятствено през всички слоеве на атмосферата и нейните елементи;
- Получаване на радиолокационен образ на земната повърхност по всяко време от денонощието;
- Чувствителност към геометричните характеристики на изследваните обекти, в случая гори.

Кохерентната природа на сигнала е предпоставка за наличие на характеристичен шум в радарните изображения т.нар. *спекъл ефект* (*speckle),* като резултат при формиране на SAR-изображението. Характеристичният шум е по-силно изразен при обекти от земната повърхност със статистически нееднородна геометрия, каквито са именно горските екосистеми. От друга страна, състоянието на поляризация на обратно-разсеяния сигнал се определя от степента и вида на разсейване от активните фазови центрове на разсейващите обекти от земната повърхност [M. Helman, Sh.Cloude, 2011]. При разглеждане на горски екосистеми, с цел определяне всички състояния на поляризация, се налага използване на SAR-системи с пълна поляриметрия (Full-Pol), представящи т.нар. поляриметрична снимка [Мардиросян, Г., 2015]. на изследвания район. Използването на методи разчитащи на данни от радиолокационни апаратури опериращи само с една фиксирана поляризация, не са способни да представят изцяло процесите на разсейване в горския обем и да се определят физическите и геометрични параметри [Cloude et Papathanassiou, 1998].

Геометричната представа за разсейването на микровълновите импулси от горския обем дефинират *механизмите на разсейване.* Те представляват характеристика на различни свойства на обектите от горския обем, като морфологични особености и техните диелектричните свойства, отнесени към фенологичното състояние на растителността [Reigber A,2000].

В радиолокационната снимка, горските екосистеми се отличават, като „грапави текстури“. Грапавите текстури определят от една страна преобладаващо повърхностно разсейване – SB, характерно за горните слоеве на короните на дърветата и приземната растителност, а от друга обемното разсейване – Vol. В горските екосистеми преобладава обемно разсейване, при което се наблюдава де-поляризация на сигнала и/или промяна на поляризацията от H във V, от което следва доминиране на интензивността в поляриметричен канал – HV. В зависимост от гъстотата на дървесната растителност, преобладава механизъм на двойно отскачане – DB, предимно между стволовете на дърветата и земната повърхност. От съществено значение при изследване на горски екосистеми е степента на проникване на микровълновото лъчение през обема горска растителност, по-специално преодолявайки активното разсейване от листата на растителността. В зависимост от микровълновия канал, активните разсейващи центрове се отнасят към различни части на дървото – листа, клонки, големи клони, стебло. Схематично, това е показано на фиг. 1.



Фиг. 1. Ляво: суперпозиция от видове механизми на разсейване в горски обем: (a) повърхностно разсейване от приземна растителност - surface scattering, Single Bounce (SB); (b) обемно разсейване от листа и клони – Volume scattering (Vol); (c) директно разсейване от корона на дървото – SB; (d) отражения от растителност и стебло – Double Bounce (DB) ; (e) сложно разсейване основавайки се на DB и Vol, включвайки различни странични отражения от съседните дървета, и земна повърхност; повторно разсейване – Dihedral scattering. Дясно - различна степен на проникване на е.м. вълни в дървесна растителност, в зависимост от дължината на вълната.

Основните микровълнови канали използвани за изследване на горски екосистеми са : L (23 cm, 1.2 GHz) и P (72 cm, 430 MHz) ; в по-специфични случаи се използват : X (3 cm, 10 GHz) и C (5 cm, 5 GHz). В таблица 1, са представени радиолокационни системи със страничен обзор.

Таблица 1. Използвани радиолокационни системи със страничен обзор – SAR,в изследване на горски екосистеми, апаратури монтирани на спътникови платформи**;** *източник-интернет*

НАИМЕНО-ВАНИЕ / ***Принадлеж-ност***	**Спектрален КАНАЛ**	**Поляри-метрия (POL-SAR)**	**Час на прелитане над България**	**Период на заснемане**	**В работен режим от**	**Инклинация на орбитата**	**ПРС**	**Посока на заснемане**	**Ъгъл на обзор**	**Вид на системата**
TerraSAR-X / TanDEM-X, *DLR*	**X**	full / dual-pol (HH+VV+HV+VH)	Asc.pass - 18ч GMT; Des.pass – 04:30 GMT	11 дни	15.06 2007 / 21.06 2010	97.44 deg	1 m / Spotlight; 3 m / Stripmap	Right / Left	20-45 deg SE	mono-static / bi - static
ALOS PALSAR, *JAXA*	**L**	full-pol (HH+VV+HV+VH)	Asc. - ок. 20:30 ч GMT Des. - ок. 08.30 GMT	46 дни	24.01 2006	98.16 deg	24 m	Right	polari metric mode - 21.5 deg	mono-static
ALOS-2 PALSAR-2, *JAXA*	**L**	full-pol (HH+VV+HV+VH)	Asc - ок. 10:50 ч GMT Desc. - ок. 19:50 GMT	14 дни	24.05 2014		3m, 6m / 12.5m Quad-pol	Right / Left	~37 deg	mono-static
Sentinel-1 A/B, *ESA*	**C**	dual-pol (VV+VH)	Asc.pass - 16ч GMT; Desc.pass - 04ч GMT	12 дни	03.04 2014 / 22.04 2016	98.18 deg	10 m / IWS	Right	IWS: 31 - 46 deg	mono-static

При подход на комбиниране на радарната поляриметрия (POL-SAR) с интерферометрия (InSAR) се показва, че интерферометричната (POLinSAR) кохерентност от две поляриметрични снимки - $\tilde{\gamma}_{int}(\vec{\omega})$ е параметър чувствителен, както към вертикалната структура в разглеждания горски обем, така и към видовете механизми на разсейване в същия обем [Neuman et al, 2007]. При изследване на природни цели, в случая горски територии, точността при определяне на интерферометричната фаза се влияе пряко от загубата на кохерентност, или от източниците на *интерферометрична декорелация*. Ето защо интерферометричната кохерентност се моделира, като сума от няколко отделни компоненти:

(1) $$|\gamma(\boldsymbol{w})| = \gamma_{System} \cdot \gamma_{Baseline} \cdot \gamma_{Temporal}$$

където: ***w*** – вектор, описващ състоянието на поляризация.

В изследване на горски територии от голямо значение е обемната декорелация (γ_{volume} = $\gamma_{baseline}$, при $\gamma_{range} \approx 0$), която е тясно свързана с вертикалното разпределение на разсейващите центрове в разглеждания обем (resolution cell) [Lopez-Martinez, et al., 2011]. В даден горски обем, вертикалния профил на фазовите разлики между ефективните разсейващи центрове и земната повърхност (получени чрез интерферометрична кохерентна декомпозиция с доминиращите механизми на разсейване), отговаря на профила на височината на въпросните центрове от земната повърхност [Cloude et Papathanassiou, 1998].

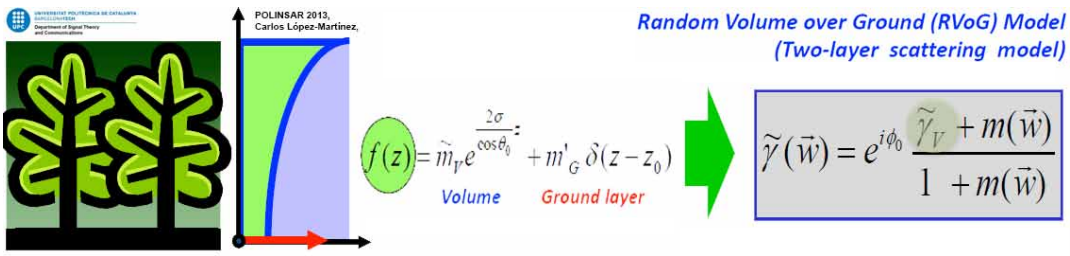
Основен кохерентен модел на разсейване – RvoG

Въвежда се опростен електронмагнитен модел за обратно разсейване на микровълновия сигнал от горската растителност и подложната повърхност – Random Volume over Ground model (RVoG) [Cloude et Papathanassiou, 1998].

След интегриране на структурната функция – *f(z)* описваща поведението на разсейващите центрове в произволния обем с височина - h_v, се получава следния израз за интерферометричната кохерентност, в зависимост от състоянието на поляризация на сигнала:

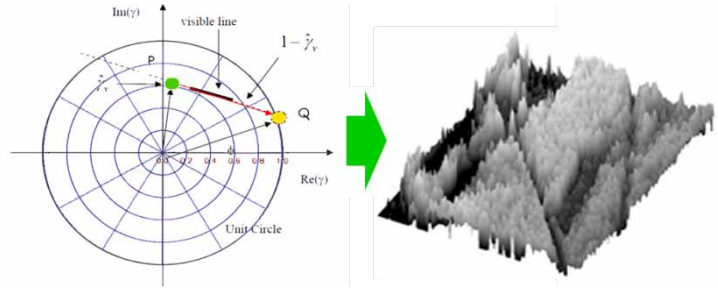
(2) $$\tilde{\gamma}(\vec{w}) = e^{i\varphi_0} \frac{\tilde{\gamma}_V + m(\vec{w})}{1 + m(\vec{w})}$$

където: $\tilde{\gamma}_V$ – обемната кохерентност (обемната декорелация в обема при отсъствие на земна повърхност), която пряко зависи от вертикалното вълново число - k_z и отношението – ground-to-volume amplitude ratio - $m(\vec{w})$ и средната екстинция в обема – σ, както е показано на фиг.2.



Фиг. 2. Основен кохерентен двуслоен (линеен) POLinSAR модел – RVoG

Моделът е дефиниран при: 1-условие за *поляриметрична стационарност–PS*, спрямо кохерентната матрица (*T*), където: T_{11}=T_{22}; 2-условие за *поляриметрично-интерферометрична стационарност-IPS*, спрямо POLinSAR матрицата (*Ω*), където: $\tilde{\Omega}_{12}^H \tilde{\Omega}_{12} = \tilde{\Omega}_{12} \tilde{\Omega}_{12}^H$; 3-условие за кохерентна линейност-CL, при което графиката - $\tilde{\gamma}(\vec{w})$ в комплексната равнина (CUC) представлява права линия [Carlos Lopez-Martinez, 2013]. Тези три условия, формират *хипотеза на модела RVoG*, като представят дефинирането на модела при идеализирани условия с липса на атмосферни влияния, за моно-статични системи. Разсейването в обема е анизотропно с три възможни механизма на разсейване. В близост до земята преобладава предимно отражение – DB между ствола и земята, както и приземната растителност. Решението на задачата и получаване стойностите на изходните параметри от модела се извършва чрез „*тристепенна инверсия на модел*“ [Cloude et Papathanassiou, 2003], посредством: 1-линейна регресия в зависимост от $\tilde{\gamma}_V$; 2-определяне на земната фаза – φ_0; 3-определяне височината – h_v, показан на фиг. 3.



Фиг. 3. Ляво: единичния кръг в комплексната равнина (CUC) представящ решенията на - $\tilde{\gamma}$ $(\vec{w})$ в зависимост от състоянието на поляризация, нужен при тристепенната инверсия на модел; дясно: 3D-представяне на горския обем, след изчисляване височината на дървостоя – $\boldsymbol{h_v}$

След дефинирането на основния кохерентен модел на разсейване от произволен горски обем, други автори са работили в посока подобрение на този модел. Разработени са модели при които се отчитат атмосферните влияния при наличие на влага и вятър: Random motion over ground model (RMoG) - Lavelle, et al., 2012, 2015, Debnia et Simrad, 20016, temporal decorrelation RVoG (TD-RVoG) **-** L.Zhen, et al., 2014, Askne et.al, 2005, Thiel et Schmullius, 2013; отчитане влиянието на релефа: Sloped RVoG (S-RVoG) - X. Qinghua, et al. 2015 ; геометричен модел: специално за микровълнов канал – P, Cylinder over ground model (CYoG) - Blomberg, et al., 2014, във връзка с бъдещата мисия на ESA – BIOMASS; модифициран модел, на основата на основния-RVoG, но при формулировка на ориентиран обем, каквито са земеделските култури – Oriented volume over ground model (OVoG) - Pottier, et al., 2007.

Условие за решимост

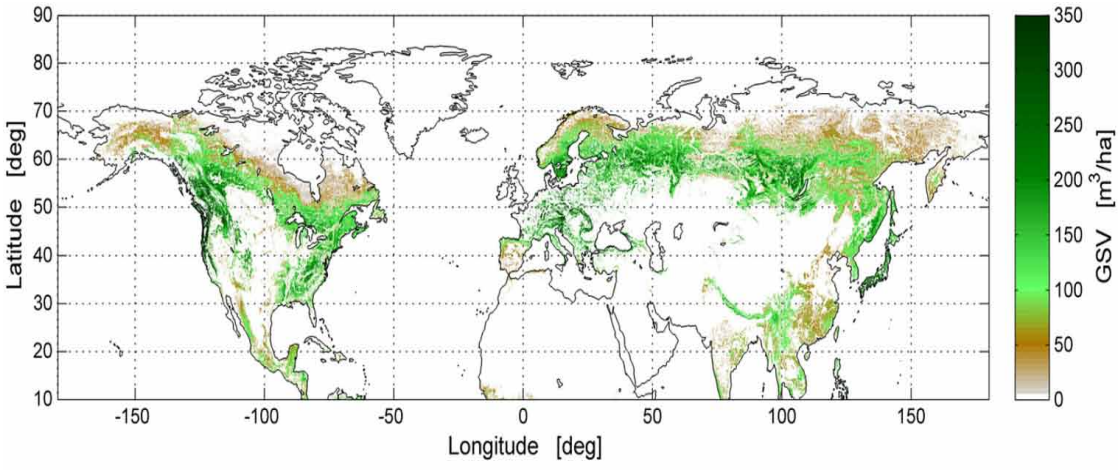
Изследването валидността на RVoG – хипотезата, показва висока приложимост в гъсти тропически (лонгозни) гори при използване на малки стойности на интерферометричната база - $B_{\perp}$ [Carlos López-Martínez, 2013]. В този случай за предпочитане е микровълнов канал – P пред – L, поради по-високата степен на проникване в произволен обем с висока плътност и съответно удовлетворяване постановката на двуслойния кохерентен модел. Методи базирани на мулти-честотни подходи, примерно съвместявайки данни от микровълнови канали – X и P, позволяват по-голяма точност и приложимост в зависимост от гъстотата на горската растителност. Не на последно място, важно условие е използване на поляриметрични системи с отчитане на всички състояния на поляризация (ful-pol).

Изчисляване запаса дървесна маса (growing stock volume)

Определянето на запаса на дървесната маса – GSW се дефинира, като интегралния обем от дървесни стволове на хектар – *m^3/ha* [FAO, 2004] и може да се превърне във величина на общата биомаса, посредством емпиричен коефициент за определения тип горски екосистеми, с размерност на – *t/ha*. Доказано е, че височината на дървостоя добре *корелира* с GSV без това да зависи съществено от видовото разнообразие, като за гори от северен тип това се дава от следната формулировка в у-ние 3:

(3) $$GSV^{boreal} = 20.9\, e^{0.11/h_v}$$

Средната грешка на изчислената GSV с този метод е в зависимост от гъстотата и наблюдаваното „насищане“ в райони с голяма плътност на дървесната растителност. В следствие на инструменталните грешки и времевата декорелация от 35 дни, е от порядъка на 30% [Maurizio Santoro et al., 2015]. Карта на GSV е представена на фиг.4.



Фиг. 4. Карта на запаса дървесина – GSV представителна за 2010 година, получена чрез алгоритъм – BIOSAR, посредством комбиниране изчисленията за GSV от *хипер-времева* редица от ENVISAT – ASAR, C-band, на основата на коефициента на обратно разсейване; максималната стойност на GSV по тази методика е 1019 m3/ha, като районите без горски екосистеми са маскирани.

Изчисляване общата биомаса (above ground biomass)

Съществуват няколко подхода за определяне общата биомаса – AGB. За изчисляването ѝ се прилагат *алометрични* уравнения с емпирични коефициенти, дефинирани за видовете горски екосистеми, където за европейските гори от умерен тип (temperate forests) е изведена следната зависимост, основаваща се на видово разнообразие от – смърч, дъб, бор и бук [Mette, 2007], у-ние 4:

(4) $$B = 0.801 \,.\, H_{100}^{1.748}$$

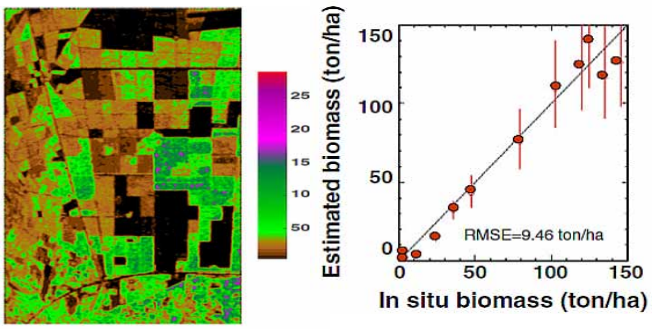
където, *B* – общата биомаса с размерност – *t/ha; H_{100}* – определя средната височина на дървостоя за 100-дървета с най-голям диаметър от съвкупността, на площ от един хектар.

Използването на **методика чрез директно обратно разсейване** за определяне на общата биомаса е по-скоро корелационен без да се изчислява височината на дървостоя, както следва от у-ние 5:

(5) $$\gamma_{HV}^{0} = {}^{\sigma_{HV}^{0}}/_{\cos\theta}$$

където, γ_{HV}^{0} (gamma nought) е коефициента на обратно разсейване нормиран на локалния ъгъл на падане - θ в поляриметричен канал – HV.

Този метод е приложим за горски територии с обща биомасата под 150 t/ha Грешката в изчисленията е повече от 20%, или за горски екосистеми с по-ниска обща биомаса, може да бъде минимална до към 10 t/ha [Hajnsek et al., 2009], [Sandberg et al.,2011], като се има в предвид, че при този метод няма разграничаване на видовете механизми на обратно разсейване. Резултат от изчисление с този метод е представен на фиг.5.



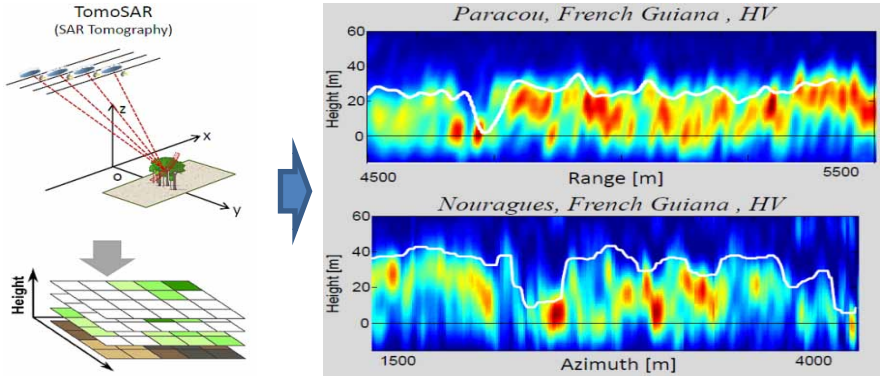
Фиг. 5. Определяне общата биомаса по метод на директно разсейване и добра корелация при горски територии със стойности на AGB, под 150 t/ha.

С увеличаване на общата биомаса чувствителността на коефициента на обратно разсейване - γ_{HV}^{0} намалява при горски екосистеми с обща биомаса между 200 и 450 t/ha [Malhi et al., 2006]. Следователно, за горски екосистеми от тропически тип (лонгозни гори) и северен-бореален тип с висока гъстота е по-подходящо **използване методика базирана на POLinSAR,** с инверсия на модел, при който се отчита и приноса на обратното разсейване при земята [Dubois-Fernandez et al., 2008], [Hajnsek et al., 2009].

Радарната томография – TomoSAR, е най-точния метод за определяне състоянието и параметрите на горските екосистеми. Той представлява мулти-базов POLinSAR подход посредством редица от данни с малък период на заснемане, следователно малка времева декорелация. Всички измервания представляват векторна сума от всяко интерферометрично заснемане, получавайки информацията за вертикалното разпределение на разсейващите центрове, което се дава от у-ние 6:

(6) $$W = \sum_{k=1}^{N} \lambda_k C_k \otimes R_k \approx C_g \otimes R_g + C_v \otimes R_v$$

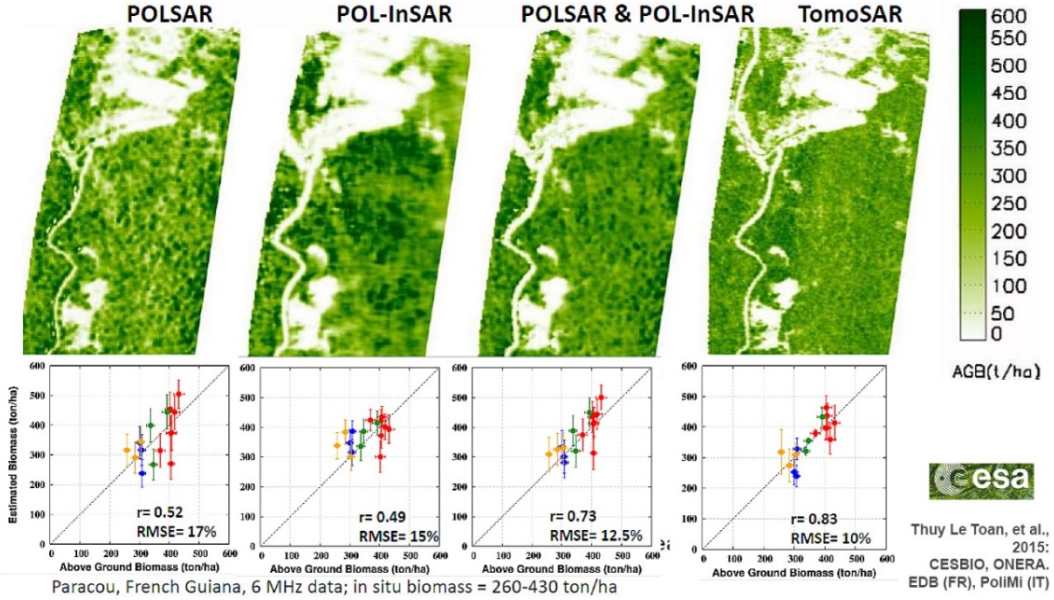
Точността в измерването пряко зависи от използвания микровълнов канал, като се получават вертикални разрези на растителността – томограми. В последствие се получава реален 3D-образ на горската растителност [S. Tebaldini, et al., 2015], показан на фиг. 6.



Фиг. 6. Ляво: Принцип на радарната томография – TomoSAR; дясно: Томограми, представящи вертикален разрез на горския обем, в поляриметричен канал – HV, в посока Range & Azimuth. Бялата линия е референтната височина, получена посредством – LIDAR.

Съществуват предизвикателства пред този подход, като изискване за редица от данни с малка интерферометрична декорелация, изискване за радиолокационни заснемания в по-големи дължини на вълните, примерно спектрален канал – P.

Обединяване на методики основани на радарни поляриметрия и интерферометрия е успешен подход в изследване на горските екосистеми [Thuy Le Toan et al, 2015]. Сравнение на методи базирани на POL-SAR, POLinSAR, е представено на фиг. 8.



Фиг. 8. Определяне общата биомаса (AGB) и постигната точност, посредством методики основани на – POL-SAR, POLinSAR и TomoSAR, в микровълнов канал - P; по време на сух сезон (без наличие на влага) в горски екосистеми от тропически тип с обща биомаса между – 260 и 430 t/ha. Най-добра точност е постигната, посредством радарна томография - TomoSAR.

Въпреки това, в определяне на общата биомаса, най-голяма точност се постига при използване на радарната томография. В предстоящата мисия подготвяна от ESA – BIOMASS, с цел картиране на общата биомаса, с работна честота в микровълнов канал – P, ще бъде възможно с ПРС от 50 m да бъде предоставяна регулярна информация за AGB в световен мащаб [T. Le Toan, et al., 2011].

Заключение

Радарните поляриметрия и интерферометрия (POLinSAR) са успешно приложими в изследване на горски екосистеми и проследяване тяхното състояние. Комбинирането на няколко подхода при POLinSAR, като мулти-базов и мулти-честотен е необходимо при изследване на горски екосистеми от умерен, или тропически тип (лонгозни гори) при които видовия състав, гъстотата и възрастта на дървесните култури е различна. Дълговълновия

микровълнов диапазон, като канали – P и L удовлетворява хипотезата за приложимост на линейния POLinSAR модел – RVoG при изследване на горски екосистеми. От друга страна, използване на сп. канал – X (или C) поради по-високата им екстинция в короната на дървесните видове дават по-добри резултати при изследване на горски територии с много ниска гъстота и височина на дървостоя. Съответно, при определяне на общата биомаса, чувствителността на метода с директно обратно разсейване е добра основно в горски екосистеми със стойности на AGB под 150 t/ha. Определянето на запаса дървесина изисква голяма редица от данни в микровълнов канал - C, което е възможно да се постигне с данните от Sentinel-1. В определянето на GSV, използване на методика базирана на POLinSAR – кохерентността, дава възможност да се преодолее проблемът с „насищането“ наблюдаван в горски територии с голяма плътност.

В изследването на горските екосистеми най-голяма точност в определянето на общата биомаса е методика базирана на радарната томография – TomoSAR. При поставената задача, съвместяването на POL-SAR и POLinSAR е успешен подход в определяне параметрите и състоянието на горските територии.

Литература:

1. Мардиросян, Г. “Основи на Основи на дистанционните аерокосмически технологии”, НБУ, София, 2015, 240 с. ISBN 978-954-535-882-1
2. Fernandez-Ordonez, Y., J. Soria-Ruiz, B. Leblon. “Forest inventory using optical and radar remote sensing”, Intech, ISBN 978-953-761-982-4
3. Neumann, M., D. Sandrine, L. Ferro-Famil, S. Allain, A. Righber, E. Pottier. “Ground - Agriculture separation by means of polinsar”, European Space Agency, (Special Publication), SP-644, 2007, ISSN 03796566
4. Hellmann, M., S. R. Cloude. “Polarimetric Interferometry and Differential Interferometry”, RTO SET Lecture Series on “Radar Polarimetry and Interferometry”, NATO, RTO-EN-SET-081, 2005, p.21-22
5. Papathanassiou, K., S. R. Cloude. “Polarimetric SAR Interferometry”, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol.36/5, 1998, p.1551-1565
6. Reigber, A., A. Moreira, ““First Demonstration of Airborne SAR Tomography Using Multi-Baseline L-Band Data”, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol.38/5, 2000, p.2142-2152
7. López-Martínez, C., F. Xavier, L. Pipia. “Forest parameter estimation in the Pol-InSAR context employing the multiplicative-additive speckle noise model“,ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, vol.66/5, 2011, p.597-607
8. Cloude, S., K. Papathanassiou, “Three-stage inversion process for polarimetric SAR interferometry”, IEE Proceedings Radar, Sonar and Navigation, vol.150/3, 2003, p.125–134
9. Lavalle, M., M. Simard, S. Hensley. “A temporal decorrelation model for polarimetric radar interferometers”, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol.7, 2012, p.2880-2888
10. Denbina, M., M. Simard, “The effects of temporal decorrelation and topographic slope on forest height retrieval using airborne repeat-pass L-band polarimetric SAR interferometry”, Jet Propulsion Laboratory , California Institute of Technology , 2016, ISBN: 978-150-903-332-4, p.1745-1748
11. Li, Z., M. Guo, Z. Wang, Z.Z. Zhao, L. Fang. “Forest-height inversion using repeat-pass spaceborne polInSAR data”, Science China Earth Sciences, vol.57/6, p.1314-1324
12. Askne, J., M. Santoro,. “Multitemporal repeat pass SAR interferometry of boreal forests”, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol.43, 2005, 1219−1228.
13. Thiel, C., C. Schmullius, “Investigating the impact of freezing on the ALOS PALSAR InSAR phase over Siberian forests”, Remote Sensing Letters, vol.4/9, 2013, p.900-909
14. Xie, Q., C. Wang, J. Zhu, H. Fu, C. Wang. “Improvement of forest height retrieval by integration of dualbaseline PolInSAR data and external DEM data”, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives, vol. 40/7W4, p.185-189
15. Blomberg, E., M. Soja, L. Ulander, "P-band Polarimetric Model of Vertical Tree Stems on Sloping Ground", IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2014
16. Krankina, O. N., M. Harmon., W. Cohen, D. Oetter, O. Zyrina, M. Duane, V. “Carbon stores, sinks, and sources in forest of northwestern Russia, can we reconcile forest inventories with remote sensing results”, FAO, Climatic Change, vol.67, 2004, p.257–272
17. Santoro, M., A. Beaudoin, C. Beer, O. Cactus, J. E.S. Fransson, R.J. Hall, C. Pathe, C. Schmullius, D. Schepaschenko, A. Shvidenko, M. Thurner, U. Wegmüller. “Forest growing stock volume of the northern hemisphere: Spatially explicit estimates for 2010 derived from Envisat ASAR”, Remote Sensing of Environment, vol.168, 2015, p.316-334
18. Mette, T. “Forest biomass estimation from polarimetric SAR interferometry”, PhD thesis, Technischen Universitat Munchen; 2007
19. Le Toan, T., S. Quegan, M.W.J. Davidson, H. Balzter, P. Paillou, K. Papathanassiou, S. Plummer, F. Rocca, S. Saatchi, H. Shugart , L. Ulander. “The BIOMASS mission: Mapping global forest biomass to better understand the terrestrial carbon cycle”, Remote Sensing of Environment, vol.115/11, 2011, p. 2850-2860
20. Hajnsek, I., Kugler, F., Lee, S. -K., &Papathanassiou, K. P. (2009, February). Tropical forest parameter estimation by means of Pol-InSAR: The INDREX-II Campaign. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 47(2)

21. Sandberg, G., L. Ulander, J. Fransson, J. Holmgren, T. Le Toan. “L-band versus P-band SAR for biomass retrieval in semi-boreal forest”, Remote Sensing of Environment, 2011
22. Dubois-Fernandez, P., I. Champion, D. Guyon, H. Cantalloube, F. Garestier, X. Dupuis. ”Forest biomass estimation from P-band high incidence angle data”, ESA PolInSAR workshop, 2015
23. Tebaldini, S., F. Rocca, “Multibaseline Polarimetric SAR Tomography of a Boreal Forest at P- and L- Bands”, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol 50/1, 2012, p. 2352-2363
24. Caicoya, A.T., F. Kugler, M. Pardini, I. Hajnsek, K. Papathanassiou. ”Forest Biomass Estimation from SAR Vertical Reflectivity Profiles”, DLR, ESA PolInSAR workshop, 2015
25. Cloude, S. R., “Polarization coherence tomography”, Radio Science, vol.41/4,2006
26. Minh, D. T. H, S. Tebaldini, F. Rocca, T. Le Toan, L. Villard, P. Dubois-Fernandez, "Capabilities of BIOMASS Tomography for Investigating Tropical Forests," Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on , vol.53/2, 2015, p.965-975

Session 4

Ecology and Risk Management

Chairman: Prof. Garo Mardirossian
Secretary: Tsveta Srebrova, MS

THE "PARADOX" EARTHQUAKES – POSSIBLE EXPLANATIONS

Boyko Ranguelov[1], Edelvays Spassov[2]

[1]Mining and Geology University – Sofia
e-mail: branguelov@gmail.com
[2]Kinemetrics, CA, USA
e-mail: ens@kmi.com

Keywords: *"Paradox" earthquakes, possible scientific explanations*

Abstract: *We present the definitions of "paradox" earthquakes and seismic sources. We further investigate some recent scientific explanations of the strange seismic events and sources. The time interval considered covers from ancient to recent seismic events around the globe.*

ПАРАДОКСАЛНИТЕ ЗЕМЕТРЕСЕНИЯ – ВЪЗМОЖНИ ОБЯСНЕНИЯ

Бойко Рангелов[1], Еделвайс Спасов[2]

[1]Минно-геоложки университет – София
e-mail: branguelov@gmail.com
[2]Кинеметрикс СА, САЩ
e-mail: ens@kmil.com

Ключови думи: *парадоксални земетресения, възможни научни обяснения*

Резюме: *Дадена е дефиниция на „парадоксални" земетресения и парадоксални сеизмични огнища. Потърсени са научни обяснения за „странностите" на тези земетресения и сеизмични източници. Разгледани са редица световни, необичайни сеизмични явления от древността до днес.*

Introduction

There are many "paradox" earthquakes and seismic sources located on the Earth. To be clearer what we mean by "paradox", we classified them by the following DEFINITION:
Earthquakes with the following characteristics:

- Their observed effects can not be clearly modeled by recent seismological knowledge and practice

or

- Show peculiarities, which are not common for the dominant number of earthquakes

or

- Are located in not easily explainable locations

or

- Generate most extreme and some time curios effects, demonstrated and/or observed for the first time.

DEFINITION of "paradox seismic sources".
Sources which:

- Generate "paradox" earthquakes
- Have unusual peculiarities which are not common for the global seismic sources

Or in more general – strange earthquakes and seismic sources are those with unusual location, strange properties, which demonstrate effects observed for the first time and have curios characteristics.

The goal of this paper is to give a lot of examples of strange earthquakes and seismic sources in the Earth's interior and to try to offer possible scientific explanations of their uniqueness.

Historical events and descriptions

Lisbon, (Portugal) 1755. (M>8.0 occurred 1st November 1755, more then 30 000 victims from the quake and the following tsunami).

Unique peculiarities:
- unusual location
- unknown source
- huge tsunami generated (10-12 m)
- no model fits the observations

Illustrations:



Fig. 1. Lisbon earthquake 1755 – historical pictures

Possible explanations – not all details of the epicenter's location and the tsunami generation have yet been discovered. There are suggestions about underwater slides (turbidities) generated by the strong earthquake.

Mississippi (New Madrid) great earthquakes, US 1811-1812.

A sequence of extremely strong (M7.8-8.6) earthquakes changing the land elevation more then 20 meters in some places – fig.2. Tsunami generated in the Mississippi river. New Madrid and St.Louis were strongly affected. (Historic Earthquakes, 2011)

Unique peculiarities:
- unusual location
- tsunami generation in the river
- huge land elevation's
- no tectonic explanation

Illustrations:

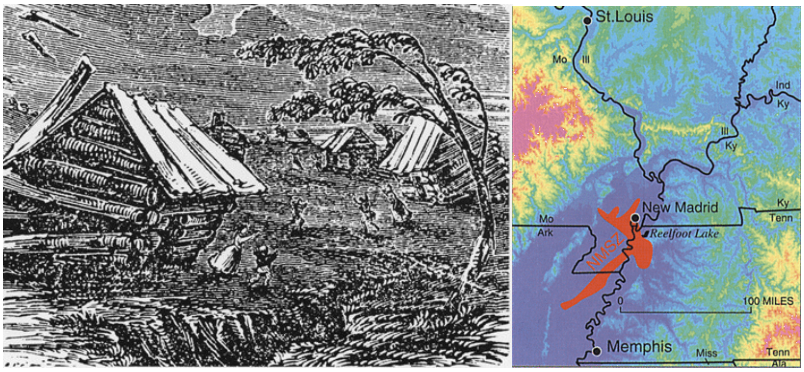


Fig. 2. Drawing of the Mississippi earthquake and land elevation on the Earth's surface (red spot)

Possible explanations – there are 2 hypotheses about the tectonic position of these huge seismic events:

- activation of very old seismic active faults (less probable)
- mantle flow under the New Madrid area (more probable)

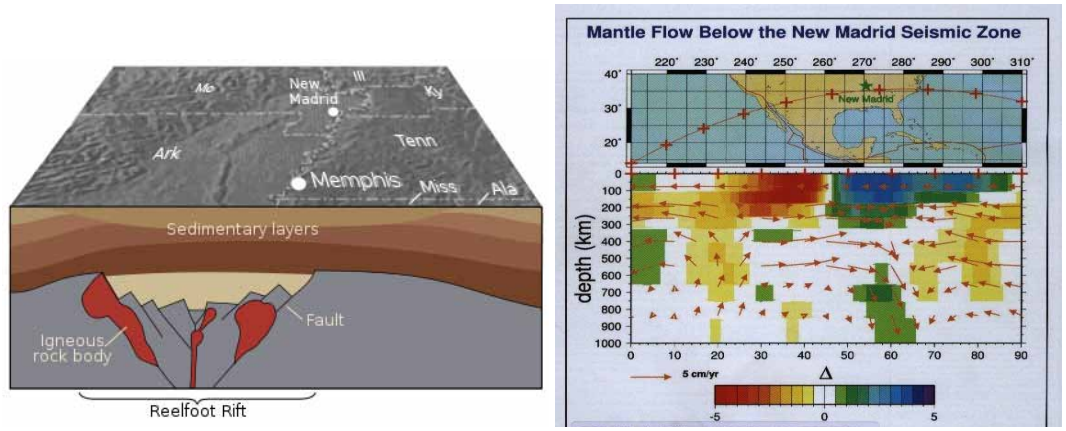


Fig. 3. New Madrid seismic zone and possible models: a) ancient faults; b) mantle flows (GRL, 2007)

Assam (India) 1897 - M8.3 **o**n June 12.

Unique peculiarities:

- maximum observed macroseisnmic intensity – up to XII (land elevation changes up to 200 meters)
- fault slip about 18 m
- relatively low mortality rate

Illustrations:

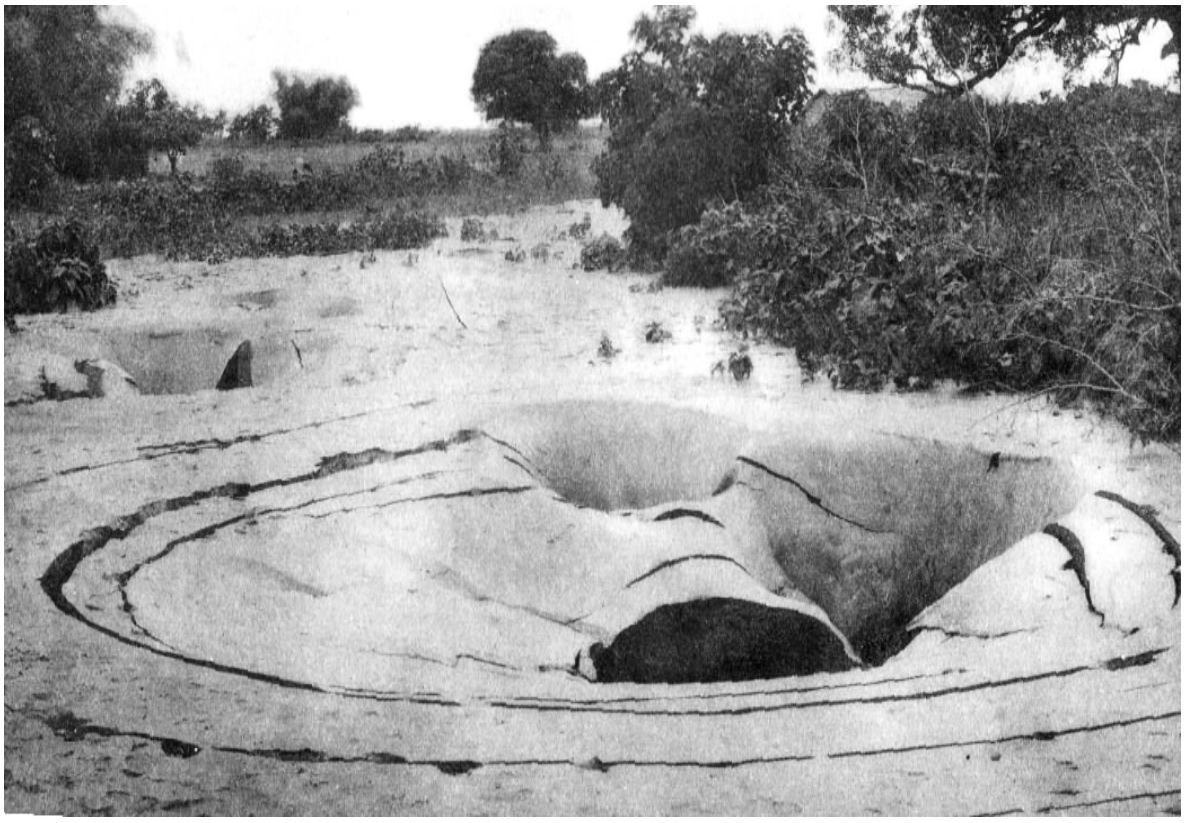


Fig. 4. Surface effects of Assam earthquake

Possible explanations about the high paleoseismal intensity and land elevation/subsidence changes – soft soil conditions and activated landslides

More recent paradox seismic events

Messina, (Italy) 1908 December 28, M7.5

Unique peculiarities:

- devastating tsunami generated
- very high mortality rate (about 25-30 000 deaths – the most deadly modern European earthquake with tsunami)
- high intensity concentration of macroseismals observed at the epicenter area

Illustrations:



Fig. 5. Messina earthquake 1908 - macroseismic map and picture of destructions

Possible explanation:
No seismotectonic model fits the observations. New and detailed investigations are necessary.

Lituya Bay (Alaska), 1958 9th of July, 1958 M7.9

Unique peculiarities:

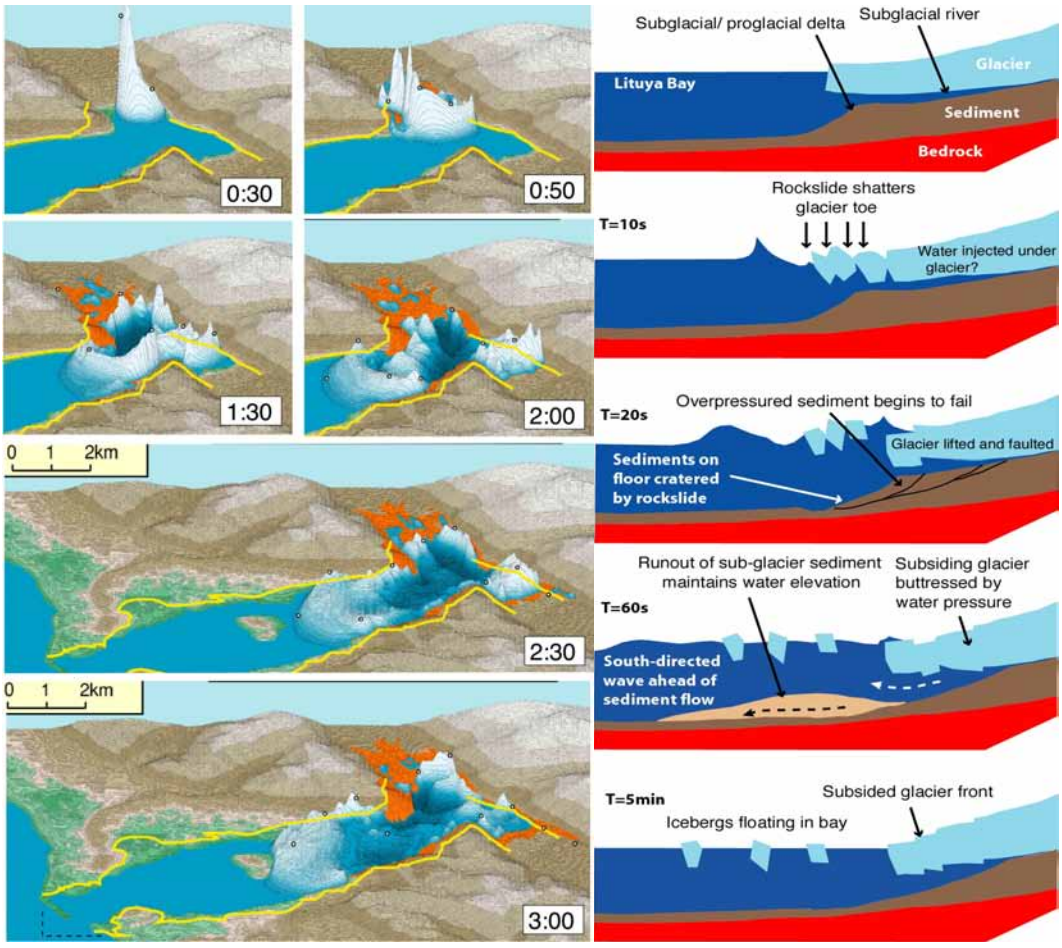
- the highest tsunami observed ever in the globe history – 525 meters
- difficulties for tsunami generation by such an earthquake
- splashed water by the landslide
- difficulties to explain so huge tsunami generation of relatively not extremely strong earthquake
- deficit of sediments by landslide to produce so huge tsunami

Illustrations:



Fig. 6. Lituya bay – aerial view – the cleaned hill slope by the tsunami is visible at the back side.

Possible explanation:
Considering the glacier sliding block together with the landslide – done by Ward S. & Day S. 2010.



a) b)

Fig. 7. Two models – a) on the left and b) on the right - modeling the generation of the highest tsunami wave in the global history (525 m.) – according (Ward S. & Day S. 2010)

Chile (1960, 22nd May M9.4-9.6**) and Alaska (1964,** 27th March M9.3**) earthquakes**

Unique peculiarities:

- the strongest ever recorded events

Possible explanations:
Generated in the areas of active subduction

Sakhalin (Neftegorsk) earthquake, 1995 M7.0

- shallow under the city of Neftgorsk seismic event
- unexpected place, not considered by the seismic zoning maps of Russia
- not special rescue works done
- The total collapse of the city.
- No rescue and recovery works considered effective.

Illustrations:

Possible explanation:
More critical review is needed.



Fig. 8. Heavy damages by the Neftegorsk earthquake

Sumatra, 2004. 26th December M9.1

Unique peculiarities:

- the unexpected, most powerful seismic event in the Indian ocean
- the hugest tsunami generated – more then 30 meters observed in some places
- the very long underwater rupture observed (more than 1200 km.
- extremely high mortality rate – 3 continents, 8 countries and more then 1 200 inhabitants affected
- more then 300 000 deaths reported – the deadliest disaster in the recent human history

Illustrations:

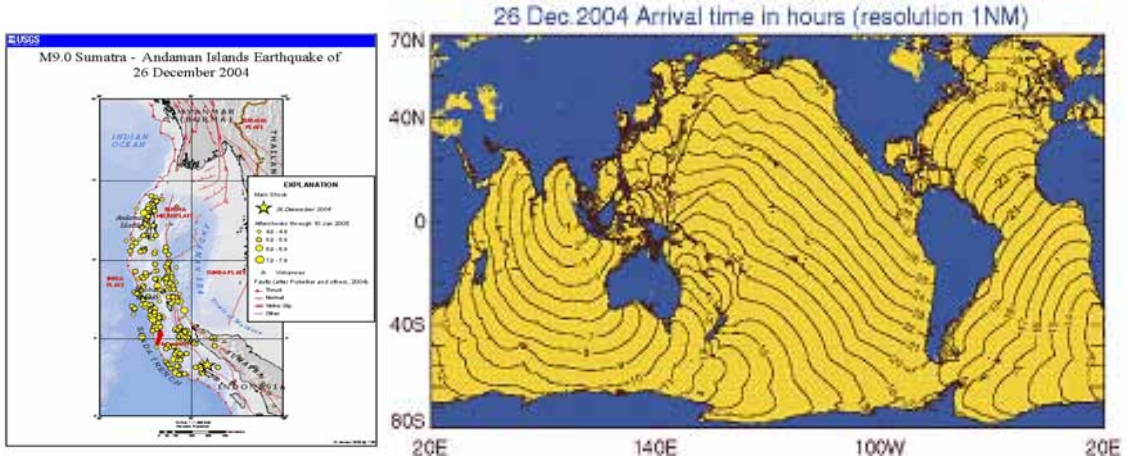


Fig. 9. The Sumatra 2004 earthquake source zone (left) and the tsunami travel times (right) all over the world

Possible explanations:

- subduction zone generation
- underwater slides reported
- first time huge GPS displacements reported

Indian Ocean strike-slip strong earthquakes, 2012 - 11th April M8.6 (8.38UTC) and M8.1 (10.43UTC)

Unique peculiarities:

- unexpected location

- short time interval between the main shocks
- strike-slip mechanisms
- specific space distribution of the aftershocks

Illustrations:

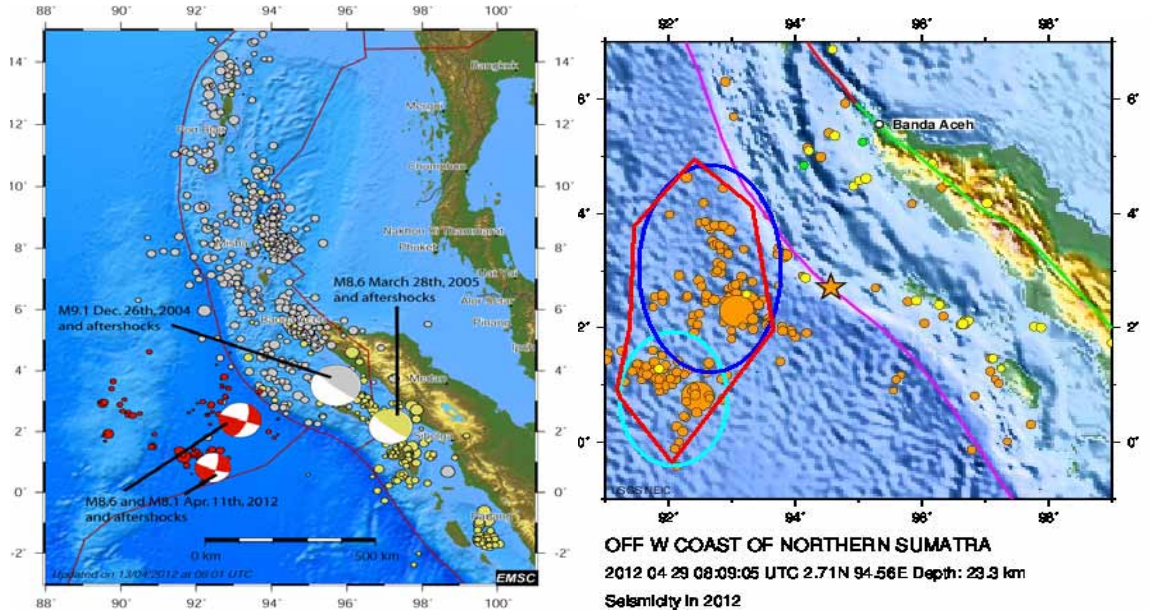


Fig. 10. The strike-slip earthquakes of 11th April, 2012 (red and white circles) and their aftershocks positions (blue and cyan ellipses). The unusual position (red polygon) suggests the new tectonic boundary formation.

Possible explanations:

- Formation of a new recent tectonic boundary, meaning new tectonic phase..
- Needs long time observations for confirmation.
- This hypothesis is presented for the fist time in the Earth's science history.

Chile, 2010, (M8.8) on 27th February 2010, M8.8

Unique peculiarities:

- for the fist time GPS displacements are observed over the whole continent (South part of the South America

Illustrations:

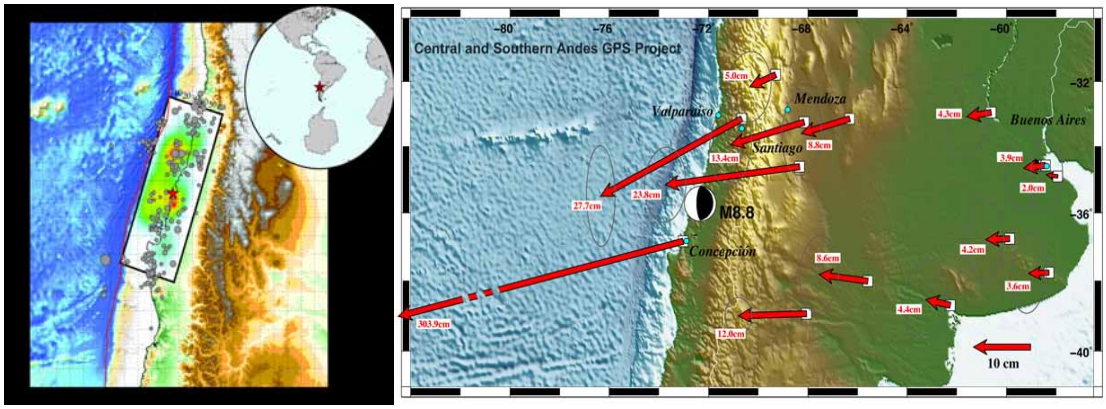


Fig. 11. The strong earthquake zourse zone (600x100x50 км.) and the displacements of the part of South America continent due to the Chile earthquake (27th Feb., 2010) and the GPS measured displacements (red arrows).

Possible explanations:

- GPS nonlinear displacements have been observed. This means that the rebound effect has been observed with a very large displacements over huge part of a continent
- If such events are registered now, there must be such effects observed in the past and the task of the contemporary geology is to discover these past effects.

Japan, 2011, 11th March, 2011, M9.0

Unique peculiarities:

- For first time the seismic zoning of Japan was shown to be wrong. In some places the observed seismic acceleration reached about 10 times higher value that is predicted by the seismic zoning map of Japan.
- For first time the seismic (SEWS) and tsunami (TEWS) early warning systems acted simultaneously, saving the lives of many, many people.
- For first time the world media disseminated information about tsunami inundation in real time
- For first time the movements (displacements) of big islands was documented in details by GPS measurements – fig. 12.
- For fist time the NPP catastrophe was triggered by earthquake and tsunami.
- For first time the tsunami heights reached about 22 meters in some places including the higher level overlapping the protective tsunami wall in front of Fukushima NPP
- For the first time the dense GPS network show the displacements of the whole country

Illustrations:

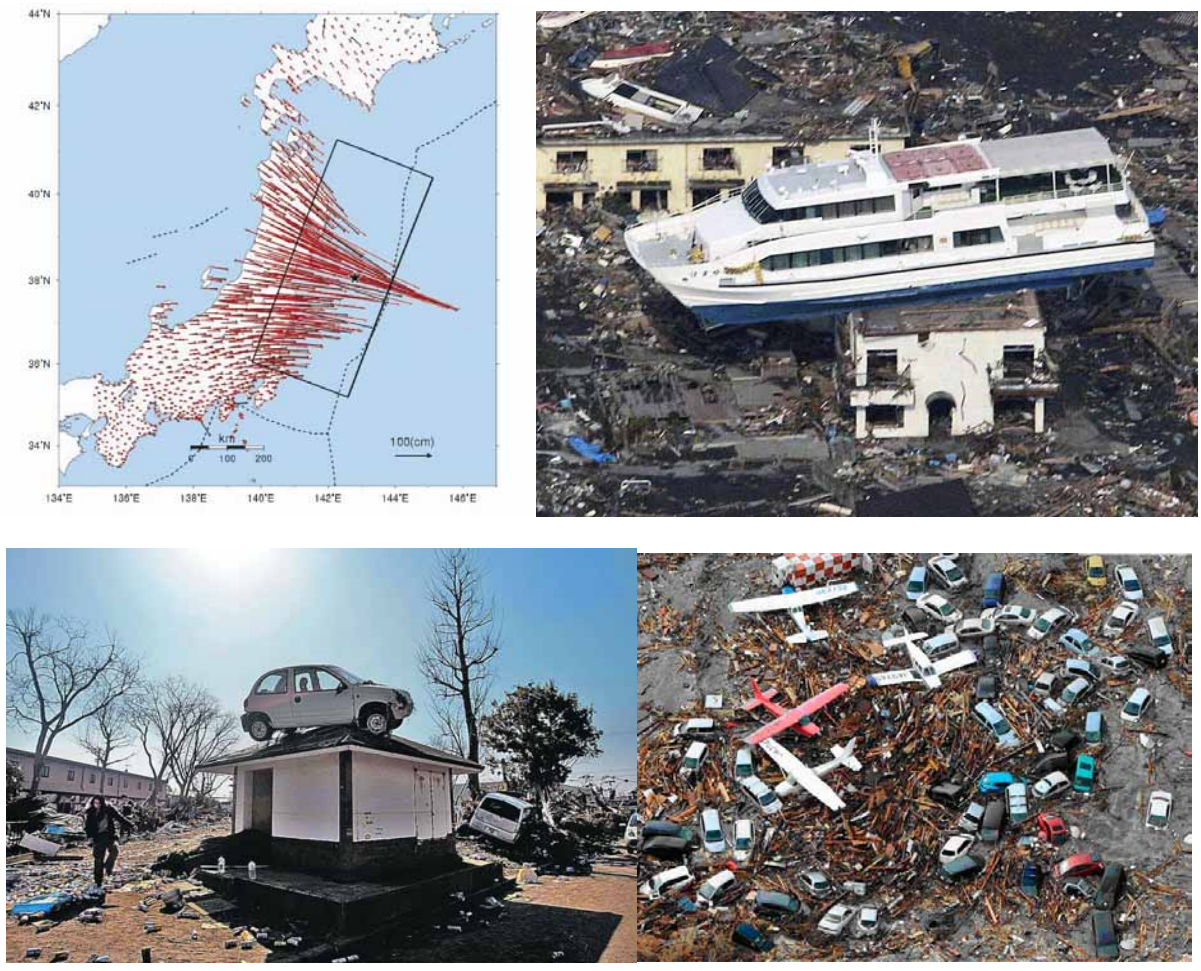


Fig. 12. Consequences by the Japan, 2011, M9 earthquake

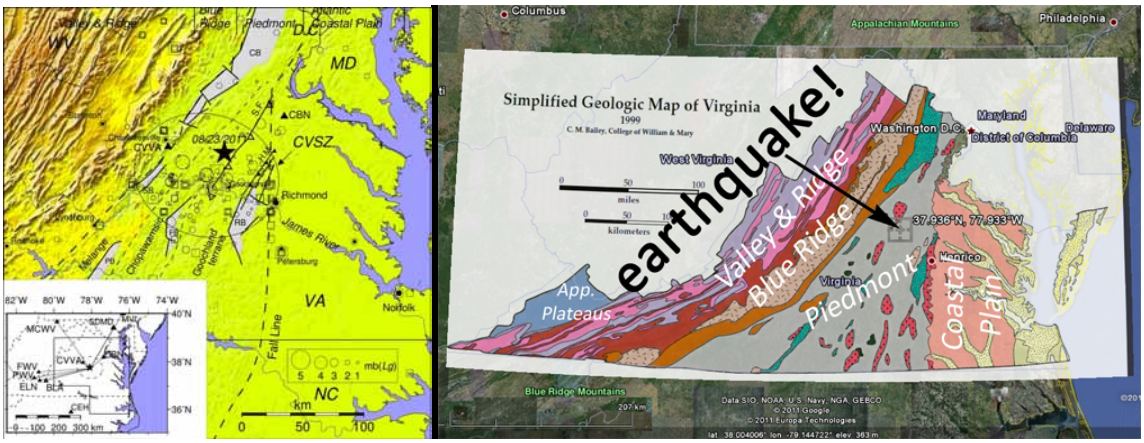
Possible explanations

- triple point junction of the three continental plates merging in that area.
- the scientists apologized to the people and specialists that they did not expect so huge event.

Virginia earthquake, US, 2011, 23rd August, M5.9

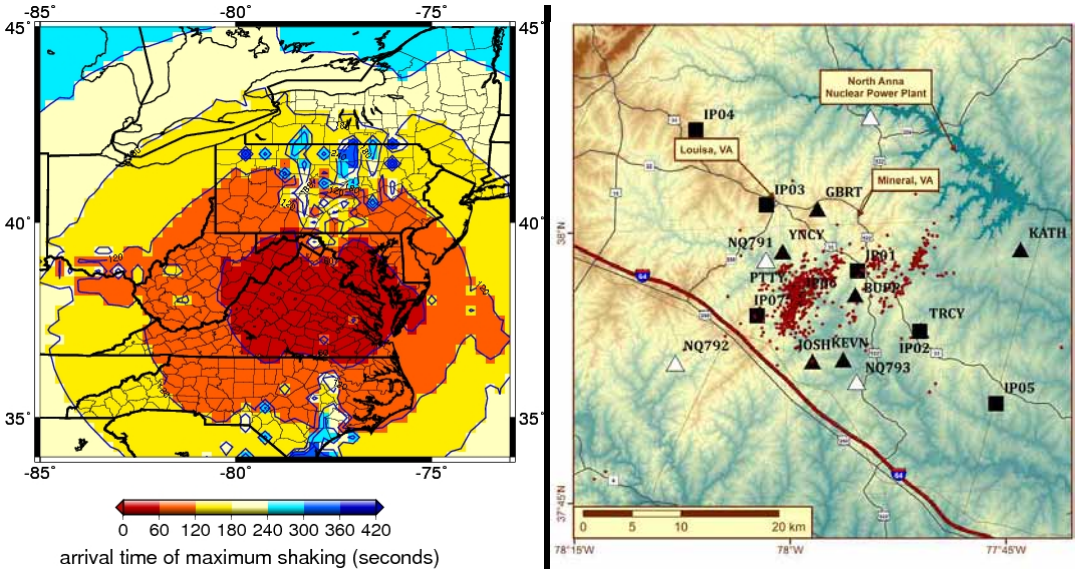
Unique peculiarities:

- The quake occurred in a fault system (fig.13 a) located in Proterozoic and Paleozoic rocks (fig. 13 b) – with age of more then 500 million years.
- The time distribution of the maximum shaking movements has strong peculiarities, related to the modification and delay in several seconds that the standard model predicts. The highest anomalies are located north and south of the epicenter – fig 14 a) and the aftershocks are positioned perpendicularly to the direction of the main fault system, which is unusual – fig.14 b).
- The fault movement generated by the quake was characterized as trust event. In such case, with the determined depth of the hypocenter, such magnitude has to create surface rupture. Such rupture was not detected.



a) b)

Fig. 13. The faults system of the M5.9 occurred – a) and the simplified geology map of the region – b)



a) b)

Fig. 14. The maximum shaking time distribution – a) and the aftershocks locations of the M5.9 Virginia earthquake – b)

Possible explanations:
There are 2 hypotheses about the Virginia earthquake|

- The first one is related to the heavy rain origin of the quake. According the seismologist Betim Muco's idea, the heavy rains put into the Earth's interior enough water to 5-6 km depth, which generated the sliding effect on the fault in 45^0 dipping. Another evidence of this hypothesis is

that the most distant landslide occurred due to the quake was detected at 250 km far from the epicenter. This is a world record for such size of events.

- The second hypothesis about the origin of the Virginia earthquake of 2011 is related to the idea of the detachment of some parts of the Earth's crust to higher depths in the mantle. Such effects are considered to occur at depths more than 50-60 km.
- In both hypotheses contradictory elements can be found.



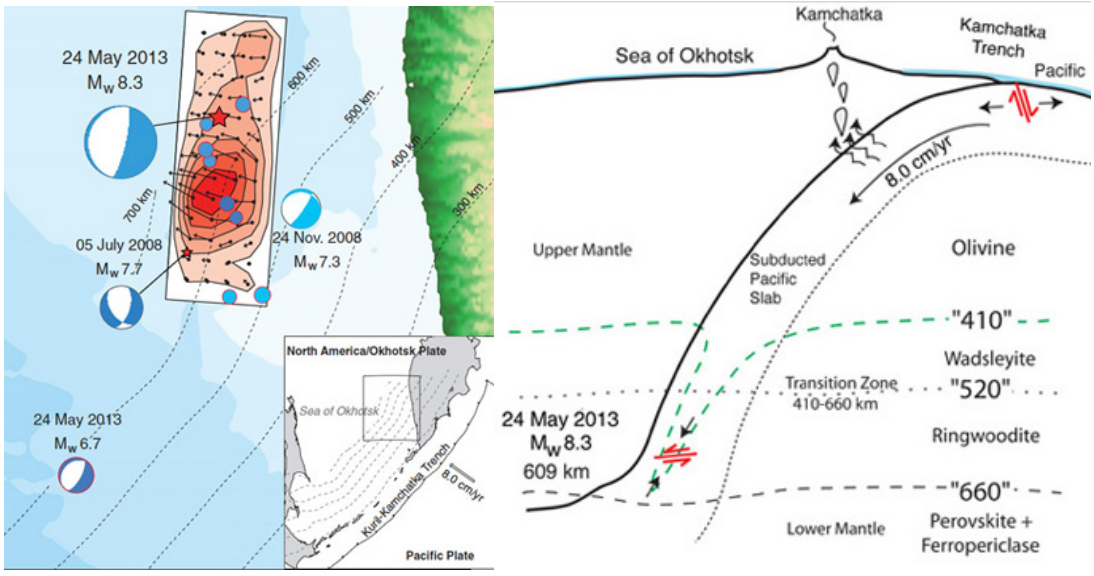
Fig. 15. Consequences of the M5.9 earthquake in Virginia

Sea of Okhotsk deepest and strongest earthquake, 2013, May 24, M8.3

Unique peculiarities:

- "It's a mystery how these earthquakes happen. How can rock slide against rock so fast, while squeezed by the pressure from 610 kilometers of overlying rock?" said prof. Thorne Lay, at the University of California. It is still unexplainable, how these deep earthquakes (more than 610 km) can happen."

Illustrations:



a) b)

Fig. 16. Sketch of the earthquakes mechanism - a); the deep profile of the subduction zone – b). (https://en.wikipedia.org/wiki/2013_Okhotsk_Sea_earthquake)

Possible explanation:
Some researchers explain with the destruction of the crust material at such depths. Others consider phase transitions of the elementary content of the deep Earth's interior

Nepal, 2015, 25th April, M7.8 and 12th May, M7.3

Unique peculiarities:

- both shocks occurred in the same geodynamic environment – the collision of the Indian subplate with the Asia main plate.
- the geodynamic environment is pure compression and this is proved by the mechanisms of the shocks
- the second shock (as the main aftershock) shows typical for the strike-slip events, macroseismic elongated field, which is very strange in the compression geodynamic regime

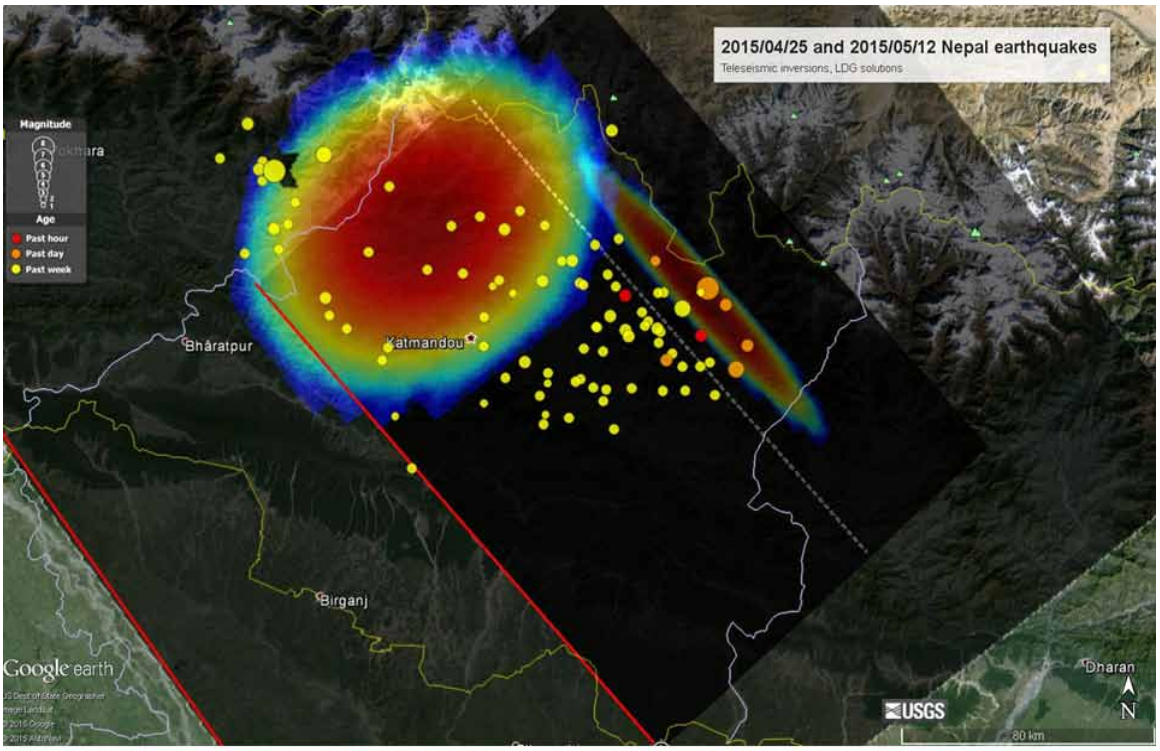


Fig. 17. Macroseismic fields of the strongest Nepal seismic events – 25th April (M7.8) and 12th May (M7.3), 2015. The comparison shows completely different seismic energy emission. The isometric one is for the first shock and elongated one – for the second event. This can explain easily the lower damages generated by the second shock. The all aftershocks location outline pretty well the seismic source area of the seismic activated region – in general elongated in NW-SE direction (http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/.)

Possible explanation:
It is rather unusual to have so different macroseismic fields of both shocks. The first one demonstrated typical trust type event, but the second one is exceptional.

Paradox seismic sources:

Vrancea seismic zone

Unique peculiarities:

- Very sharp seismogenic layer at depths of 90 to 160 km.
- Very frequent strong earthquakes
- Unusual generating mechanism of the intermediate earthquakes
- Very specific energy emission confirmed by the macroseismic field
- there is not unified model which can explain all mentioned peculiarities.

Illustrations:

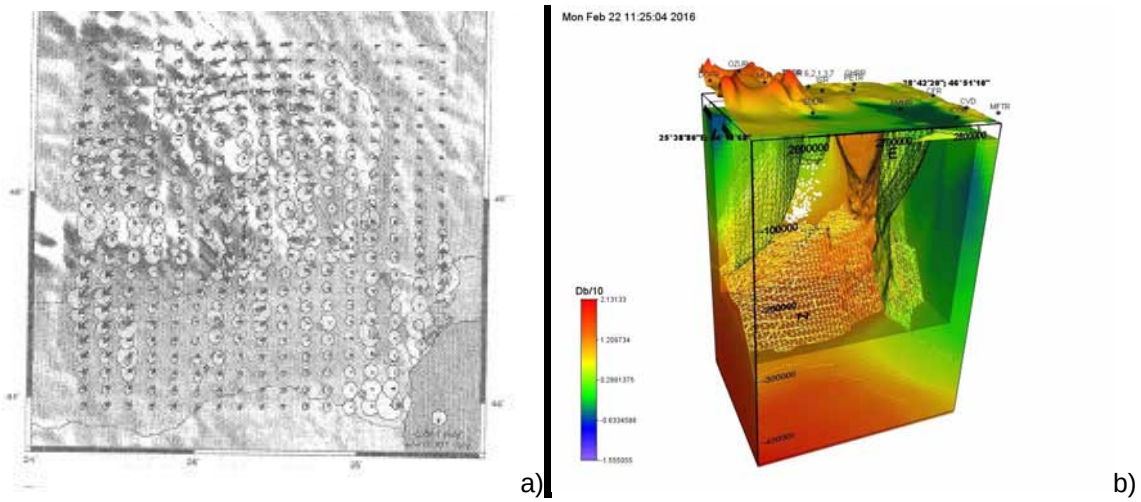


Fig. 18. Surface 2D projection of the GPS modeled the spiral structure of the Vrancea source – a) and 3D model of the velocity structure around the Vrancea earthquakes (white dots) – b). (Schmitt G., et al., 2007; Е. Ойнаков, Б. Рангелов., 2016).

Possible explanation:
Two main hypotheses (both have internal contradictions):

- this is a slab component remaining of an ancient subduction zone
- this is a part of the Earth's crust entering the interior of the globe not very far in the past geological times in a way of the turbulence theory application

Hindu Kush seismic zone

Unique peculiarities:

- relatively small area of concentration of large earthquakes
- Very frequent strong earthquakes
- far from any big continental collision and fault structures.
- Unusual generating mechanism of the earthquakes and the seismogenic layer is like pyramid turned down with its top
- The seismic source produces very strong earthquakes on the whole range of depths – starting from earth's surface, down to 300 km
- there is not unified model which can explain all mentioned peculiarities.

Illustrations

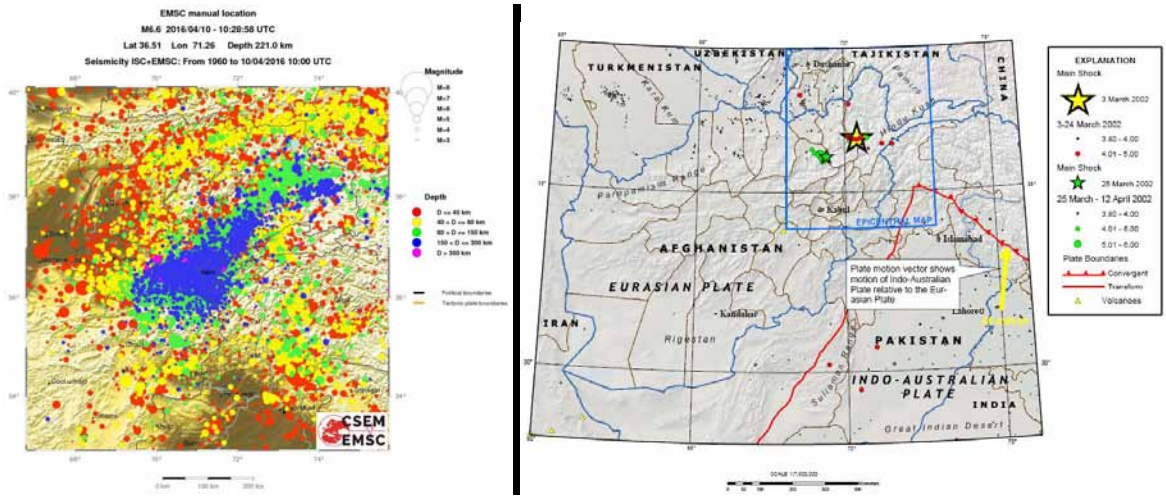


Fig. 19. The Hindukush seismic source – location and seismic events depths distribution (web: CSEM-EMSC)

Possible explanation:
Looks like triple junction of subduction areas, but without any other similarities.

Gibraltar seismic zone

Unique peculiarities:

- shallow and very deep earthquakes in a narrow zone

Illustrations:

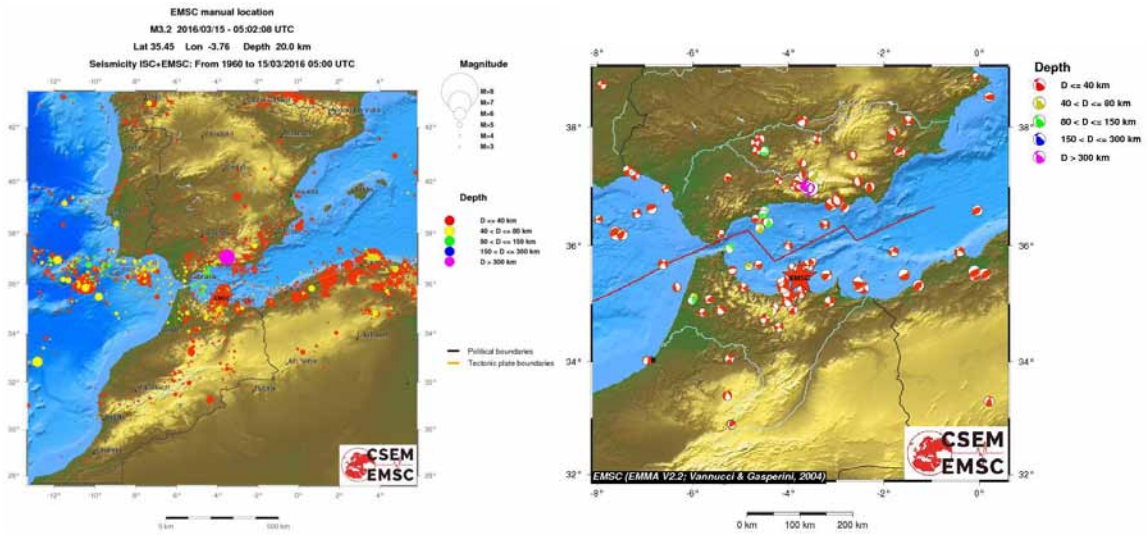


Fig. 20. "Gibraltar source" – deepest seismic events in Europe occurred at depths even more then 600 km (CSEM-EMSC).

Possible explanation:
Probably remains of an ancient subduction zone.

Conclusion

A collection of strange, unusual – called "paradox" earthquakes – has been presented. The aim of the work is to attract the attention of the specialists and non-specialists to the great variety of cases the mother Earth can generate.

References:

1. Geophysical Research Letters. (2007). No3 - cover page
2. Gurov, R., Ranguelov B. (2007) The corkscrew theory – a new mechanism of the solid Earth geodynamics, in "Rotational processes in geology and physics" (Ed. Milanovsky), URSS, pp. 411-431. Moscow.
3. Historic Earthquakes. (2011). New Madrid Earthquakes 1811-1812 *USGS* Archived 14 May 2011 at WebCite https://1811%E2%80%9312_New_Madrid_earthquakes
4. Johnston, A. C. & Schweig, E. S. (2006). The Enigma of the New Madrid Earthquakes of 1811-1812. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, Volume 24, pp. 339–384. Available on SAO/NASA Astrophysics Data System (ADS)
5. LaTouche, T. H. D., (1917) A Bibliography of Indian Geology and Physical Geography, Geological Survey of India, Calcutta pp.571.
6. Martin, M., Wenzel F. and the CALIXTO working group. (2006). High-resolution teleseismic body wave tomography beneath SE-Romania – II. Imaging of a slab detachment scenario., Geophys. J. Int. (2006) 164, pp. 579–595
7. Ranguelov, B.; Gospodinov, D., (1994). Seismic activity after the earthquake of 31 March, 1901 in the Shabla-Kaliakra zone. Bulgarian Geophysical Journal. pp. 44–49.
8. Ranguelov, B., (2010a). Continental movements due to the strong earthquakes. Ecological Engineering and Environment Protection., vol.3-4, pp. 86-91.
9. Ranguelov, B., (2010b). The great subduction earthquakes – Chile (Mw8.8, 2010) and Sumatra (Mw9.1, 2004) sources of the continental plate movements. Proc. 6-th NATIONAL GEOPHYSICAL CONFERENCE. Sofia, 17th Dec. 2010., 4pp. (on CD).

10. Ranguelov, B. (2010c). The seismological potential of the subduction zones – the two great earthquakes: CHILE (Mw8.8, 2010) AND SUMATRA (Mw9.1, 2004) – indicators about sudden plate movements. Ann. of M&G University, Vol. 53, Part I, Geology and Geophysics., p. 201-206
11. Ranguelov, B., 2011. Tsunamigenic potential and GPS movements of the great subduction earthquakes., Сб. Популярни и научни докл.-Дни на физиката, 2011, ТУ-София, 13-16 Април, с. 149-153
12. Ranguelov, B., et al., (2016). The Nepal Earthquakes, 2015 – geography specifics (secondary effects, damages, resilience) of the destructive seismic events. Proc "GEOMED 2016 - The 4th International Geography Symposium", Kemer, 22-26 June, 2016, Turkey.
13. WARD ST. and DAY S. (2010). THE 1958 LITUYA BAY LANDSLIDE AND TSUNAMI — A TSUNAMI BALL APPROACH. Journal of Earthquake and Tsunami, Vol. 4, No. 4 (2010) , pp. 285–319
14. Ойнаков, Е., Б. Рангелов., (2016). Микросеизмично сондиране - сеизмогенна зана Вранча., Сб. Популярни и научни докл.-Дни на физиката, 2011, ТУ-София, 19-21 Април, с. 149-153
15. Рангелов, Б., (2012). Разгневената Земя – природните бедствия., изд.БАН, С., 294 с.
16. Рангелов, Б., (2008). Турбулентната теория – един нов поглед към неспокойната Земя., в кн. Земята – неспокойната планета (Ред. А.Кунов), изд. БГ-Принт., с. 608-615. ISBN 978-954-9325-54-6
17.Рангелов, Б., (2010). Гигантските сеизмични катастрофи – земетресения, митове, загадки и действителност., Минно дело и геология, бр. 5-6, с. 27-31.
18. Рангелов, Б., Спасов Е., (2012). СИЛНИ ОТСЕДНИ ЗЕМЕТРЕСЕНИЯ (M8.6 и M8.1) ОТ 11.04.2012 Г. В РАЙОНА НА СУБДУКЦИОННАТА ЗОНА КРАЙ СУМАТРА НЕ ГЕНЕРИРАТ ЦУНАМИ?, Intl. Symp. "Geodesy 2012", 8-9 November, 2012. Sofia. (on CD)

S E S 2 0 1 6
Twelfth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
2 – 4 November 2016, Sofia, Bulgaria

ДЪЛБОЧИННИ НЕЕДНОРОДНОСТИ В РАЙОНА НА СЕИЗМОАКТИВНАТА КАЛАБРИЙСКА АРКА, УСТАНОВЕНИ ПО МЕТОДА НА МИКРОСЕИЗМИЧНИЯ ШУМ

Бойко Рангелов, Емил Ойнаков

Минно- геоложки университет, София
e-mail: branguelov@gmail.com; emil.ilievmg@gmail.com

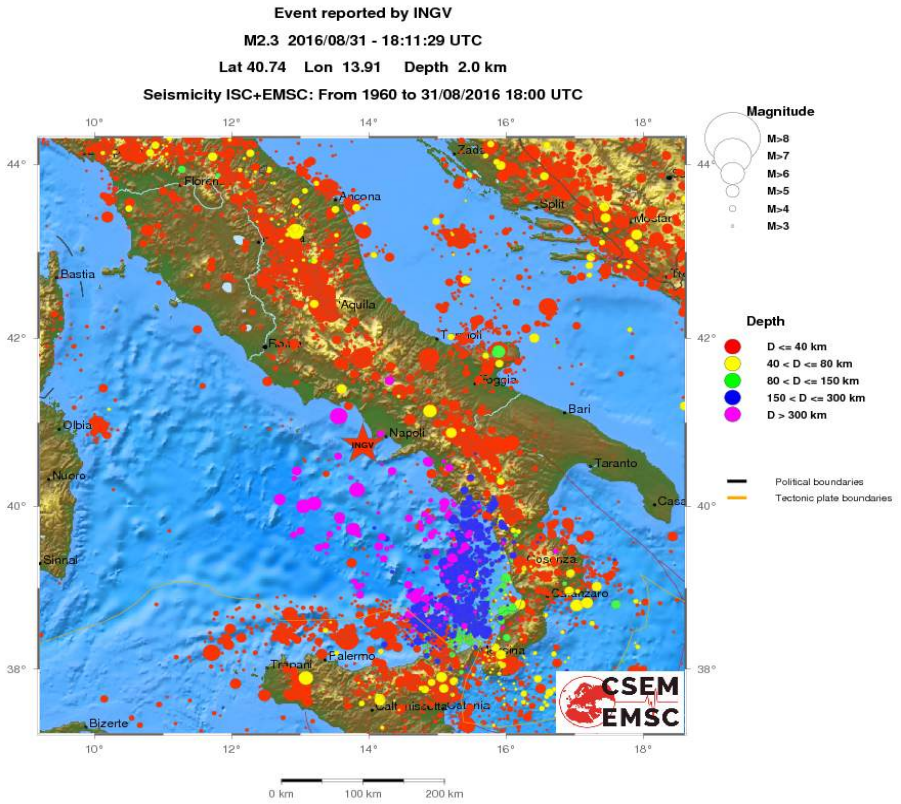
Ключови думи: *метод на микросеизмичното сондиране, Калабрийска арка, разделителна способност.*

Abstract: *The microseismic noise and its components of the Raleigh waves are applied for the deep velocity inhomogeneities exploration of the Calabria Arc deep seismogenic structure. The method of the microseismic depth's sounding consists of two main components – use of a broadband seismic network for the noise registration and use the natural microseismic noise for depth differentiation with good resolution for the depth structural reveal of the subducted layers. Advantages of the method are: satisfaction of the modern environmental requirements for non blast study of deep velocity structure and use of natural seismic noise like probe sounding of significant depths. The results of data processing of the 58 broadband seismic stations on the territory of southern Italy covering the Calabrian arc are presented.*

Въведение

Калабрийската арка е видима дъговидна структура на Средиземноморския орогенен пояс. Дъгата свързва E-W и NW-SE-трендовите клоновете на пояса, които са представени от Магребската и Южно Апенининската вериги, съответно. Цялостната структура на дъгата се състои от серия от постилащи основни и офиолитни носещи тектонски единици, които се смятат за остатък от кредо-палеогенската Алпийската верига, участвала през неогена в структурирането на Апенинският орогенен пояс [2,3,5]. Преместването е свързано с процес на отдалечаване и е придружено от прогресивна югоизточна миграция на калабрийската дъга и с отварянето на Тиренско море [4,6]. Дъгата, чиято история на геодинамична еволюция е тясно свързана с разкриването на южното Тиренско море, е един от районите на западното Средиземноморие, където последиците от интензивната кватернерна тектониката са добре представени. Най-впечатляващата тектонска особеност на дъгата е видимата лента на разломна структура, която преминава, повече или по-малко непрекъснато, по протежението на вътрешната страна на дъгата. Отделни сегменти на разломната структура, разделят основните плиоцен-плейстоцени басейни с приповдигнати планински хребети (Aspromonte, Serre and Catena Costiera). Разломите са силно деформирани в горните плейстоценски отложения и морфологически се определят с откоси от по няколко стотин метра, което предполага неотдавнашна активност. От сеизмична гледна точка, Калабрийската дъгата, както и Южните Апенините и Източна Сицилия, представляват много активна зона характеризираща се с историческите сеизмични събития, най-големите от които са достигали магнитуд 6 <M <7. Друга характерна особеност е появата на междинни и дълбоко фокусни земетресения, разположени по протежение на вътрешната страна на дъгата, под южното Тиренско море [7]. Възникването на Калабрийската дъга, като активно раседно образувание и активната сеизмичност, предполагат, че тези две явления могат да бъдат свързани едно с друго [12,13]. Нещо повече – всички изследвания досега показват сложната геодинамечна обстановка в района на Калабрийската Арка, която е доминирана от зона на субдукция с СИ-ЮЗ посока и съставена от поне два участъка с почти еднакъв геодинамичен режим, но отличаващи се по скорост на субдукционния процес. Долулежащата основа на подпъхнатата земна кора е достигнала мантията и се е врязала практически неразрушена (или частично разрушена), като процесите на деструкция продължават в СИ направление на дълбочини над 300 км. Разтоварването на напреженията става практически в целия диапазон на субдукция, като коровата субстанция е подложена на натиск (от същинската субдукция) и огъване (от СЗ-ЮИ посока в резултат на

колизията на Африканската и Апулийската плочи). Тази сложнаст в геодинамичната обстановка е видима от пространственото разположение на хипоцентрите на земетресенията по цялото протежение на структурата на Калабрийската арка – фиг.1. Използваният метод и получените резултати са подобни на тези приложени в изучаването на сеизмогенна зона Вранча [14].



Фиг. 1. Регионална сеизмичност в района на Калабрийската арка. Хипоцентрите на трусовете са диференцирани по дълбочина (цветово) и магнитуд (размер на кръгчетата) представящи епицентрите на земетресенията (по emsc-csem - http://www.emsc-csem.org/)

Метод на микросеизмичното сондиране

Метода на микросеизмичното сондиране се базира на анализ на пространственото разпределение на амплитудите на вертикалната компонента на микросеизмичното поле за всички честоти в спектъра. Важно допускане в метода е това, че вертикалната съставяща на микросеизмичното поле преимуществено се определя от приноса на фундаменталната мода на вълните на Релей [1]. Това допускане се основава на голямо количество експериментални изследвания, изпънени в световен мащаб, и в настоящия момент може да да се приеме за обосновано [8].

Технологията на реализация на метода се свежда до натрупване на спектър на мощноста на амплитудното поле на микросеизмите в честотен диапазон от стотни части на Hz до няколко Hz на определен полигон над изследваните обекти с измервания от точка в точка. На база на получените спектри се построяват карти на амплитудното разпределение за всяка честота *f*, тези карти се привързват към определена дълбочина с релацията

(1) $$H(f) = k.\lambda(f),$$

където $H(f)$ – дълбочина, съответстваща на амплитудното разпределение, *k* – числов коефициент, равен на 0.4-0.5, $\lambda(f)$ – дължина на фундаменталната мода на Релеевата вълна с честота *f*. При това спектъра на микросеизмичния сигнал във всяка точка се натрупва до достигане на статистическа устойчивост.

За да се изключат проблемите, свързани с различния период на стационарност на микросеизмите в различните честотни диапазони и крайността на тези периоди, е предложено сондирането да се извършва взимайки една от точките на измерване в изследвания полигон в качество на базова. Изерванията в останалите точки на мрежата се провежда едновременно с

измерването в опорната точка, а резултатите от измерванията се коригират с тези от опорната точка. Този подход позволява да се реши проблема с нормирането на спектъра, доколкото за сондирането е за предпочитане да имаме сигнал с унифицирани спектрални характеристики.

В общия случай, ако скоростта на вълните на Релей е по висока в неоднородността, отколкото в околното пространство, то над неоднородността амплитудата на вертикалната компонента на микросеизмичното поле намалява, ако скоростта в неоднородността е по-ниска, амплитудата нараства.

Продължителността на измерването във всяка точка на мрежата трябва да бъде не по-малка от характерния период на стационарност на микросеизмите дори и при обезпечаване с корекция на базовата точка.

Апаратурно обезпечение

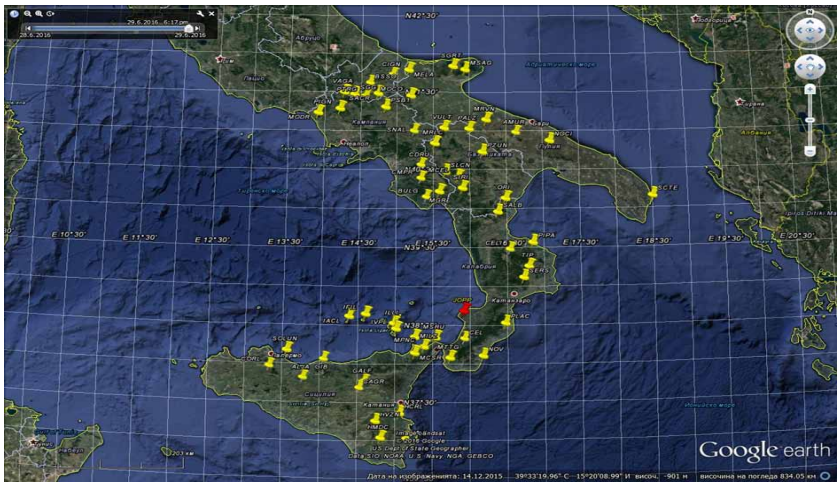
Сеизмичните записи за настоящото изследване на сеизмичната зона Калабрия (южна Италия) са взети от 58 широколентови сеизмични станции разположени на територията на Италия, които са част от широколентовата мрежа за регистрация в реално време на IV (National Seismic Network of Italy). Разположението на сеизмичните станции на картата на изследваната територия е показано на фиг.3. От избраните 58 сеизмични станции петдесет са оборудвани с широколентови датчици Trillium-40s, седем с Trillium-120s и една с Trillium-240s.

Trillium-40;120;240s са здрави трикомпонентни широколентови сеизмометри, специално проектирани за местни и регионални сеизмични проучвания. Много ниската консумация на енергия и стабилната работа в широк температурен диапазон прави Trillium 40(120,240) идеални за широк спектър от приложения. Основни технически характеристики на сеизмометрите са:

- Честотен диапазон – 40 s – 50 (120s-50; 240s-50)Hz
- Чувствителност – 1500 V/m/s стандартна
- Изходен сигнал – диференциален, ±16 V (20 V пълна амплитуда)
- Най-малка честота на паразитния резонанс – 200 Hz (вертикална компонента)
- Ниво на собствен шум – по нисък от NLNM от 20s до 5s
- Диапазон на работната температура – от -20 до +50°C
- Температурна чувствителност - <0.6 V на 10°C

Резултат от микросеизмичното сондиране в областта на Калабрийската арка

Съгласно метода на микросеизмичното сондиране една от 58-те станции, използвани в изследването е избрана за базова (JOPP, Joppolo, географска ширина N $38^{\circ}36'24.48''$, географска дължина E $15^{\circ}53'8''$). Изследването е направено на площ приблизително от 255 948 km^2 (462x554 km).



Фиг. 2. Разположение върху картата на изследваната територия на сеизмичните станции използвани за изследването с метода на микросеизмичното сондиране. Базовата станция JOPP е означена с червен маркер.

На фиг. 3,4 са показани резултатите от обработката на данните получени с метода на микросеизмичното сондиране. Цветовите тонове на тримерните модели съответстват на относителната интензивност на поето на Релеевите вълни, изразени в децибели, което се интерпретира като относително изменение на скоростта на напречните вълни в изследваната област. Цветовата скала е в динамичен диапазон от -10 до 10 dB за фиг.3 и от -20 до 20 dB за фиг.4.б).

С белите точки в модела (фиг.3), са отбелязани хипоцентровете на земетресенията с магнитуд M ≥4, регистрирани за периода от началото на 2005г. до края на 2015г. в Южна Италия (източник www.emsc.eu). Картата на релефа е построена с отчитане на координатите и надморската височина за точките отстоящи една от друга на 6′ . Местоположението на станциите е отбелязано със «*», кото надморската височина на знака е относителна за по-добра прегледност. .

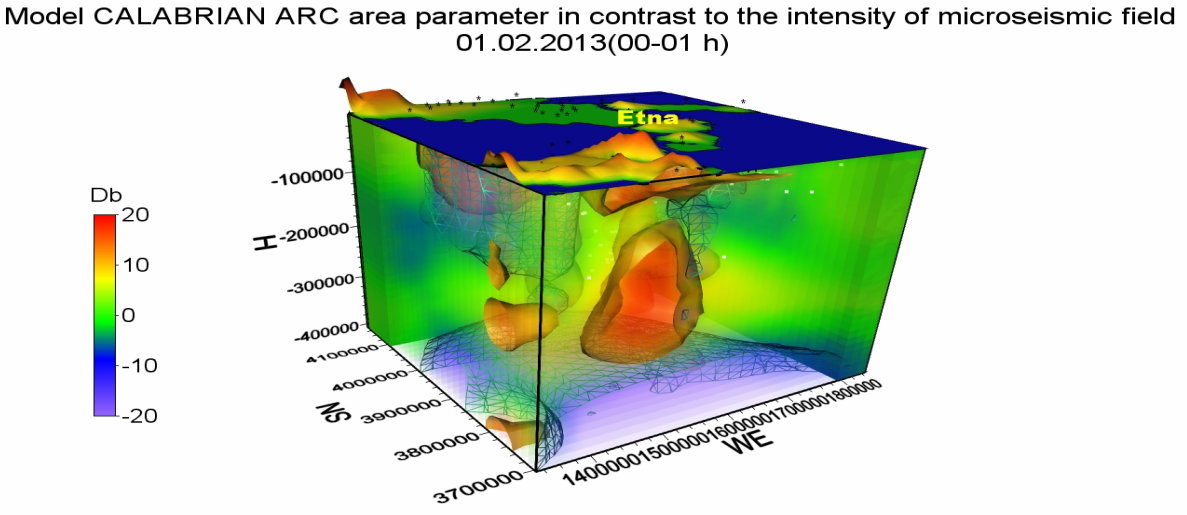
За изследването са взети едночасови сеизмични записи от всички сеизмични станции, записани на 01.02.2013 за интервала 00:00:00-01:00:00 часа, от които са изчислени мощностните спектри за всяка станция. Разпределението на вариациите на интензивността е определено по отношение на базовата-опорна станция (JOPP).

При преизчисляването на спектралните честоти в дължини на вълни, са отчетени дисперсионните свойства на Релеевите вълни, а именно, увеличението на скоростта с увеличаването на дължините на вълните. За тази цел е използван скоростен модел, построен от G.F.Panza и A.Pontevivo (2002г.)[9]. Скоростта се променя в диапазона от 2340 m/s (близко до повърхността) до 4140m/s (за дълбочина над 210000 m). Предвид чувствителността на сеизмометрите и долната граница на скоростта на основната мода на вълната на Релей можем да изчислим дълбочината, за която получаваме достоверни стойности, т.е.

(2) $$H = 0.5\frac{V_R(f)}{f}$$

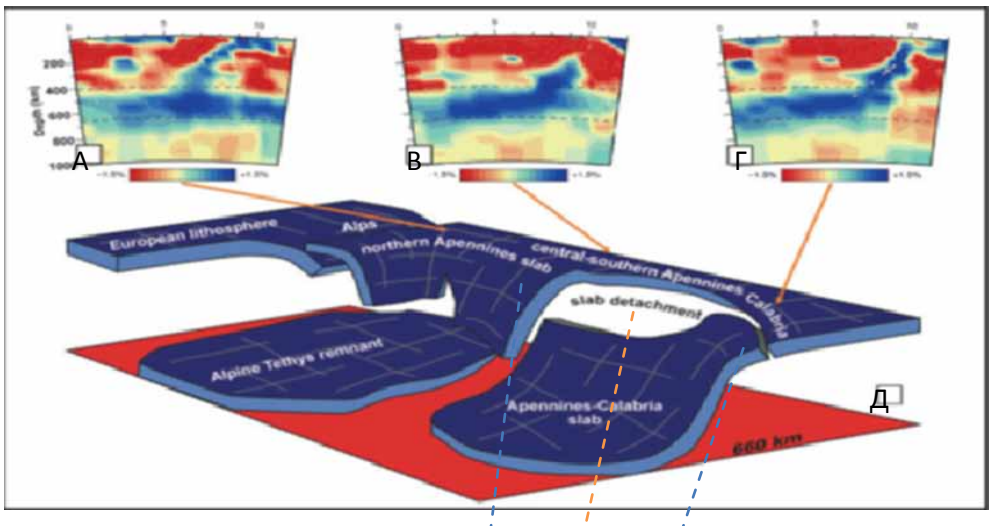
за *f=0.025 Hz* (Trillium-40s) *H~83 km*; *f=0.00833 Hz* (Trillium-120s) *H~250 km* и *f=0.0042Hz* (Trilium-240s) *H~490 km*. Можем да приемем за не строга долна граница на достоверност на данните *H~250 km.*

На полученото 3-мерно изображение до дълбочина 200км (фиг.4.б)), могат да се проследят няколко относително високоскоростни области (ограничени от сини изоповърхнини със стойност -5 dB), които се разположени под Йонийско море; Месинския пролив и Апенинския полуостров.



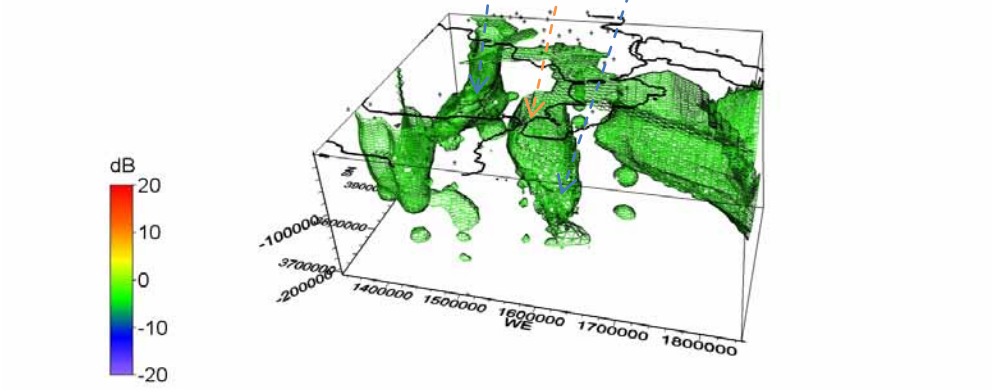
Фиг. 3. Тримерен модел на пространственото разпределение на интензивността на микросеизмичното поле (dB) на зоната на Калабрийската арка

а)



Model CALABRIAN ARC area parameter in contrast to the intensity of microseismic field

б)



Фиг. 4. (а) Томографски изображения на аномалии на скоростите на P-вълни са показани за северните Апенини-Б, южните Апенини-В, и Калабрийската Арка-Г Трансектите (от Spakman & Wortel, 2004; цветове показват сеизмични аномалии на скоростта на вълната като процентни отклонения от средната мантия на скоростите, дадени от същите автори). Д - Модел показваща настоящата конфигурация на slab-а в италианската част на Средиземноморския регион, базирани на сеизмична томография (от Spakman & Wortel, 2004 [11]). (б) Висикоскоростни области определени по метода на микросеизмичното сондиране.

На поученото изображение по метода на микросеизмичното сондиране хипоцентровете на земетресенията се разполагат както следва: плитките земетресения в голямата си част са разположени в близост до изоповърхнината със стойност -5 dB ограничаваща висикоскоростното тяло под Йонийско море а дълбоките земетресения се разполагат по протежението на ниско скоростното тяло в дълбочина, което е ограничено от изоповърхнината със стойност 6 dB.

Сравняването на получения модел с модела получен от Spakman и Wortel (2004) [11] - на основа на направената от тях интерпретация на резултатите от сеизмичната томография в района на Италианската част на Западното Средиземноморие , показва , добра корелация на двата модела. Висикоскоростното тяло 1 (фиг.5 б) в модела получен по ММС отговаря на предположеното наличие на Алпино-Калабрийски slab, а свободното пространство северно от тяло 1 на описания от Spakman и Wortel [11] „прозорец“. Тяло 2 може са се интерпретира като част от предполагаемия северно Апенинския slab в модела на Spakman и Wortel.

Заключение

В резултат от изследването на интензивността на микросеизмичния шум в зоната на Калабрийската арка са построени тримерни модели на дълбочинните скоростни неоднородности. Висикоскоростните зони на моделите до голяма степен съвпадат с предположените местоположения на Алпо-Калабрийския и северно Апенинския slab в модела на Spakman и Wortel. Установено е, че разположението на хипоцентровете на плитките земетресения с M>4 е по протежението на висикоскоростно тяло, а дълбоките земетресения са привързани към нискоскоростна зона, разположена в близост до вулкана Етна.

Показано е, че прилагането на метода в зоната на Калабрийската арка потвърждава възможността за използването му в сложна геолого-тектонска обстановка, като постигнатата разделителна способност и получената детайност в дълбочинните особености на скоростните неоднородности носят полезна информация и могат да бъдат надеждно използвани в структурните интерпретации.

Литература:

1. Горбатиков, А. В., М. Ю.Степанова, Г. Е.Кораблев. Закономерности формирования микросейсмического поля под влиянием локальных геологических неоднородностей и зондирование среды с помощью микросейсм. // Физика Земли, 2008, JW, С. 66-84.144
2. Alvarez, W. (1976). A former continuation of the Alps. Geological Society of America Bulletin, 87(6), 891-896.
3. Amodio-Morelli, L., et al. L'arco calabro-peloritano nell'orogene appenninico-maghrebide. Mem. Soc. Geol. It, 1976, 17: 1-60.
4. Dewey, J. F., M. L. Helman, S. D. Knott, E. Turco& D. H. W. Hutton (1989). Kinematics of the western Mediterranean. Geological Society, London, Special Publications, 45(1), 265-283.
5. Haccard, D.; Lorenz, Cl; Grandjacquet, Cl. Essai sur l'évolution tectogénétique de la liaison Alpes-Apennins (de la Ligurie à la Calabre). Mem. Soc. Geol. It, 1972, 11.4: 309-341.
6. Malinverno, A., & W. B. Ryan (1986). Extension in the Tyrrhenian Sea and shortening in the Apennines as result of arc migration driven by sinking of the lithosphere. Tectonics, 5(2), 227-245.
7. McKenzie, D. (1972). Active tectonics of the Mediterranean region. Geophysical Journal International, 30(2), 109-185.
8. Noguchi, T., R. Nishida. Determination of subsurface structure of Tottori plain using microtremors and gravity anomaly // Journal of Natural Disaster Science.2002. V.24. №1. P.1-13.
9. Panza, Giuliano F., Fabio Romanelli, and Franco Vaccari. "Seismic wave propagation in laterally heterogeneous anelastic media: theory and applications to seismic zonation." Advances in geophysics 43 (2001): 1-95.
10. Pierre, F. D., F. Ghisetti, R.Lanza, & L.Vezzani, (1992). Palaeomagnetic and structural evidence of Neogene tectonic rotation of the Gran Sasso range (central Apennines, Italy). Tectonophysics, 215(3-4), 335-348.
11. Spakman, W., & Wortel, R. (2004). A tomographic view on western Mediterranean geodynamics. In The TRANSMED atlas. The Mediterranean region from crust to mantle (pp. 31-52). Springer Berlin Heidelberg.
12. Tortorici, L., Tapponnier, P., & Winter, T. (1986). Faulting during the 1783 Calabria earthquakes and tectonics of the Messina Strait. EOS Trans. Am. Geophys. Union, 67, 1188.
13. Valensise, G., & Pantosti, D. (1992). A 125 yr-long geological record of seismic source repeatability: the Messina Straits (southern Italy) and the 1908 earthquake (Ms 7.5). Terra Nova, 4(4), 472-483.(
14. Ойнаков, Е., Б. Рангелов 2016., МИКРОСЕИЗМИЧНО СОНДИРАНЕ - Оценка на чустителноста на метода с реални експерименти на реален дълбочинен обект – сеизмогенна зона Вранча. Сб.Докл. Дни на Физиката – ТУ, 19-23 Април, София. (под печат)

ПРИЛОЖЕНИЕ НА КОСМИЧЕСКИ ТЕХНОЛОГИИ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ И МОНИТОРИНГ НА СЕИЗМОГЕННИ ЗОНИ

Димитър Димитров, Емил Ботев

Национален институт по геофизика, геодезия и география – Българска академия на науките
e-mail: clgdimi@bas.bg

Глобалните проекти и система за наблюдение на Земята (GEOSS) и Глобалният мониторинг за околна среда и сигурност (GMES) включват като приоритет при опазване на околната среда и за устойчиво развитие на обществото наблюдения на Земята, инструменти за оценка, методи за мониторинг и прогноз.

Сеизмогенни зони са районите, генетично свързани с историческа и инструментална сеизмичност, с потенциален сеизмичен риск от силни земетресения, и идентифицирани по сеизмоложки, геофизични и геоложки данни. България се намира в активна сеизмогенна зона, от което произтича и основната задача за науката да изучи протичащите в тези зони процеси, водещи до силни земетресения и да предприеме подходящи начини за ефективно противодействие. Това характеризира проблема с особена степен на актуалност в национален и световен мащаб и го поставя в категорията на приоритетните научни направления в областта на науките за Земята.

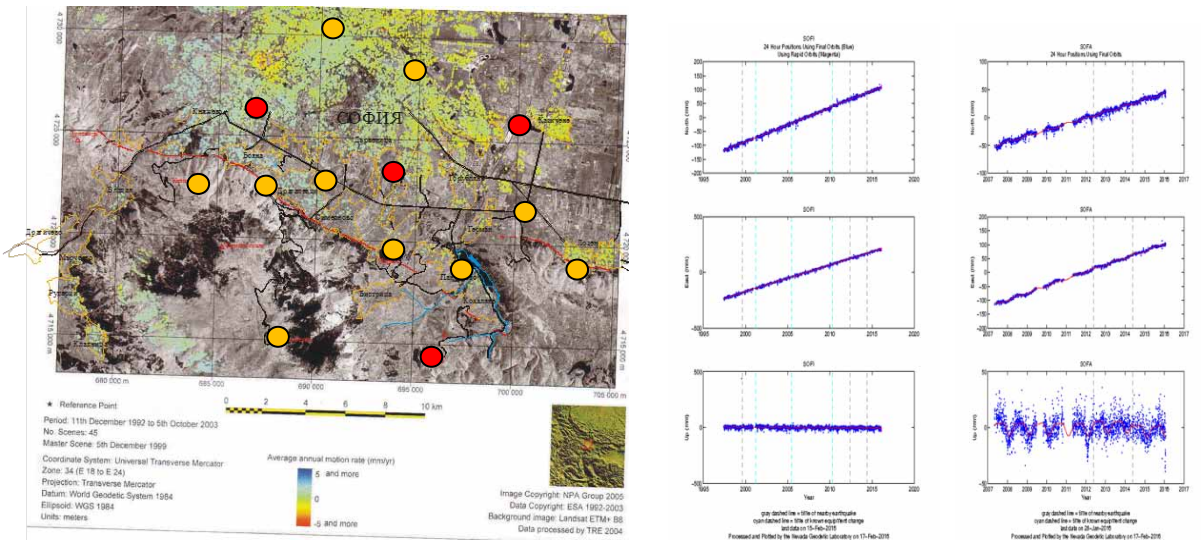
Приложението на космическите технологии на Глобалните навигационни спътникови системи (GNSS) и на радарната интерферометрия In SAR (Synthetic Aperture Radar) позволяват да се изучат сеизмогенните зони и физическите процеси, водещи до силни земетресения. Постоянните и периодични високоточни измервания с GNSS и прилагането на радарната интерферометрия In SAR са най-ефикасните съвременни космически техники за мониторинг и изследване на сеизмогенни зони.

По долу са представени резултатите от изследвания, осъществени през последните 20 години от автора или от колективи под негово ръководство или с негово участие в различни сеизмогенни зони у нас и по света.

Мониторинг на сеизмогенна зона в района на град София

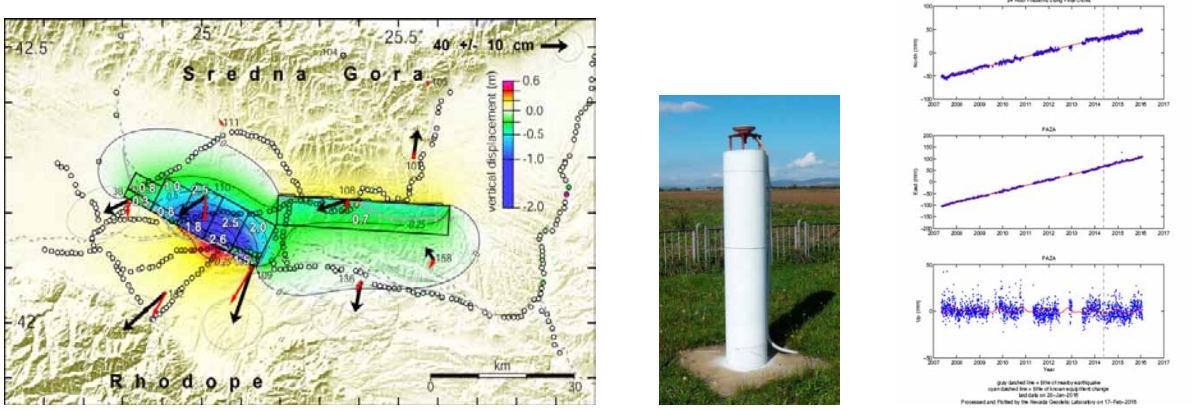
Районът южно от град София е изявена в структурно-геоморфоложко, тектонско и сеизмично отношения сеизмогенна зона, където могат да се очакват силни земетресения [1]. Тази зона се свързва с т.н. “Витошки разлом”, разделящ Витошкия морфоблок от потъналия под неогенски утайки, сложно разбит Софийски грабен. Повърхностните изяви на Витошкият и Лозенският разломи са представени върху космически образ с определените с InSAR методът релативни вертикални деформации и мрежата за GNSS мониторинг (Фиг.1).

Получените от мониторинга идентични скорости на премествания на постоянните и периодично измерваните станции са от порядъка на 1-2 mm/год не свидетелстват за натрупване на значими тектонски напрежения по Витошкия разлом. Данните от постоянните и периодично преизмерваните с GNSS станции в района, осигуряват високоточен мониторинг на движенията в тази сеизмогенна зона във връзка с изследване на тектонските напрежения и сеизмичния риск [2].



Фиг. 1. В ляво - мрежата за мониторинг і GNSS на Витошкия разлом върху космически образ и резултат от InSAR изследване на зоната. Перманентните GNSS станции са представени с червени, а периодично измерваните с оранжеви кръгове. В дясно - компоненти на абсолютните скорости на постоянните станции на SOFI и SOFA, от двете страни на Витошкия разлом.

Изследвания и монниторинг на сеизмогенната зона Чирпан – Пловдив



Фиг. 2. Главните разломи, активирали се при земетресенията от 14 и 18 април 1928 г., получени от моделиране на ко-сеизмичните премествания определени по данни от GNSS преизмервания (черните стрелки). В дясно перманентна GNSS станция в гр. Пазарджик и компонентите от времевите и серии.

Приложението на космическата технология GNSS за определяне на скоростите на преместване на геодезически репери в района позволиха да се изучи зоната и да се определят геометричните параметри на главните разломи, активирали се през 1928 г. [3] (Фиг.2). Мониторингът на зоната с периодични GNSS измервания даде оценка на тектонските напрежения и съвместнно с палеосеизмични изследвания определи сеизмичният цикъл на силните земетресения в района [4].

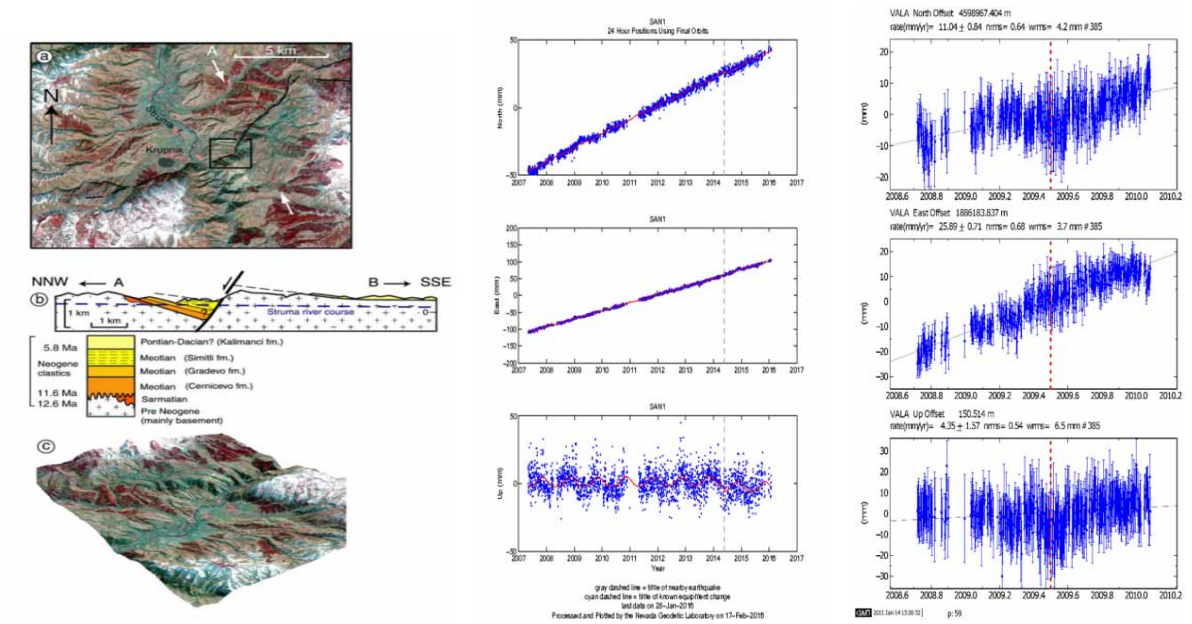
Изследвания и мониторинг на сеизмогенната зона югозападна България

Районът на югозападна България е известен с едни от най-силните земетресения поразили Европа с магнитуд (M) 7.3 и 7.8 на 4 април 1904 г. [1].
Многогодишният мониторингът на зоната с перманетни GNSS станции и периодични преизмервания на локална геодинамична мрежа около Крупнишкия разлом позволи да се оценят регионалните тектонски движения и локалните напрежения около Крупнишкия разлом (Фиг.3). По получените данни и съвместно резултатите от палеосеизмоложки изследвания се определи сеизмичният цикъл по Крупнишкият разлом [5].

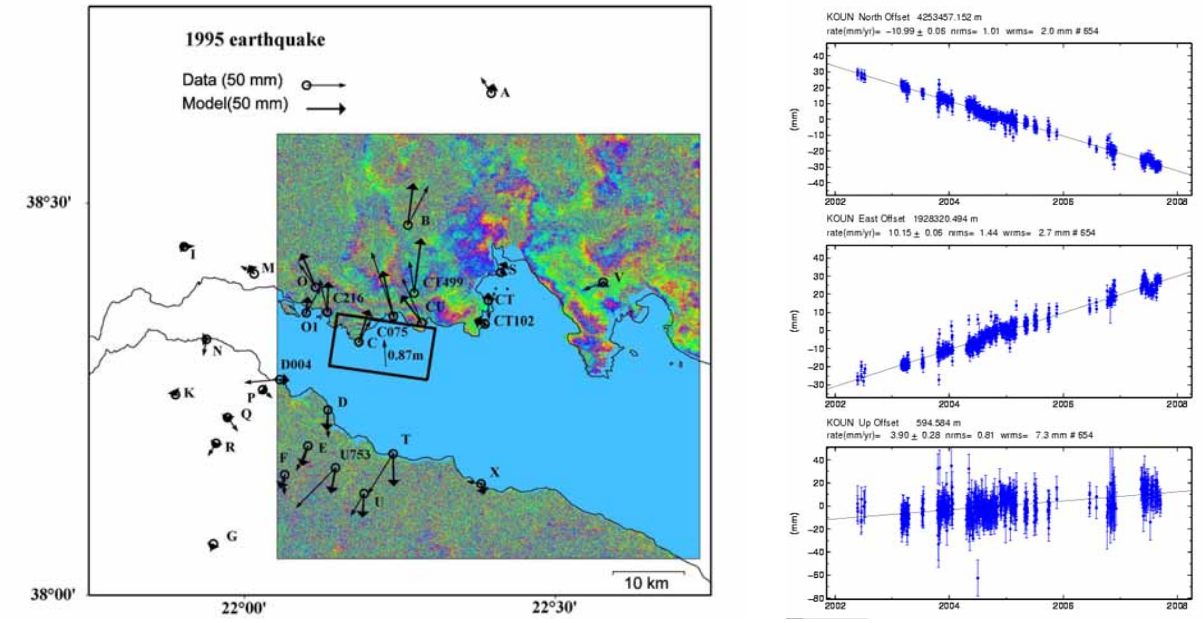
Изследвания на сеизмогенни зони в Централна Гърция

Коринтският залив в централна Гърция е от най-активните вътрешно континентални структури в Европа. Този асиметричен грабен е ограден от активни разломи предизвикали много катастрофални земетресения (Легион, 1861 г. M=7; Коринт,1981 г. M=6.7). В тази зона от 1991 г. се осъществява мониторинг на повърхностните деформации с GNSS мрежа от 22 перманентни и 240 периодични преизмервани станции, като се установи средна скорост на разтягане на залива 14-15 mm/год.

За **изследване на земетресението от 15.06.1995 г.** бяха използвани данни от космическите методи GNSS и InSAR (Фиг. 3).



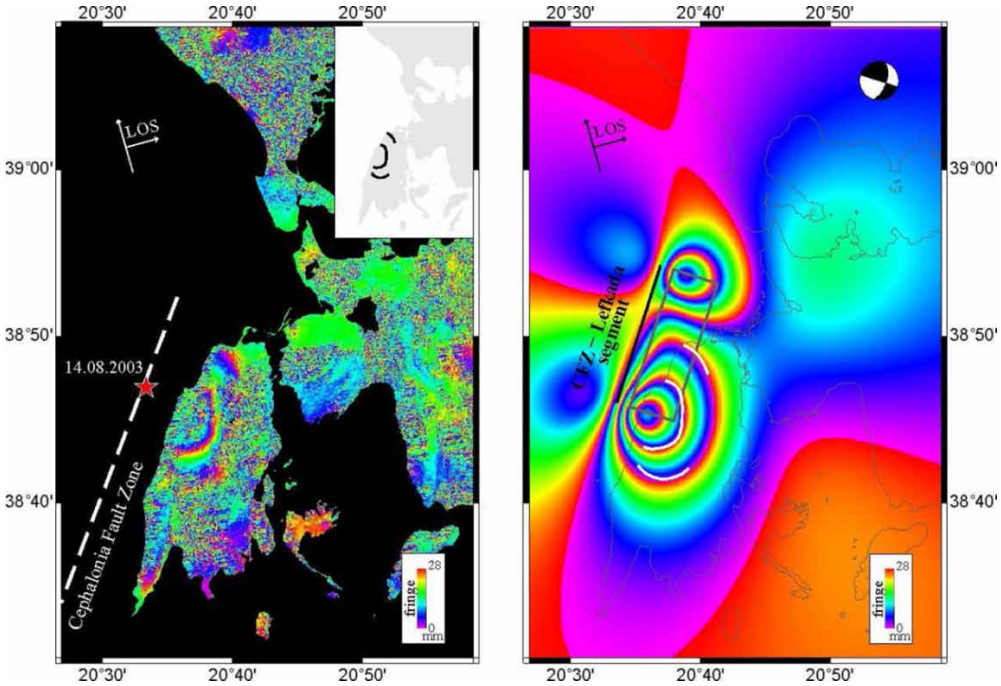
Фиг. 3. Крупнишкият разлом картиран върху космически образ, напречен геоложки профил и компоненти на абсолютните скорости на перманентнити GNSS станции в градовете Сандански и Валандово. В дясно са представени времевите серии от станция Валандово и е потърсена връзка (червената линия) със случилото се в района земетресение през 2009 г. с M= 5.2.



Фиг. 4. Районът на земетресението от 15.06.1995 г. със определените с GNSS и InSAR методите ко-сеизмичните деформации. Измерените и моделните премествания са представени съответно с тънки и по-плътни стрелки. В дясно е представено сравнение на дължини между перманентните станции от двата бряга на Коринтския залив. Пространствените вектори между станциите от двата бряга на залива се удължават, а между тези от северният бряг се скъсяват.

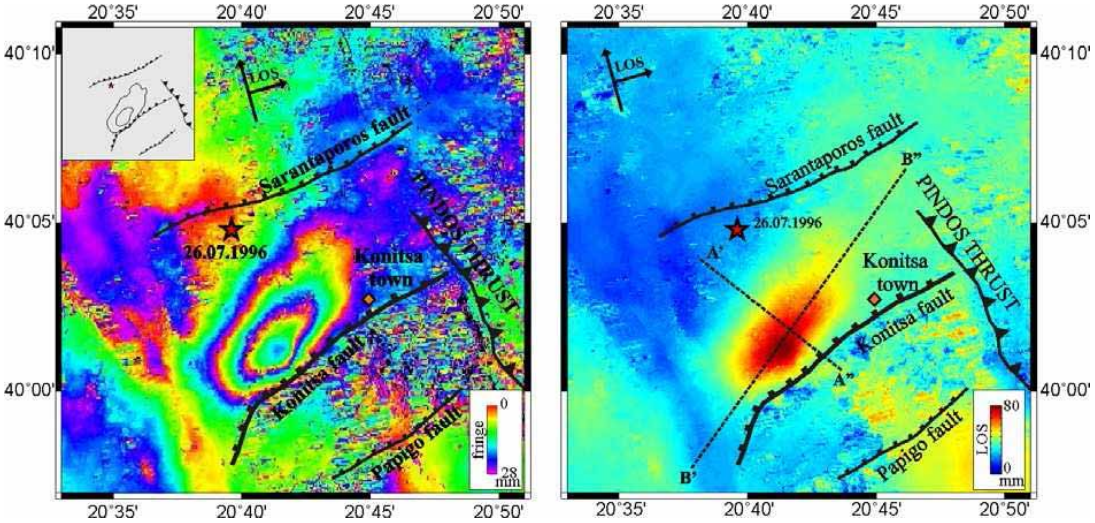
На фигура 4. са представени ко-сеизмичните премествания от земетресението от 1995 г. на 24 репери, определени с измервания GNSS, както и ко-сеизмичните деформации от InSAR изследване. Моделирането на получените косеизмични премествания позволиха да се определят геометричните сеизмотектонски параметри на главния разлом на труса [2].

Изследването на земетресението от 2003 г. Лефкада M=6.3 с методът InSAR и моделиране на косеизмичните деформации (Фиг. 5) показа възможностите на този космически метод за определяне на мястото и сеизмотектонските параметри на активиралият се в морето разлом [6].



Фиг. 5. Остров Лефкада с определените с методът InSAR косеизмични деформации и разломът, активирал се при труса от 2003 г. В дясно - моделът на косеизмични деформации.

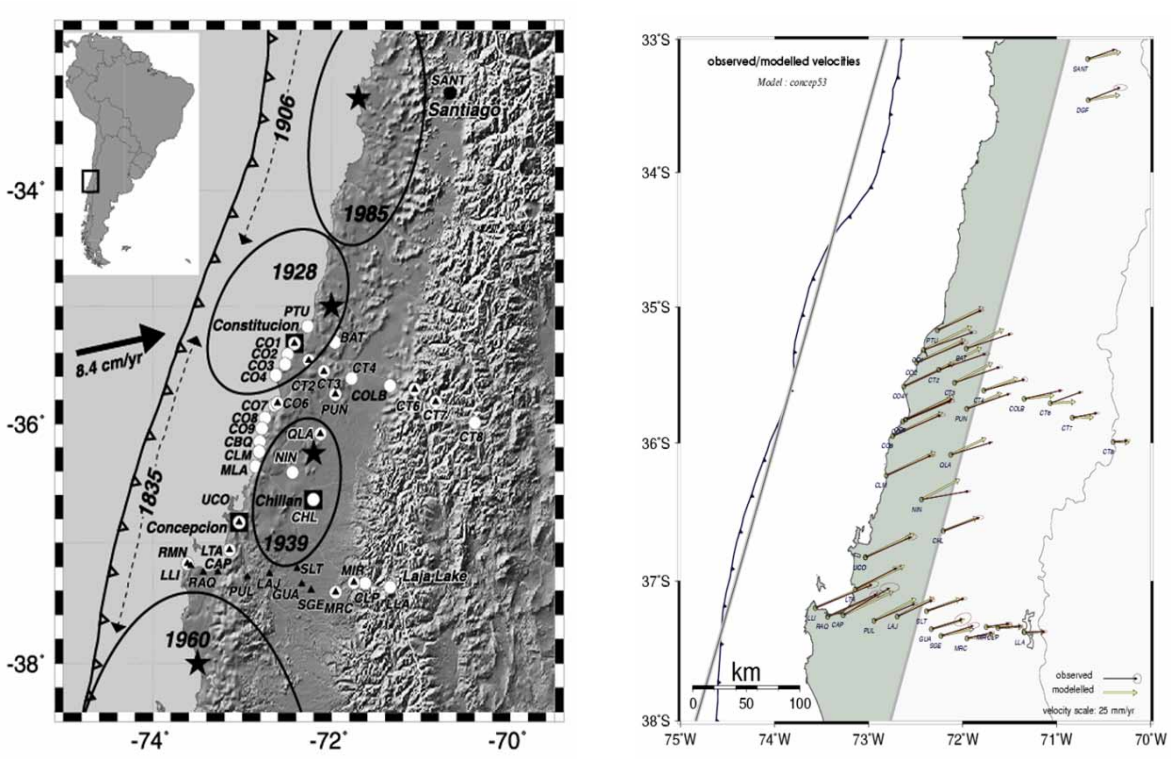
При **изследването на земетресението от 26.07.1996 г. Коница M=5.3** в северна Гърция бяха подвърдени възможностите на методът InSAR за изучаване на физическите механизми на средно силни земетресения с (Фиг. 6).



Фиг. 6. Сеизмогенната зона на град Коница с определените с методът InSAR косеизмични деформации от земетресението от 1996 г. и активиралите се разломи.

Изследване на зоната на земетресението от 1835 г. в централно Чили

Брегова ивица на Чили е една от най-сеизмогенните зони в света. Тук приблизително на всеки десет години стават силни земетресения с магнитуд M > 8. Районът заключен между 35° и 37°S е известен с много силното земетресение от февруари 1835 г. (Darwin,1851) с M=8,5 (Lomnitz,1971; Beck et al.,1998).



Фиг. 7. Геодинамична GNSS мрежа от 41 точки в сеизмогенната зона в Централно Чили с резултатите от GNSS мониторога 1996, 1999 и 2002 г. В дясно (в сиво) - зоната на сблъсъка на Тихоокеанската плоча Наска с тази на Южна Америка, получена от моделирането на интерсеизмичните премествания.

В този район беше стабилизирана и измервана през 1996, 1999 и 2002 г. с GNSS мрежа от 41 точки, което позволи да се определят значителни премествания на контролните станции, отражение на натрупваните в резултат на субдукцията интерсеизмични напрежения. Анализът на резултатите от трите цикъла измервания определи значителни интер-сеизмични движения със скорост от 34 до 45 mm/год по крайбрежната ивица и от 10 до 20 mm/год по планинската верига на Андите спрямо стабилната част на Южноамериканската континентална плоча. Именно значителната разлика между скоростите на движение на реперите стабилизирани по крайбрежната ивица и тези по мощната планинска веригата на Андите е причина за акумулиране на сеизмогенни напрежения в областта над зоната на контакт. Получените данни позволиха да се определят точно мястото и параметрите на подпъхването: азимут N 19°; наклон 16°; хлъзгане 67 mm/год и дълбочина на сблъсъка 55 km. Резултатите доказаха, че земетресенията в тази зона не са чисто субдукционни и че между субдукционната зона и мощната верига на Андите се натрупват напрежения, увеличаващи опасността от ново силно земетресение [7] .

По получените параметри беше изчислено натрупаното тектонско напрежение в района след последното силно земетресение от 1835 г. M=8.5, въз основа на което беше направен прогноз за очаквано силно земетресение в зоната с M>8,5 [7]. Прогнозът на случилото в изследваната зона земетресение през март 2010 г. с M=8.8 беше цитиран в [8] за „добър пример за предсказване на силни земетресения“.

Заключение

Представените примери от приложението на космическите технологии GNSS и InSAR за изследване и мониторинг на сеизмогенни зони показва значението и предимствата им при установяане на закономерности в развитието на бавните и бързите движения в сеизмогенните зони, при опознаване на развиващите се в тях тектонски процеси, а именно на натрупване и освобождаване на тектонските напрежения, свързани с оценка на сеизмичният риск и предсказването на силни земетресения.

Литература:

1. Христосков, Л. „Сеизмология“, Издател: УИ "Св. Климент Охридски". 2005; 2007.
2. Димитров Д. Ст. „Геодезически изследвания на сеизмогенни зони“ Дисертация за дтн, ЦЛВГ, БАН, 2009.
3. Dimitrov, D. S., J.-C. Ruegg, R. Armijo, B. Meyer, E. Botev, P. Briole (2016) “The 1928 Plovdiv sequence (Bulgaria): fault model contrained from geodetic data and surface breacks”, Geophys. J. Int. (in press).
4. Vanneste, K., A. Radulov, P. DeMartini., G. Nikolov, T. Petermans, K. Verbeeck, D. Pantosti, T. Camelbeeck, D. Dimitrov, S. Shanov (2006), “Paleoseismologic investigation of the fault that ruptured in the April 14, 1928, Chirpan earthquake (M=6.8), Southern Bulgaria”, Journal of Geophysical Research, vol. 111, B01303.
5. Meyer, B., M. Sebrier, D. Dimitrov (2007) “Rare destructive earthquakes in Europe: The 1904 Bulgaria event case”, Earth and Planetary Science Letters, 253, 3-4, 485-496.
6. Ilieva, M., P. Briole, A. Ganas, D. Dimitrov, P. Elias, A. Mouratidis, R. Charara (2016) “InSAR investigation and fault plane modelling of 14th of August 2003 Lefkada Island (Greece) earthquake”, Tectonophysics, (in press).
7. Ruegg, J. C., A. Rudloff, C. Vigny, R. Madariaga, J.B. de Chabalier, J. Campos, E. Kausel, S. Barrientos and D. Dimitrov (2009) “Interseismic strain accumulation measured by GPS in the seismic gap between Constitución and Concepcion in Chile”, Physics of the Earth and Planetary Interiors, PEPI 5140, 78-85.
8. Kanamori, H. (2015) “Eartquake Hazard Mitigation and Real-Time Warnigs of Tsunamis and Eartquakes” Pur and Appllied Geophysics, 172, 2335-2341.

СТАТИСТИЧЕСКО ПРЕЦИЗИРАНЕ НА ГЛОБАЛНИ КЛИМАТИЧНИ МОДЕЛИ И ПРОГНОЗИРАНЕ НА ТЕМПЕРАТУРАТА НА ВЪЗДУХА В РАЙОНА НА БЪЛГАРСКОТО ЧЕРНОМОРСКО КРАЙБРЕЖИЕ

Илия Трифонов

Национален институт по геофизика, геодезия и география – Българска академия на науките
e-mail: okihobi@mail.bg

Ключови думи: *статистическо прецизиране, глобални климатични модели, прогнози, температура на въздуха,Българско черноморско крайбрежие*

Резюме**:** *В настоящото изследване е извършено статистическо прецизиране на глобални климатични модели в района на Черноморското крайбрежие. За постигането на тази цел са използвани данни за температурата на въздуха от станциите Констанца, Варна и Бургас. Статистическото прецизиране и прогнозиране е базирано на множествена линейна регресия. За конструирането на статистическите модели са използвани данни за климатични елементи, моделирани от 43 глобални климатични модела, в съответствие с базовият период на изследване (1950-2005 г.) и периода 2006-2099 г. Изготвени са прогнози за очакваните бъдещи изменения в температурата на въздуха до края на XXI век. Сценариите, на които са базирани прогнозите, са RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 и RCP8.5 (IPCC Fifth Assessment Report). Прогнозите, базирани на сценариите, показват, че средномесечните температури на въздуха ще се повишават и в трите станции главно през месеците януари,февруари,април,юни,юли,август и ноември. Понижение на средномесечните температури на въздуха съобразно използваните сценарии се очаква главно през месеците март , септември,октомври и декември.Средногодишните температури на въздуха, съобразно сценарий RCP2.6, се очаква слабо да се повишат до средата на XXI век, след което слабо да се понижат в края на XXI век. Слабо повишение на изследвания климатичен елемент се очаква, съобразно сценарий RCP4.5, с около 0,5-0,6°C в края на века, спрямо настоящите нива (2006-2015) г. Значително повишение на средногодишните температури се очаква според сценариите RCP6.0 и RCP8.5, с 1-1,7°C към края на века, спрямо периода 2006-2015г.*

STATISTICAL DOWNSCALING OF GLOBAL CLIMATE MODELS AND PROJECTIONS OF AIR TEMPERATURE AT BULGARIAN BLACK SEA COAST

Iliya Trifonov

National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: okihobi@mail.bg

Keywords*: statistical downscaling , global climate models, projections, air temperature, Bulgarian Black sea coast*

Abstract: *A statistical downscaling of air temperature at three stations located on the Black Sea coast was made in this study. Air temperature data for stations Constanta, Varna and Burgas were used. A statistical downscaling method was based on multiple linear regression. Data from 43 global climate models, according to historical period of the study (1950-2005) and the period 2006-2099 were used for constructing statistical models. The data source for global climate models was project CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5). Projections based on scenarios RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 and RCP8.5 were made for the following future periods: 2006-2036, 2037-2067 and 2068-2099. The projections based on scenarios indicate that mean monthly air temperature will increase mainly in January, February, April, June, July, August and November at all three stations. A decrease of temperature is expected mainly in March, September, October and December. Mean annual temperatures according to scenario RCP 2.6 is expected to increase slightly until the middle of the XXI century, then to decrease slightly towards the end of the XXI century. A gradual slight increase of mean annual temperatures towards the end of the XXI century is expected according to the scenario RCP 4.5 , with about 0,5-*

0,6°C compared to the period 2006-2015. A stable increase of annual temperatures is expected according to scenarios RCP 6.0 and RCP 8.5, with about 1-1,7°C towards the end of the century, compared to the period 2006-2015.

Въведение

Глобалните климатични модели представляват математически модели, разработени за изследване на физическите процеси протичащи в климатичната система. Въпреки, че тези модели са в състояние да моделират все по-прецизно глобалните атмосферни процеси, те все още показват слаби резултати при прогнозиране на изменението на климата на локално ниво.

Статистическото прецизиране на изходни данни от климатични модели е широко използван способ, базиран на статистическо идентифициране на характерните местни особености, обвързани с данни от глобални и регионални климатични модели за прогнозиране на изменението на климата на местно равнище (Huth, 2002; Wilby et al.,1998). Методът се основава на схващането, че изменението на регионалния климат се обуславя от взаимовръзката между два фактора: едромащабните атмосферни процеси и местните физикогеографски характеристики (топография, разпределение на сушата и водата, характера на земеползването и т.н. (von Storch, 1995, 1999).

Публикациите, свързани с приложението на климатични модели за територията на България, са сравнително малко. В някои от тях основна цел е проучване на изменението на климата в България през 20-ти век и определяне на цялостното му въздействие върху селското стопанство (Alexandrov, 1997a, 1997b, 1999, Alexandrov and Hoogenboom, 2000). Изготвени са оценки за въздействието на климатичните промени върху основните земеделски култури. Приложен е обстоен анализ и оценка на изменението на климата в България през XX век и са разработени някои сценарии за бъдещите изменения, базирани на изходни данни от глобални климатични модели.

Nojarov (2012,2015) извършва статистическо прецизиране на регионални и глобални климатични модели за температурата на въздуха и валежите в три високопланински станции в България, базирано на множественна линейна регресия. Изготвя и прогнози за очакваните изменения в изследваните климатични елементи до края на XXI век.

Данни и методи

В настоящото изследване е извършено статистическо прецизиране на глобални климатични модели, и е изготвена прогноза за изменението на температурата на въздуха в две станции, разположени на Българското Черноморско крайбрежие - ст. Варна и ст. Бургас, и една на Румънското Черноморско крайбрежие - ст. Констанца. Източникът на данни за глобалните климатични модели е проекта CMIP-5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5). Използвани са данни от 45 глобални климатични модела за периода 1950-2099г. с резолюция вариращa от 0.57°×0.57° до 3.7°×3.75°.За статистическото прецизиране и прогнозиране са използвани модели, базирани на множествена линейна регресия. Първоначално са обработени данни за климатични елементи, представляващи историческия период на изследване (1950-2005 г.), а в последствие и симулации, представляващи прогнози за климатичните промени през XXI век (2006-2099 г.). Изготвени са и прогнози за измененията на температурата на въздуха до края на XXI век. Сценариите, на които са базирани прогнозите, са RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 и RCP8.5 (IPCC Fifth Assessment Report). Предикторите в множествено-регресионните линейни модели по всички сценарии са данните от глобалните климатични модели за скоростта на вятъра по направление север-юг и изток-запад (925 hPa) и низходящите потоци късовълнова радиация. Основният критерий за включването на даден предиктор в статистическите модели е коригираният коефицент на детерминация R^2. С цел достигане на възможно най-високо качество на статистическите модели за прогнозиране на тепературата на въздуха по съответните сценарии, бяха добавени и някои допълнителни предиктори, както следва:

- Температура на въздуха (925 hPa) и възходящ поток дълговълнова радиация за сценарий RCP2.6

- Температура на въздуха (925 hPa) и височина на геопотенциалната повърхнина (925 hPa) за сценариите RCP4.5 и RCP6.0

- Температура на въздуха (925 hPa), височина на геопотенциална повърхнина (925 hPa) и възходящ поток дълговълнова радиация за сценарий RCP8.5

Резултати и дискусия

В таблица 1. е показана корелацията между получените данни от съставените статистически модели (от съответните предиктори за прогнозиране на температурата на въздуха по съответните сценарии) и реално измерените температури на въздуха в трите изследвани станции за периода 1950-2005 г. Вижда се, че всички стойности са много високи, което показва, че съставените статистически модели имат добра взаимовръзка с реално измерената температурата на въздуха.

Табл. 1. Корелация на Спирмън между резултатите от съставените статистически модели (МЛР модели) и измерените температури на въздуха за периода 1950-2005 г. за станциите Варна, Бургас и Констанца. Всички стойности са статистически значими

Месец	Констанца				Варна				Бургас			
	RCP2,6	RCP4,5	RCP6,0	RCP8,5	RCP2,6	RCP4,5	RCP6,0	RCP8,5	RCP2,6	RCP4,5	RCP6,0	RCP8,5
Януари	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Февруари	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,99
Март	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Апрл	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,99
Май	0,99	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Юни	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Юли	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Август	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Септември	0,98	0,97	0,99	0,99	0,99	0,98	0,97	0,98	0,98	0,98	0,97	0,98
Октомври	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Ноември	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Декември	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99

Прогнозираните отклонения в средномесечните и средногодишни температури на въздуха за периода 2068-2099г., спрямо настоящите (2005-2015г.) нива са показани на табл.2.

Вижда се ,че устойчиво повишение на температурата на въздуха по всички сценарии се очаква през месеците януари, февруари и април. Повишение на изследвания климатичен елемент като цяло се очаква и през месеците май, юни, юли, август, ноември и декември. Понижение на изследвания климатичен елемент се очаква предимно през месеците март, септември и октомври.Средногодишните температури на въздуха, съобразно сценарий RCP2.6, се очаква слабо да се повишат до средата на XXI век, след което слабо да се понижат в края на XXI век. Слабо повишение на изследвания климатичен елемент се очаква, съобразно сценарий RCP4.5, с около 0,5-0,6°C в края на века, спрямо настоящите нива (2006-2015) г. Значително повишение на средногодишните температури се очаква според сценариите RCP6.0 с 0,8-1°C, и съобразно сценарий RCP8.5, с 1,5-1,7°C към края на века, спрямо периода 2006-2015г.

Табл. 2. Прогнозирани отклонения (°C) в средномесечните и средногодишни температури на въздуха за периода 2068-2099г., спрямо настоящите (2005-2015г.) нива

Станция	Сценарий	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Констанца	RCP 2,6	1.6	0.1	- 0.9	0.6	- 1.3	- 0.2	1	- 2.7	- 1.7	-0.8	-0.7	-0.7	-0.5
Варна		0.2	0.9	- 0.5	0.1	- 1.1	0.4	-0.3	- 2.1	- 2.7	-1.1	-1	-1	-0.7
Бургас		0.9	0.8	- 0.1	0.9	0.4	- 1.6	-2.3	- 1.1	- 1.3	-0.6	0.1	0.1	-0.3
Констанца	RCP 4,5	1.3	1.4	- 0.7	0.4	1.7	- 0.4	0.3	0.3	- 0.7	1.1	1.1	1.1	0.6
Варна		1.9	1.2	- 0.5	0.9	0.1	1	0.4	0.6	- 0.1	1	0	0	0.5
Бургас		1.8	0.7	- 1.2	0.9	0.5	0.5	0.9	0.4	0.2	1.5	0.5	0.5	0.6
Констанца	RCP 6,0	1.8	2	- 1.2	0.9	1.1	1.6	2.8	1.5	- 0.9	0.9	0.5	0.5	1
Варна		2.8	1.8	- 0.5	2.7	0.2	1.6	1.8	- 0.4	0.5	1.4	- 0.9	-0.9	0.8
Бургас		2.6	1.5	1	3	0.6	1.1	1.4	2.3	-1	-0.2	- 0.6	-0.6	0.9
Констанца	RCP 8,5	4	2.1	-1.5	0.9	0.9	-0.2	2.4	2.8	-0.2	-0.3	3.5	3.5	1.5
Варна		4.6	3.5	-1.5	3.2	0.8	2.2	3.5	2.7	-0.6	-0.8	2	2	1.8
Бургас		4.1	2.9	0	1.1	- 0.6	3.3	3.7	2	-1.2	-0.4	1.7	1.7	1.5

Изводи:

Основните изводи от настоящото изследване са:

- Конструираните множествено-регресионни линейни модели описват добре температурата на въздуха през всички месеци от годината в изследвания регион.Статистическото прецизиране с използване на повече климатични модели и предиктори подобрява качеството на статистическите модели.
- Прогнозите според съставените статистически модели съобразно сценарий RCP 2,6 показват слабо понижение на средногодишните температури на въздуха, в резултат от устойчивото понижение на температурата на въздуха през месеците март, август, септември и октомври.
- Прогнозите съобразно сценариите RCP 4,5 показват слабо повишение на средногодишните температури на въздуха, което се дължи на очакваното повишение на средномесечните температури на въздуха през месеците януари, февруари, април, юни и юли.
- Прогнозите според сценариите RCP 6,0 и RCP 8,5 показват устойчиво повишение на средногодишните температури на въздуха, дължащо се на устойчивото повишение на средномесечните температури на въздуха през почти всички месеци от годината.

Литература:

1. Alexandrov, V. (1997) GCM climate change scenarios for Bulgaria. Bulgarian Journal of Meteorology and Hydrology 8(3–4): 104–120.
2. Alexandrov, V. (1997) Vulnerability of agronomic systems in Bulgaria. Climatic Change, Vol. 36, 1-2: 135-149. DOI: 10.1023/A:1005309911597
3. Alexandrov, V. (1999) Vulnerability and adaptation of agronomic systems in Bulgaria. Climate Research,Vol. 12: 161–173.
4. Alexandrov, V., G. Hoogenboom (2000) The impact of climate variability and change on crop yield in Bulgaria. Agricultural and Forest Meteorology, Vol. 104, Issue 4: 315-327. doi:10.1016/S0168-1923(00)00166-0
5. Alexandrov, V., M. Genev (2003) Climate Variability and Change Impact on Water Resources in Bulgaria.European Water, 1/2: 25-30.
6. Chang, CH., G. Knight, MP. Staneva, D. Kostov (2002) Water resource impacts of climate change in southwestern Bulgaria. GeoJournal 57: 159–168. DOI: 10.1023/B:GEJO.0000003611.11187.5c
7. Huth, R. (2002) Statistical downscaling of daily temperature in central Europe. J. Climate, 15, 1731-1742.
8. Nojarov, P. (2012) Bulgarian mountains air temperatures and precipitation – statistical downscaling of global climate models and some projections. Theoretical and Applied Climatology 110 (4): 631–644.
9. Nojarov, P.(2015) Statistical downscaling of regional climate models in Bulgarian mountains and some projections. Theoretical and Applied Climatology, 119(1-2):83-98. DOI 10.1007/s00704-014-1110-6
10. Wilby, R. L.,T. M. L.Wigley, D. Conway, P. D. Jones, B. C. Hewitson, J. Main, D. S. Wilks (1998) Statistical downscaling of general circulation model output: A comparison of methods. Water Resources Research, 34, 2995-3008.

GLOBAL PROBLEMS WITH DEFORESTATION. EVALUATION OF SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT IN BULGARIA

Ekaterina Serafimova[1], Vilma Petkova[2,3]

[1]University of Chemical Technology and Metallurgy - Sofia, Engineering Ecology
[2]New Bulgarian University
[3]Institute of Mineralogy and Crystallography – Bulgarian Academy of Sciences
e-mails: ekaterina_sr@abv.bg; vpetkova@nbu.bg

Key words: *deforestation, climate changes, sustainable management*

Abstract: *Forests cover almost a third of the Earth's surface. This provides many environmental benefits, including a major role in the hydrological cycle, soil conservation and biodiversity conservation. In recent years it reaches to the ecological crisis because of deforestation. The most significant challenges to the forest sector are related to the impact of climate change, forest conservation of natural disasters, fires and illegal activities.*

Bulgarian forests perform multiple economic, environmental and social functions essential for sustainable development. They are a key factor in the formation and maintenance of habitats. Over the past twenty years, the absorption of greenhouse gases from forest areas offset between 10.7% -18.9% of total greenhouse gas emissions in Bulgaria. The growth of tree species is a largely net carbon accumulation, so that the assessment and forecasting of the condition and productivity of forests is essential to analyze the development of carbon emissions. Over the past 21 years, the absorption of greenhouse gases in the sector offset the 11.35% -19.9% of total greenhouse gas emissions in Bulgaria. The greatest role and storage of carbon (94-95% of the total absorption for the sector) are the territories occupied by forests.

ГЛОБАЛНИ ПРОБЛЕМИ С ОБЕЗЛЕСЯВАНЕТО. ОЦЕНКА НА УСТОЙЧИВОТО УПРАВЛЕНИЕ НА ГОРИТЕ В БЪЛГАРИЯ

Екатерина Серафимова[1], Вилма Петкова[2,3]

[1]Химикотехнологичен и металургичен университет, София, Инженерна екология
[2]Нов български университет
[3]Институт по минералогия и кристалография – Българска академия на науките
e-mails: ekaterina_sr@abv.bg; vpetkova@nbu.bg

Ключови думи: *обезлесяване, климатични промени, устойчиво управление*

Резюме: *Горите покриват почти една трета от земната повърхност. Това осигурява много ползи за околната среда, включително основна роля в хидроложкия цикъл, опазване на почвата и опазването на биологичното разнообразие. Въпреки това се достига в последните години до екологична криза заради обезлесяването Най-значимите предизвикателства пред горския сектор са свързани с въздействието на климатичните промени, опазването на горите от природни бедствия, пожари и незаконни действия.*

Българските гори изпълняват множество икономически, екологични и социални функции от особено значение за устойчивото развитие на страната. Те са ключов фактор за формирането и поддържането на жизнена среда. През последните двадесет години поглъщането на парникови газове от горските територии компенсира между 10,7%-18,9% от общите емисии на парникови газове в България. Растежът на дървесните видове представлява до голяма степен нетно натрупване на въглерод, така че оценката и прогнозирането на състоянието и производителността на горите е от съществено значение за анализиране развитието на въглеродните емисии. През последните 21 години, поглъщането на парникови газове в сектора компенсира 11,35%-19,9% от общите емисии на парникови газове в България. С най-голяма роля за и складирането на въглерод (94-95% от общото поглъщане за сектора) са територииите, заети от гори.

1. Introduction

Today forests cover about 312 milion ha, which is 33% of the area of the continent. Half of this territory is located in the European part of Russia. The distribution of forests in different countries is different - from 6% in Ireland to 66% in Finland [1-4].

Forests provide a broad variety of environmental, economic and social benefits, including forest products from timber and non-timber forest products and environmental services essential for humankind, such as maintaining biodiversity and ecosystem functions and protecting the climate system [5,6]. Due to the growing demand for timber and timber products on the global and simultaneous weaknesses in institutions and governance in the forestry sector in many producing countries, illegal logging and related trade became a major issue that generates more but less concern for the environment. It poses a significant threat to forests as it contributes to the process of deforestation and degradation of forests, which is responsible for about 20% of global emissions of CO_2, threatens biodiversity, and undermines sustainable management and development of forests [7,8]. It poses a serious threat and leads to desertification and soil erosion and can exacerbate extreme weather events and flooding. It also has social, political and economic implications, often undermining progress towards good governance goals, threatening the livelihood of forest-dependent communities [9,10]. Deforestation due to logging their fires, pollution, erosion, acid rain, mining, urbanization/industrialization and infra-structure, wars and role of the military, tourism, Overpopulation and poverty, fuel wood and etc [1,11].

Deforestation in the world - and cause problems

Earth has lost 18 million hectares woody cover in 2014, with the greatest losses of forests were reported in the basin of the Mekong River in Asia and in West Africa. Losses - equivalent to an area twice applied over the area of Portugal [6]. These are the most serious losses since 2001. 16 countries have relatively large forest area of about one million hectares each, and three of these countries, namely Chad, Iran and Mongolia have ten million hectares of forest. The forest area remained fairly stable in North and Central America as it expands in Europe in the last decade [8]. A decrease of more than 0.5% in forest area are reported across Central and South America, across North Africa. Decrease between 0.2 and 0.01 percent a year is celebrated across North America, Delta. Amazon river, much of continental Africa. Brazil is home to the largest rain forest biome in the world, the Amazon, containing by far the largest portion of remaining rain forest. The legal Amazon covers 60 percent of the Brazilian territory, with some 21 million inhabitants, or about 12 percent of the population, nearly 70 percent of whom live in cities and towns. Brazil also has the largest freshwater reservoir in the world, with the Amazon region alone containing up to one fifth of the world's fresh water [2, 7]. Over the last 500 years, Brazilian forests have been subject to the unsustainable extraction of high quality timber such as rosewood, as well as non-timber species such as palm heart. Anthropogenic large-scale forest fires are also a common feature of Brazilian forest history. The dynamics of deforestation and land use in the Amazon are fairly similar to those which have been observed in other biomes of Brazil, such as the Atlantic rainforest, which is about 93 per cent deforested [3]. Between 1990 and 2010, Zambia lost an estimated 6.3% of its forest cover or around 3,332,000 hectares [4].

Almost no change is not recorded in Australia. The highest forest cover (over 70%) in Africa Gabon and Guinea, and the lowest Egypt and Libya. In North and Central America's highest forest cover of Belize - 88%. Very low (0 to 20%) has forest cover of the islands. In South America, Suriname has 95%, Guyana - 94%. Lowest forest cover is Uruguay - 5%. In Asia, the highest forest cover is Brunei - 87%. More than 60 percent forest cover have yet Bhutan, Cambodia, Indonesia, Japan and Korea. Iraq has very low forest cover between 0 and 1% [1, 4, 12].

Solving problems with deforestation - good practices

Ways to reduce deforestation must go hand in hand with improving the welfare of people on the border of the forest. There are no general solutions and strategies to address the problem of deforestation, as they will differ in terms of the region, and change over time. All strategies require effective implementation of strategies, development of management plans, monitoring and enforcement [1-4].

Strategies should include an increase in the forested area of the country, improvement of forests and forest resources, compliance with generally accepted criteria and indicators for sustainable management and improve forest health, including their capability for adaptation to climate change and anthropogenic stresses through [5-9]:

- Restoring forest on deforested areas, afforestation threatened by erosion and abandoned lands;

- Increased sustainability and productivity of forest plantations in order to adapt to climate change and the needs of society for forest products and healthy living environment;

- Conservation and sustainable management of forests;

- Application of Natural friendly cultural systems based on natural regeneration potential of forests;

- Strengthen international efforts and processes related to the conservation of biodiversity, mitigation of climate change, conservation and sustainable management of forests;

- Certification in forest management [10].

2. Methodology and statistical data

Problems and cause and effect relationships of deforestation in Bulgaria. Bulgarian forests perform multiple economic, environmental and social functions essential for sustainable development. They are a key factor in the formation and maintenance of habitats. Over the past twenty years, the absorption of greenhouse gases from forest areas offset between 10.7% -18.9% of total greenhouse gas emissions in Bulgaria. The growth of tree species is a largely net carbon accumulation, so that the assessment and forecasting of the condition and productivity of forests is essential to analyze the development of carbon emissions. Over the past 21 years, the absorption of greenhouse gases in the sector offset the 11.35% -19.9% of total greenhouse gas emissions in Bulgaria. The greatest role and storage of carbon (94-95% of the total absorption for the sector) are the territories occupied by forests [11, 13, 15].

Forests in Bulgaria

Every day in Bulgaria is cut forest the size of 100 football fields. From 1992 to 2005 the area of forest has decreased by approximately 15%. As a consequence deforestation are floods, landslides, forest fires, risk of adverse weather phenomena such as drought, high winds and tornado, heavy snowfalls, snowstorms, ice and extreme temperatures [15].

Over 21,000 hectares precious ancient forests now fall under the protection of law in Bulgaria. Identified at least 150 forest ecosystems divided into arrays of at least two hectares, the characteristics of forests development in old growth - and are located outside areas of strict protection. Ancient forests, or forests development in old growth have very high importance for biodiversity and play a crucial role in the regulation of the water cycle, i.e. to prevent flooding and to provide water for domestic, agricultural, industrial [13-15].

For the evaluation of the factors affecting desertification uses three types of indicators: proportion of protected areas, forest trees damaged by defoliation and forest growth and fellings. They are given their quantitative data and assessed in this study.

Proportion of protected areas

The indicator represents the share of the protected areas of the country's territory. It is crucial with regard to measures to ensure biodiversity, the overall protection and management of natural resources and to avoid undue exploitation. Country building and ensure the functioning and preservation of the system of protected areas as part of regional and global network of protected areas in accordance with international treaties on environmental protection which part is Bulgaria. In recent years, Environmental protection and biodiversity are among the top priorities of Bulgaria. In 2013 protected areas in Bulgaria is 584 587 ha compared to 2003 has increased by 39,583 hectares. The proportion of protected areas of the country's territory in 2013 amounted to 5.3% and compared to 2003 increased by 0.4 percentage points.

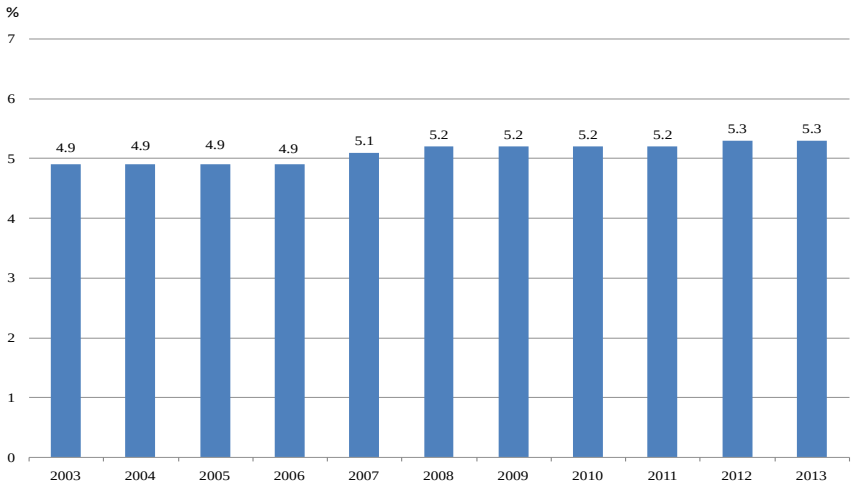


Fig. 1. Proportion of protected areas of the country's territory (Data on protected areas is provided by the Ministry of Environment and Water) [16]

Forest trees damaged by defoliation

The indicator provides information on the proportion of trees in forests affected to varying degrees (low, medium, heavy or dead) by defoliation. Defoliation loss of needles or leaves in the crown of the tree, which is estimated by comparison with reference tree. The process is influenced by climatic factors (especially drought, temperature extremes, storms), insect pests and fungal pathogens, and the condition of the soil, air pollution, greenhouse gases and other [13-15]. Overall for the period 1995 - 2011 the data for Bulgaria showed fluctuating trend towards reducing the value of the indicator. In 2009, the existing surveillance network has been revised. Within this revision of some places that have not been covered are created new sample plots, some test areas not meeting the requirements are replaced. As a result of these developments the value of the index for 2009 fell by about 1/3 and reached 21.1%, which is close to the average indicator for the EU in 2009. In 2012, the value of the indicator again rose and reached the level of 2003.

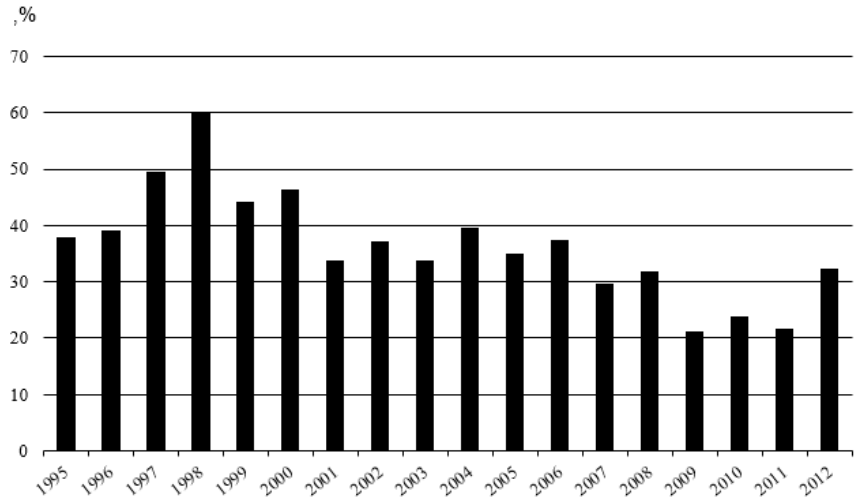


Fig. 2. Forest trees damaged by defoliation [16]

Forest growth and fellings

The index measures the proportion of the annual felling of the annual net forest growth [11]. For the period 1990 - 2005 the values of the indicator for Bulgaria are below the average for EU-27 and are one of the lowest among Member States. In 2005, only Italy, Denmark, Cyprus and Luxembourg data lower than those for Bulgaria.

The value of the indicator for Bulgaria for the last five years (2006 - 2010 years) remained almost at the same level, with a slight downward trend

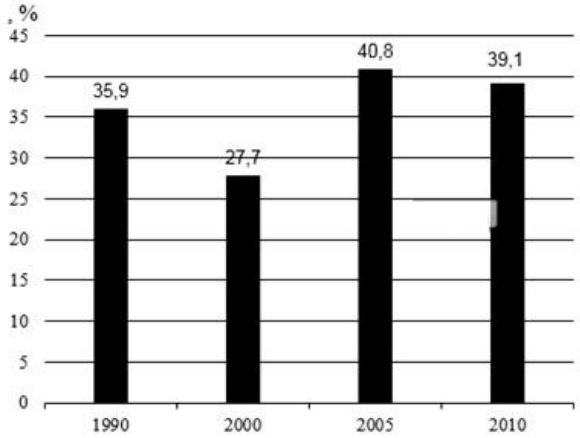


Fig. 3. Growth and forest logging[16]

According to [17] The average annual growth per hectare pine forest is between 2.39 and 4.25 tons or an average of 3.32 tons. This is accumulated pulp a year. The carbon in wood table fluctuates between 40 and 60%, so it can be assumed average of 50%. Obtained that accumulated in a hectare of forest carbon is about 1.7 tons. As trees accumulate entirely atmospheric carbon, it can calculate revised carbon dioxide.

Forest areas of Bulgaria in 2011 to take up 4,148,114 ha or 37.4% of the territory. Of these, 3,774,778 mln. Ha (91.0%) have forests. The area of vacancies of forest trees forest areas is 373 336 ha. Since 2005, total forest area of the country has increased by 71 650 ha (1.73%). Key factors that favor the dynamics of this process are self-afforesting of treeless forest areas and abandoned lands outside forest areas and afforestation of treeless forest areas. Observed the following trends [13-15]:

1) increase the area of forests through natural succession processes;

2) reducing the forest area created as a result of afforestation - 4 591.0 ha in 2006 to 1 498.3 ha in 2011 .;

3) reducing the area of coniferous forests and coniferous plantations

The average age of the forests increased from 49 to 53 years. In coniferous forests with the largest area participation are those aged 21 to 40 years - 42%. Coniferous trees older than 80 years occupying 20.9% of the area of coniferous forests. In deciduous forests, the share of middle-aged and mature trees. The average age of coppice forests for conversion into seed and low-stem forests also increases.

For the period 2005 - 2010 the average annual growth rate increased from 14.1 milion m^3 to 14.4 million m^3.

The reported average annual use of wood up to 50% of average annual growth.

The amount of harvested roundwood during the period varies in the range of 5465 thousand. m^3 and 7414 thousand m^3, with the exception of the large decline in 2009. The lowest values of the timber marked in 2009 and 2010, which was influenced by the economic crisis. Almost 2/3 of the annual volume of timber harvested in state forest areas with an increasing trend over the period 2007 - 2011 - from 65.8% to 75.1% of the average annual volume of harvested timber. The distribution of harvested during the period 2006 - 2011 year wood categories - large, medium, small and firewood, respectively 20: 18: 4: 57. Compared to 2005, consumption of roundwood in Bulgaria expressed by the value of the indicator 'consumption of roundwood and products increased by 18% [3].

Assessment and sustainable management of forests in Bulgaria

In order to promote sustainable forest management, it must be sustainable, environmentally, economically and socially viable. Achieving environmental sustainability implies that the environmental values of the forest should not be broken, and if possible, they should improve. This means that forestry and management must not reduce biodiversity, soil erosion should be controlled, soil fertility should not be lost, water quality should be maintained and that forest health and vitality they need to maintained.

It is seen that the importance of forests is immense, it is not confined to the reduction of CO2. According to [15] forests provide about 85% of the water flow in Bulgaria. Increasing forest by 30%

would lead to the absorption of 75% of emitted carbon dioxide without taking into account the benefits of water resources.

SWOT analysis of the forestry sector

To define the objectives and strategy selection is made SWOT analysis, in which the forest sector is subject to strategic analysis and assessment of "strong" and "weak" countries. The environment in which the sector operates, is differentiated, analyzed and evaluated as "opportunities" and "threats". SWOT analysis of the forestry sector are the basis for assessing the strengths and weaknesses at the moment and the opportunities and threats for the future development and the possibility of threat from deforestation. They should be considered in the formulation of strategic priorities and measures of the state policy in the field of forestry.

Table 1. SWOT analysis of the forestry sector

Strengths	**Weaknesses**
• Favorable natural conditions • Sustained increase in the forest area • Increasing share of natural and semi-natural forests • Over 57% of forest areas included in the National Ecological Network • Increasing the average annual growth of wood and realization of use to 50% of growth	• Save the intensity of violations in forest areas • Low efficiency of the application of penal provisions • Underdeveloped information system for forests • Morally and physically obsolete facilities and equipment in logging • Insufficient participation of science to solve the challenges facing the forestry sector;
Opportunities	**Threats**
• Effective absorption of EU funds in the sector • Improving forest management • Maximize the potential of tourism development in forest areas; • Improve the skills and knowledge of those working in the sector; • Construction of optimal information system; • Conducting National Forest Inventory	• The negative impact of climate change • The risk of natural disasters and forest fires; • Expansion of illegal logging and poaching • Excessive use of wood in certain forest areas

3. Conclusions

Maintaining healthy, productive and multifunctional forest ecosystems are an important priority tool contributing to alleviate the negative effects of climate change.

Forests are a major sink for carbon dioxide (CO_2) and have paramount importance in the absorption of carbon through photosynthesis. They are an important link in the global carbon cycle because of their ability to capture CO_2 from the atmosphere and store it in their biomass, dead forest litter / MGA / and forest soil.

The growth of tree species is a largely net carbon accumulation, so that the assessment and forecasting of the condition and productivity of forests is essential to analyze the development of carbon emissions. Over the past 21 years, the absorption of greenhouse gases in the sector offset the 11.35% -19.9% of total greenhouse gas emissions in Bulgaria. The greatest role and storage of carbon (94-95% of the total absorption for the sector) are the territories occupied by forests

Maintenance and conservation of forest resources must be state policy to be directed towards the fight against wind and water erosion, desertification and adverse effects of global warming. Promotion and implementation of preventive measures to prevent forest fires, restoring forests and implementing afforestation activities in order to increase land used sustainably convert low quality abandoned land into forests, reduce soil erosion and improve water balance.

References:

1. Chakravarty, S. S., Ghosh, S. K., Suresh, C. P., Dey, A. N., Shukla, G., Deforestation: Causes, Effects and Control Strategies, Global Perspectives on Sustainable Forest Management, Dr. Dr. Clement A. Okia (Ed.), ISBN: 978-953-51-0569-5, 2012.
2. Margulis, S., Causes of Deforestation of the Brazilian Amazon, World Bank Working Paper № 22, ISBN: 0-8213-5691-7, 2004
3. Virgilio, M. V., Sustainable Development in Practice: Lessons Learned from Amazonas, Environmental Governance No. 3. International Institute for Environment and Development, London, ISBN: 978-1-84369-773-2, 2010.
4. Siyanga, L., Muyoyeta, L., Deforestation and sustainable development, National reports , Social Watch, 2012
5. FAO. 2008. FAOSTAT database. Available at: faostat.fao.org
6. Gao, Y., Skutsch, M., Masera, O and Pacheco, P. A global analysis of deforestation due to biofuel development. Working Paper 68. CIFOR, Bogor, Indonesia, 2011.
7. Azevedo-Ramos, C., Amaral, B.D., Nepstad, D.C., Soares-Filho, B. & Nasi, R. . Integrating ecosystem management, protected areas and mammal conservation in the Brazilian Amazon. Ecology and Society, 11(2): 2006,17–41.
8. Angelsen, A. Policies for reduced deforestation and their impact on agricultural production. Proceedings of the National Academy of Sciences 107, 2010,19639-19644.
9. Chhatre, A., Agrawal, A., Trade-offs and synergies between carbon storage and livelihood benefits from forest commons. Proceedings of the National Academy of Sciences 106, 2009, 17667-17670.
10. Forest Stewardship Council, Global FSC certificates: Type and distribution. Online at http://www.fsc.org/fileadmin/webdata/public/document_center/powerpoints_graphs/facts_figures/2011-03-15-Global-FSC-Certificates-EN.pdf., 2011.
11 Mardirossian, G., Natural disasters and ecological catastrophes. Study, prevention, protection, ISBN 978-954-322-350-3, 2009
12. Anonymous,. Global Forest Resources Assessment, 2010-Main Report. FAO Forestry Paper 163., 2010, Rome, Italy, 340
13. Tsonev, R. Dimova, D. Tsvetkov, P. (ed.) 2009. Guide to assess the favorable conservation status of natural habitat types and species Natura 2000 in Bulgaria. Ed. Bulgarian Foundation "Biodiversity";864. http://www. natura 2000 biodioersity.bg
14. Regimes for sustainable forest management in Natura 2000, ISBN: 978-954-90748-9-5
15. National strategy for development of the forestry sector in Bulgaria for the period 2013 – 2020
16. www.nsi.bg
17. Todorov, T. P., Evaluation of the quantities absorbed CO_2 from forest ecosystems within the productive cooperation "KARLAK-SS." Chemical Technology and Metallurgy Sofia 2011.

S E S 2 0 1 6
Twelfth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
2– 4 November 2016, Sofia, Bulgaria

ПОЖАРИ В БЛИЗОСТ ДО ОБЕКТИ ОТ КРИТИЧНАТА ИНФРАСТРУКТУРА

Иван Димитров

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

FIRES NEAR CRITICAL INFRASTRUCTURE OBJECTS

Ivan Dimitrov

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

Keywords: *critical infrastructure objects , fires, risk*

Abstract: *The paper presented fires near critical infrastructure objects and considers a concrete example of accidental fires near critical infrastructure objects .*

Пожарите възникват основно от неспазване на регламентираните правила за пожарната безопасност, умишлени палежи и природни явления. Извън населените места и промишлените райони те се подразделят на полски и горски пожари. В някой случаи полските пожари могат да прераснат в горски и обратно. Това бедствено явление с висока степен на обществен риск увеличава своята опасност при възникване до обекти от критичната инфраструктура.

Обектите на критичната инфраструктура на България са определени от Наредба 256 на Министерски съвет от 17 октомври 2012 г. В нея са определени сфери на стопанския живот на страната, които имат отношение към националната сигурност на Република България.

"Критична инфраструктура" е система или части от нея, които са от основно значение за поддържането на жизненоважни обществени функции, здравето, безопасността, сигурността, икономическото или социалното благосъстояние на населението и чието нарушаване или унищожаване би имало значителни негативни последици за Република България в резултат на невъзможността да се запазят тези функции.

"Обект на критична инфраструктура" е организационно и/или икономически обособена част от критичната инфраструктура, която е ключова за нормалното функциониране, непрекъснатостта и целостта ѝ.

"Собственици/оператори на критични инфраструктури" са физически или юридически лица, които отговарят за инвестирането или за нормалното функциониране, непрекъснатостта и целостта на определена система или на част от нея, установена като критична инфраструктура в Република България.

"Енергетика" – секторът включва подсектори електроенергия, нефт и газ, които са съставени от следните обекти: АЕЦ "Козлодуй"; комплекс "Марица Изток"; ядрено хранилище Нови хан; ТЕЦ "Варна"; Национална електрическа компания (НЕК); транзитни нефтопроводи и газопроводи; електрически подстанции и др. Провеждането на дейности по гарантиране сигурността на сектора се контролира от Министерство на икономиката и енергетиката.

Така дефинираните обекти от критичната инфраструктура предполагат предприемане на специфични мерки за превантивна дейност, мониторинг, управление на риска, регистрация на възникнали критични събития, борба с възникналите пожари и тяхната ликвидация с минимизация на риска и щетите от тях. Всеки обект подложен на риск от пожар може да нанесе специфични щети за сигурността на Република България. Борбата с тези вредни явления изисква комплексен подход, използване на съвременни методи и средства, участие на съответните научни и държавни структури.

Необходимо е да се изгради национална система за управление на риска при полски и горски пожари, която до дава възможност за:

- минимизиране на вероятността за възникване на пожари;
- планиране на залесяването;
- своевременно откриване на пожари;
- управление на овладяването и ефективно гасене;
- определяне на възникващите опасности за инфраструктурата и населението;
- определяне на вероятните емисии в атмосферата;
- замърсявания на реки, водоеми и подпочвени води;
- ликвидиране на краткосрочните и дългосрочни последствия от пожарите;
- архивиране на всички значими данни за възникнали събития;
- анализ на статистическия материал и приемане на решения;
- моделиране на критичните процеси.

Дистанционно откриване и наблюдение на пожарите

Дистанционното откриване може да се реализира от стационарни наблюдателни пунктове, летателни апарати (пилотируеми и безпилотни) и космически летателни апарати. Безпилотните летателни апарати имат висока ефективност при наблюдение на динамиката на пожарите и управление на гасене на огнищата. Сателитните информационни системи позволяват оперативно наблюдение на големи територии, автоматично откриване на пожарните огнища и получаване на оперативна информация за динамиката на процеса. Информацията с високо разрешение има висока пазарна цена.

Сателитната информация позволява да се определи:

- температура на пожара;
- мощност;
- напрегнатост на фронта;
- локална посока на вятъра;
- площ на огнището;
- координати и размери на горящия фронт;
- динамика на пожара;
- оценка на краткосрочните и дългосрочни последствия от пожара;
- ефективност на предприетите методи и средства за гасене;
- ефективност на превантивните дейности.

Планиране и превантивни дейности

Планирането на залесителната дейност е пряко свързана с пожарогенните обекти, с високо рисковите обекти при пожар, с минераложката обстановка и други информационни слоеве. Залесяването с иглолиста растителност в непосредствена близост до пожарогенни обекти (населени места, вилни зони, ж.п. линии, сметища, промишлени обекти и др.) повишава степента на риск и вероятността за възникване на пожари. При иглолистната растителност съществува положителна 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. Притежава висока степен на пазарна реализация и икономически интерес.

Превантивната дейност предполага следните основни дейности:

- изграждане на стационарни пунктове за наблюдение на възникнали пожари;
- създаване на горски просеки;
- прокарване на горски пътища;
- мониторинг на свлачищата и свлачищните процеси;
- контрол за спазване на противопожарните правила.

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.

Това дава възможност за тяхното структурирано описание, планиране, извършване на превантивна дейност и мониторинг за минимизиране на вероятността за възникване на пожари. Основен нормативен документ, отнасящ се до пожарогенните обекти е **„Наредба № 30 за условията и реда за извършване на противопожарни мероприятия в горския фонд и опазване на горите от пожари”**. Посочените в наредбата дейности не намират широко приложение.

Примери на възникнали пожари в близост до обекти от критичната инфраструктура

Лятото на 2007 г. се характеризираше с ниско количество на валежите и многобройни полски и горски пожари. Някой от тях възникнаха и се развиха край обекти от критичната инфраструктура.На фиг. 1 и фиг. 2 са представени пожари в района на Мъглиж и Столник през 2007 година, регистрирани от LANDSAT 7 ETM+. При композиране и обработка на изображенията са използвани канали 1,2,3,4,5,7 от LANDSAT 7 ETM+. Пожарът край с. Столник се характеризира с наличие на обекти с висока степен на риск и сложна минераложка и техногенна обстановка. До с.Бухово се намират затворените мини за добив на уранова руда, обогатителен комбинат, две хвостохранилища, речни корита и дерета с голяма степен на замърсявания с радионуклеиди. Пожарът край Мъглиж се характеризира с голяма площ, непосредствена близост на водосборния район на р.Тунджа, използвана в цялото си поречие за питейни цели чрез система от кладенци, близост до подбалканската магистрала и ж.п. линията София – Бургас.

Полигон за наблюдение

Избран е полигон за наблюдение между с.Селиминово, с.Гавраилово и с. Чочовен (от подстанция на електропреносната мрежа „Бинкос” до околностите на град Сливен). През избрания полигон за извършване на наблюдение преминава подбалканската магистрала, ж.п. линията София – Бургас и има висока концентрация на пожарогенни обекти. На полигона често възникват горски и полски пожари.

Пример за генерация на горски пожар от незаконно сметище в района на подстанция „Бинкос” е приложен на Фиг. 3. На нея е представен възникнал горски пожар на 27 септември 2010 г. в 11:28 часа. Изгарят 50 дка иглолистни и 70 дка широколистни гори, както и ниска растителност и треви до с. Селиминово. 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 и ниска влажност на почвата спомагат за бързото разпространение на пожара. Горенето и обгазяването на територия с обща дължина 30 км е регистрирано на сателитни снимки MODIS - Aqua. Пожарогенен обект в избрания полигон е захранващата подстанция на железопътната линия София - Бургас. Наличието на подстанцията дава възможност за възникване на искрене в контактната мрежа и нееднократно е създавала условие за възникване на пожар.

В избрания полигон между с. Гавраилово и с. Чинтулово на 31.08.2011 г. е регистриран е полски пожар в подножието на Стара планина при наличие на силен северен, северозападен вятър. Развитието на пожара и последствията от него са представени на приложените фиг. 5 – фиг. 6.

Пример за горски пожар в района на село Чинтулово е представен на фиг. 7 - фиг. 8. Пожарът възниква на 1 октомври 2012 г. Изгарят 200 декара борова гора между с. Чинтулово и гр. Сливен. Застрашени са вилната зона и обекти с висока степен на риск на МО. В гасенето са участвали всички екипи на "Пожарна безопасност и защита на населението"- Сливен, на горското стопанство, както и доброволчески гасачески групи. Генерацията на пожара е в следствие на изгаряне на отпадъци на незаконно сметище. Наличието на силен източен вятър, сухи треви и ниска влажност на почвата спомагат за висока скорост на фронта на пожара. Горенето и обгазяването на територия с обща дължина над 30 км е регистрирано на сателитни

снимки Aqua-MODIS. На фиг. 7 е представена снимка във видимия диапазон на огнището на пожара и обгазения район.

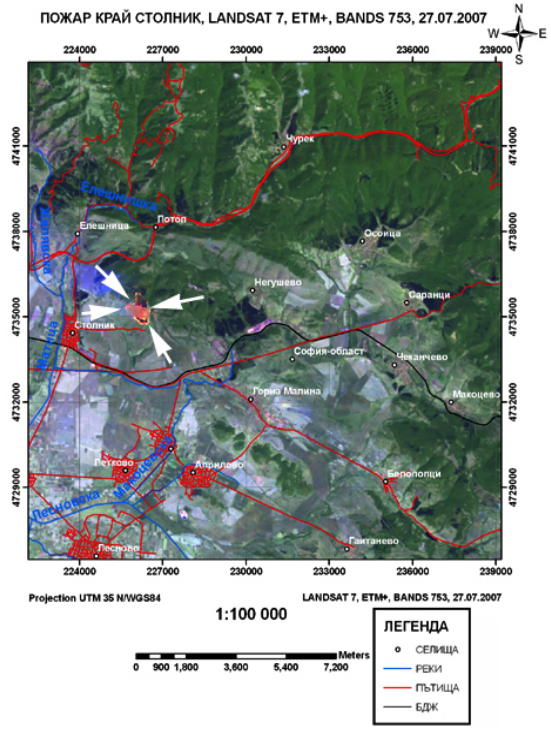
Пример за полски пожар е рисковото събитие край АЕЦ "Козлодуй", обект от критичната инфраструктура - сектор "Енергетика". Пожарът е регистриран на 19 и 20 ноември 2015 г. със сателитна информация от прибор MODIS на сателитите TERRA и AQUA. Пожарът на 20 ноември показва, че не са предприети превантивни мерки за повторение на рисковото събите. Пожарът е на разстояние 7 км от АЕЦ "Козлодуй" и дължина на обгазения регион над 151 км (фиг.4, фиг. 9 – фиг.12).

Анализ на разгледаните примерни пожари:

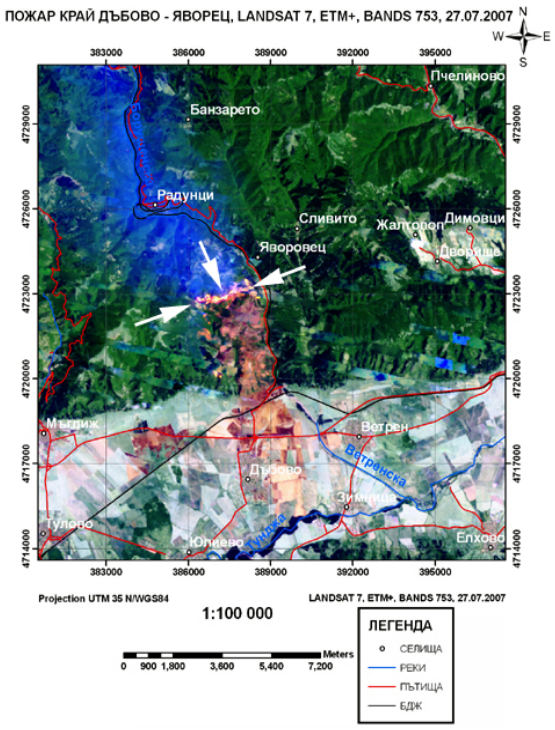
- не са извършени необходимите действия за почистване на ж.п. линията София-Бургас;
- няма технически средства за регистрация и сигнализация при пожар;
- няма необходима организация и действия от регионалната и местна власт за потушаване на пожара;
- няма действия от страна на частните стопански организации с рискови обекти в района на пожара (две бензиностанции и станции за автомобилен газ, газова регионална база за пропан-бутан, регионална складова и техническа база за дистрибуция на природен газ, консервна фабрика, арендатори и собственици на земя с неприбрана селскостопанска продукция);
- няма реална организационна и превантивна дейност в наблюдавания полигон от страна на специализираните организации за борба с пожари и природни бедствия;
- няма ефективен контрол на местата с незаконни сметища и тяхното запалване.

Заключение

Регистрираните пожари в близост до обекти от критичната инфраструктура показват липса на предварително създадени планове за реакция, превантивна дейност, стройна организация и спазване на приетите нормативни документи за противопожарна дейност. Борбата с тези вредни явления изисква комплексен подход, използване на съвременни методи и средства, участие на съответните научни и държавни структури.



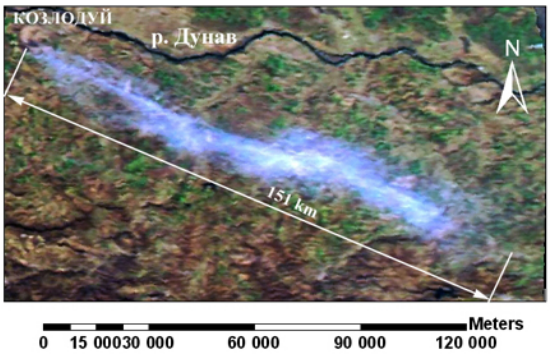
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



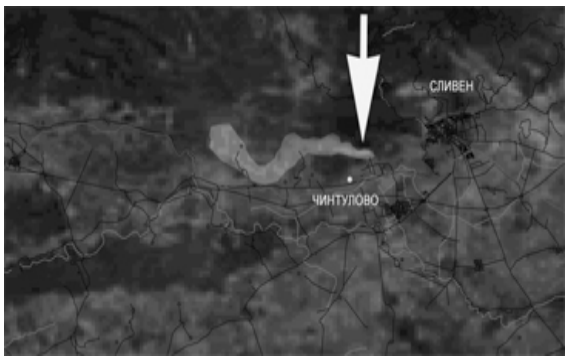
Фиг. 4



Фиг. 5



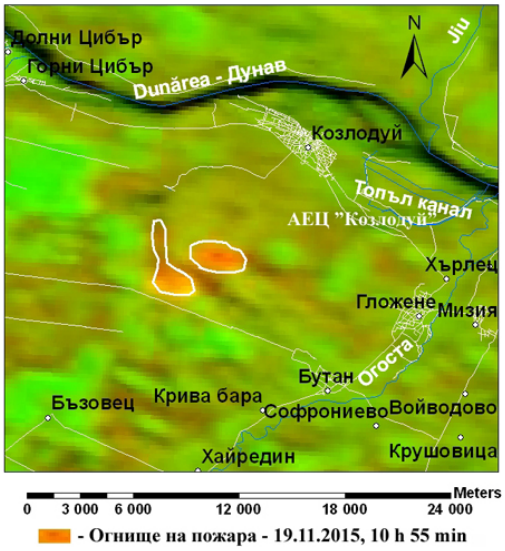
Фиг. 6



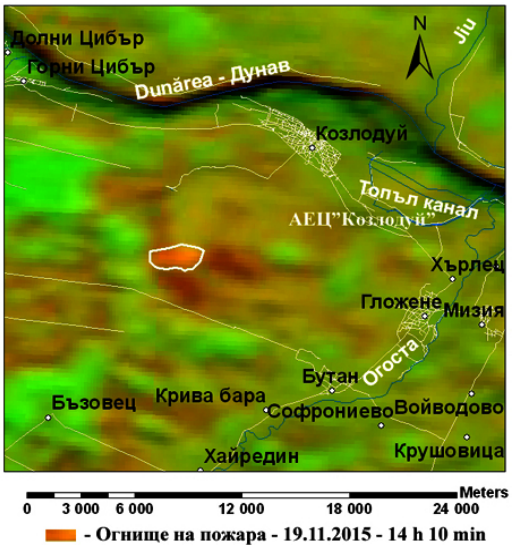
Фиг. 7



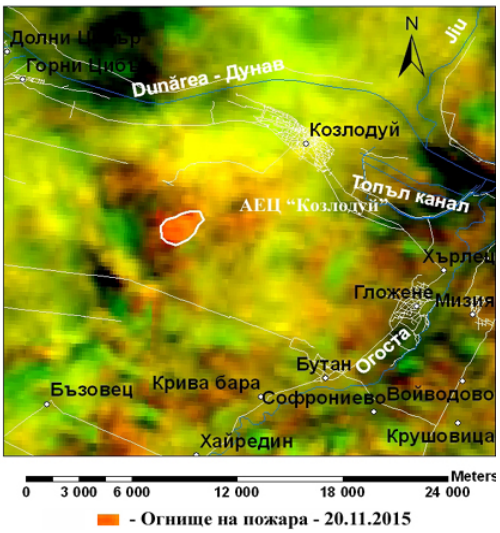
Фиг. 8



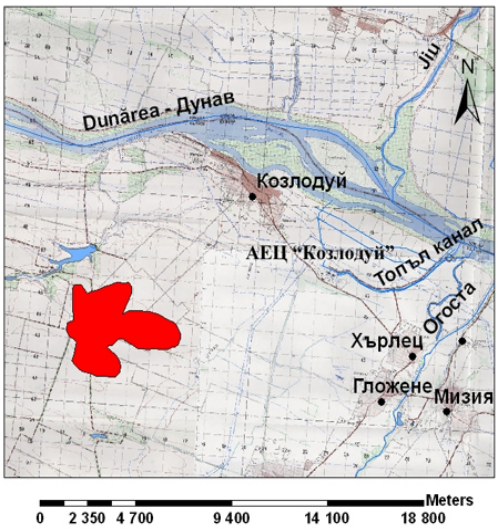
Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг. 12

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПОСЛЕДСТВИЯТА И СЪСТОЯНИЕТО НА ГОРСКИ ЕКОСИСТЕМИ СЛЕД ПОЖАР ЧРЕЗ ИЗПОЛЗВАНЕ НА ДИСТАНЦИОННИ АЕРОКОСМИЧЕСКИ МЕТОДИ И ДАННИ

Наталия Станкова, Румен Недков, Ива Иванова

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

Ключови думи: *дистанционни изследвания, възстановяване след пожар, вегетационни индекси, Disturbance Index*

Резюме: *Целта на настоящата работа е оценка на последствията и мониторинг на състоянието и възстановителните процеси на горски екосистеми след пожар на базата на дистанционни аерокосмически методи и данни. Използвани са спътникови изображения от Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, Landsat 8 OLI и Sentinel-2A. За целта на изследването се извършва проследяване на състоянието и последствията на горски екосистеми след пожар на територията на три големи пожара, възникнали през лятото на 2007 г. в югоизточна България.Направена е количествена оценка на състоянието на горските екосистеми за изследвания период (9 години след настъпване на пожарите) чрез пресмятане стойностите на различни вегетационни индекси на територията на подбрани тестови участъци.На базата на Tasseled Cap трансформация е изчислен Disturbance Index за оценка на смутеността на горските екосистеми за изследвания период.*

STUDY OF THE CONDITION AND EFFECTS OF FOREST ECOSYSTEMS AFTER FIRE USING REMOTE AEROSPACE METHODS AND DATA

Nataliya Stankova, Roumen Nedkov, Iva Ivanova

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

Keywords: *remote sensing, recovery after fire, vegetation indices, Disturbance Index*

Abstract: *The aim of this study is assessing the impacts and monitoring the condition and recovery processes of forest ecosystems after fire based on remote aerospace methods and data. Satellite images from Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM +, Landsat 8 OLI and Sentinel-2A were used. To achieve this goal, monitoring of the state and the consequences of forest ecosystems after fire was made on the territory of three large fires occurred in the summer of 2007 in southeastern Bulgaria. A quantitative assessment of the forest ecosystems' state for the study period (nine years after the fire occurrence) was made by calculating the values of different vegetation indices on the territory of the selected test areas. Disturbance Index was calculated based on Tasseled Cap transformation for assessing the disturbance of forest ecosystems for the study period.*

Въведение

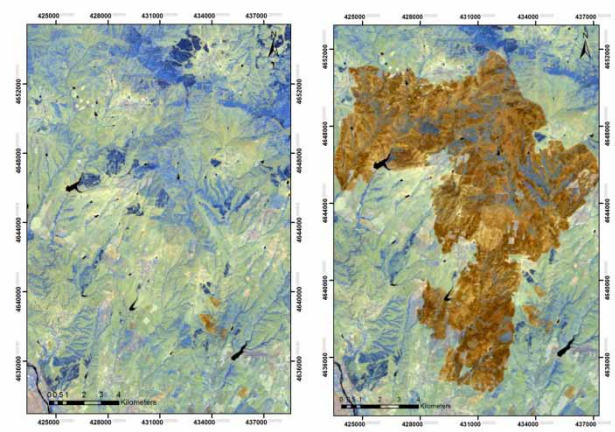
Аерокосмическите дистанционни методи са високотехнологичен инструмент за надежден и мащабен мониторинг на възстановителните процеси, протичащи в горските екосистеми след пожар. За оперативно, надеждно и мащабно такова изследване дистанционните аерокосмически методи, технологии и средства са незаменими [1]. Проследяването промяната на характеристиките на земното покритие с помощта на данни, получени от аеро- и космически летателни апарати е сравнително нова област в науката. В комбинация с бързо развиващите се Географски Информационни Системи (ГИС), дистанционните изследвания предоставят нови възможности за създаване на екологични модели в широк мащаб, например изучаване на последствията, след-пожарните ефекти и

възстановителните процеси, протичащи в екосистема след пожар. Изследвания, свързани с последствията от пожари, са били проведени от множество автори с различни цели като използването на вегетационните индекси е основния фактор в техните методологии [2].

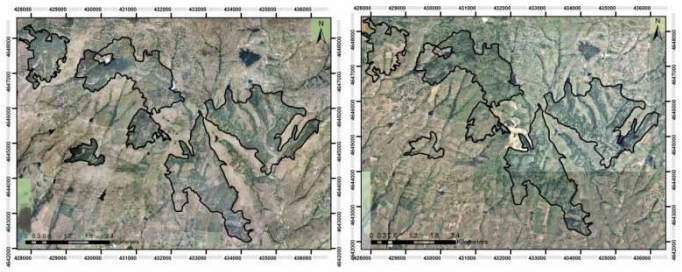
Обект на изследване

За целта на изследването се извършва проследяване на състояние и последствията на горски екосистеми след пожар на територията на три големи пожара, възникнали през лятото на 2007г. в югоизточна България [3, 4, 5]. На територията на всеки един от пожарите като тестови участъци са обособени областите, заети от горски екосистеми (Фиг. 2, Фиг. 4, Фиг. 6).

Изследваната територия на пожара от периода 28/07/2007 се намира в югоизточна България, област Хасково, северно от Свиленград, където през месец юли, 2007 г. избухва голям пожар [4, 5]. Изгорялата площ попада на територията на общините Харманли и Любимец. Местоположението и площта на изгорялата територия са идентифицирани с помощта на две композитни изображения - от сензора Landsat ETM+ преди пожара (20/07/2007) и Landsat TM няколко дни след пожара (28/07/2007) (Фиг. 1).



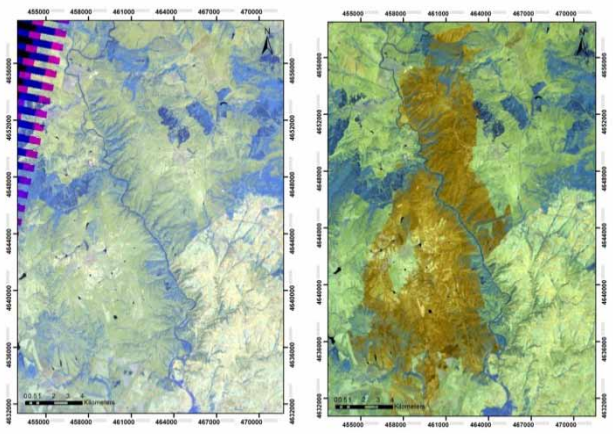
Фиг. 1. Спътниково изображение от 20/07/2007г. от Landsat ETM+, спектрални канали 7-5-4 (в ляво); Спътниково изображение от 28/07/2007г. от Landsat TM, спектрални канали 7-5-4 (в дясно)



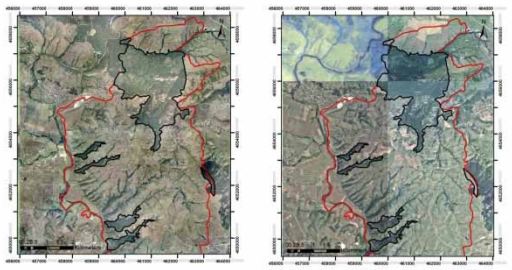
Фиг. 2. Аерофото изображения от 2006г. (в ляво) и 2011г. (в дясно) с тестовите участъци с горски екосистеми

Засегната е площ от 10989.8 ha. Координатите на пожара са N4651600m - E424000m и N4634000m - E438200m, UTM 35T. Разпространението на пожара е с обща дължина от 17.6 km и ширина - 14.2 km. Надморската височина за територията на пожара варира между 108 m и 627 m. Пожарът попада на територията на защитена зона BG0000212 „Сакар“ по Директивата за местообитанията [6], а по Директивата за птиците [7] половината от изследваната област попада на територията на защитена зона BG0002021 „Сакар“. Според картата на горите в България М 1:1 000 000, 1958 г. горите, които се намират на територията на изгорялата площ са издънкови дъбови гори [8].

Изследваната територия на пожара от периода 27/08/2007 се намира в югоизточна България, на границата между областите Хасково и Ямбол, където през месец август, 2007 г. избухва голям пожар [3]. Изгорялата площ попада на територията на общините Свиленград, Тополовград и Елхово. Местоположението и площта на изгорялата територия са идентифицирани с помощта на две композитни изображения от сензора Landsat TM - преди пожара (22/08/2007) и няколко дни след пожара (29/08/2007) (Фиг. 3).



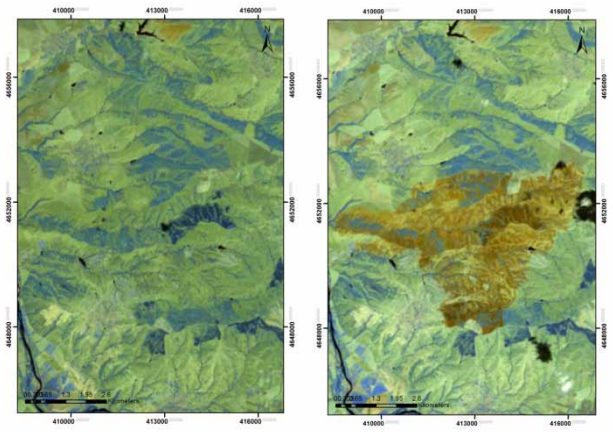
Фиг. 3. Спътниково изображение от 22/08/2007г. от Landsat TM, спектрални канали 7-5-4 (в ляво); Спътниково изображение от 29/08/2007г. от Landsat TM, спектрални канали 7-5-4 (в дясно)



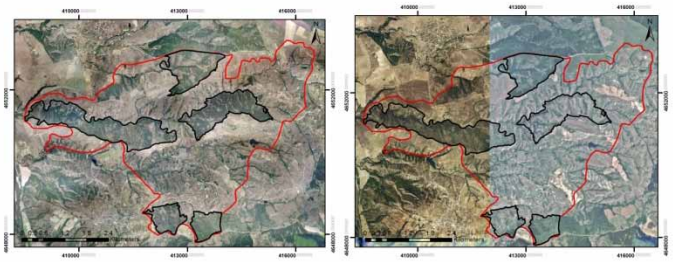
Фиг. 4. Аерофото изображения от 2006г. (в ляво) и 2011г. (в дясно) с тестовите участъци с горски екосистеми и вектора на пожара (в червено), обхващащ половината от засегнатата от пожара територия

Координатите на пожара са N4658400m - E462600m и N4630000m - E459500m, UTM 35T. Засегната е площ от 15798 ha. Разпространението на пожара е с обща дължина от 28.4 km и ширина – 10 km. Според Директивата за местообитанията [6] пожарът попада на територията на няколко защитени зони – BG0000212 „Сакар“, BG0000217 „Ждрелото на река Тунджа“ и BG0000218 „Дервентски възвишения 1“. Според Директивата за птиците [7] изследваната област попада на територията на защитена зона BG0002021 „Сакар“.

През месец август, 2007 г. в югоизточна България избухва още един голям пожар (Фиг. 5). Изследваната територия на пожара от периода 29/08/2007 се намира на територията на област Хасково, на границата между общините Харманли и Симеоновград. Местоположението и площта на изгорялата територия са идентифицирани с помощта на две композитни изображения от сензора Landsat TM – преди пожара (13/08/2007) и след пожара (29/08/2007) (Фиг. 5).



Фиг. 5. Спътниково изображение от 13/08/2007г. от Landsat TM, спектрални канали 7-5-4 (в ляво); Спътниково изображение от 29/08/2007г. от Landsat TM, спектрални канали 7-5-4 (в дясно)



Фиг. 6. Аерофото изображения от 2006г. (в ляво) и 2011г. (в дясно) с тестовите участъци с горски екосистеми и вектора на пожара (в червено)

Координатите на пожара са N4653400m - E415715m и N4647760m - E413275m, UTM 35T. Засегнатата площ е 2217 ha като разпространението на пожара е с обща дължина от 7.6 km и ширина – 5.5 km. Пожарът не попада на територията на защитени зони от Европейската екологична мрежа Натура 2000 [9]. Намира се в близост до защитените зони BG0000578 „Река Марица“ и BG0000425 „Река Съзлийка“ според Директивата за местообитанията [6].

Според Бондев [10] на територията на трите изследвани пожари преобладават смесени гори от различни видове дъбове – цер *(Quercus cerris L.),* благун *(Quercus frainetto Ten.),* граница *(Querceta pubescentis Willd.),* виргилиев дъб *(Quercus virgiliana Ten.)*. Среща се и келяв габър *(Carpinus orientalis Mill.)*. Храстите се състоят основно от обикновена драка *(Paliurus spina-christi Mill.)* и храстовиден жасмин *(Jasminum fruticans L.)*.

Материали и методи

За целта на настоящото изследване са използвани изображения от сензорите Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, Landsat 8 OLI и Sentinel-2A, набавени от USGS-EROS [11]. Подбраните изображенията са заснети веднъж годишно по време на вегетационния период като се вземат предвид дните с отсъствие на облачна покривка над изследваните територии. Изследван е период от 9 години след настъпване на пожарите (2007 – 2016 год.). Датите на използваните спътникови изображения, както и сензора, от който са получени, са показани в Табл. 1.

Табл. 1. Използвани спътникови изображения

Дати	Сензор	Дати	Сензор
20/07/2007	Landsat ETM+	25/08/2008	Landsat ETM+
25/07/2007	Terra MODIS	02/08/2009	Landsat TM
28/07/2007	Landsat TM	13/08/2010	Landsat ETM+
13/08/2007	Landsat TM	08/08/2011	Landsat TM
21/08/2007	Terra MODIS	13/08/2013	Landsat OLI
22/08/2007	Landsat TM	16/08/2014	Landsat OLI
29/08/2007	Landsat TM	18/08/2015	Landsat OLI
24/08/2008	Landsat TM	30/07/2016	Sentinel 2A

Наблюдението на спектралните промени, дължащи се на изгарянето, води до използването на различни спектрални индекси, които са комбинация от различни спектрални канали на сензора. В качеството на спектрални индекси за количествена оценка са избрани посочените в Табл. 2 индекси.

Табл. 2. Използвани спектрални индекси

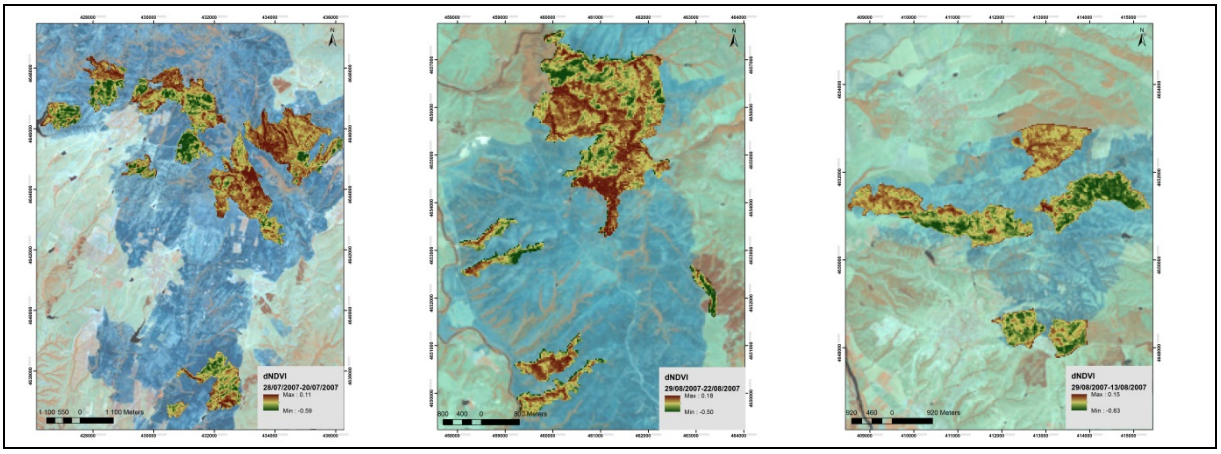
Спектрален индекс	Абривиатура	Формула	References
Normalized Difference Vegetation Index	NDVI	$\frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}}$	Rouse et al. (1973) [12]
Vegetation Condition Index	VCI	$\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}}$	Kogan and Sullivan (1993) [13]
Normalized Burn Ratio	NBR	$\frac{\rho_{NIR} - \rho_{SWIR}}{\rho_{NIR} + \rho_{SWIR}}$	Key and Benson (1999) [14]
Disturbance Index	DI	$nBR - (nGR + nW)$	Healey et al (2005) [15]

Резултати

Под формата на растер на Фиг. 7 са визуализирани стойностите на dNDVI на територията на тестовите участъци с горски екосистеми за трите изследвани пожара.

1) $$dNDVI = NDVI_{\text{след пожара}} - NDVI_{\text{преди пожара}}$$

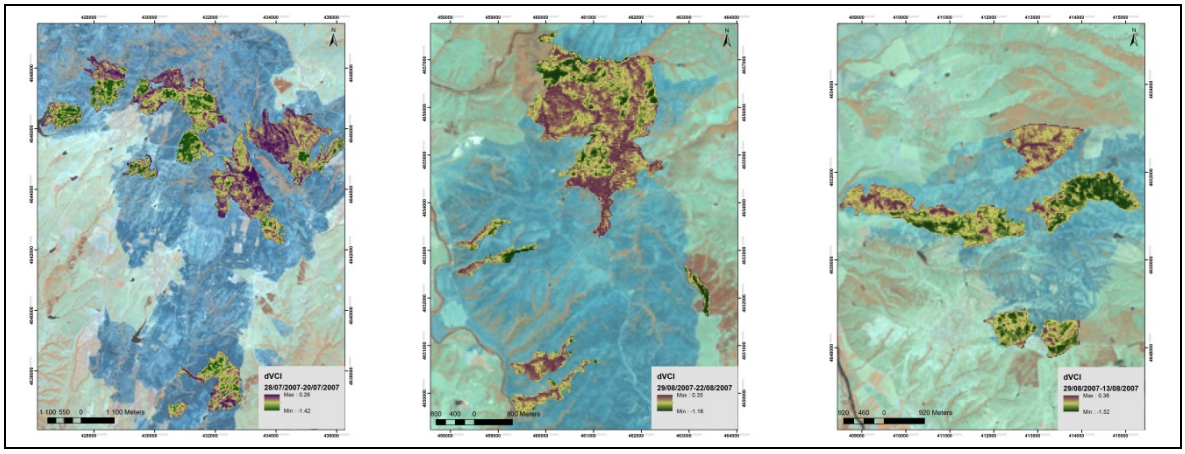
Наблюдават се значителни промени в стойностите на dNDVI на територията на тестовите участъци, което потвърждава загубата на горска растителност (Фиг. 7).



Фиг. 7. Стойности на dNDVI върху спътниково изображение от Landsat няколко дни след пожара в спектрални канали 4-5-7 на територията на трите изследвани пожара

На Фиг. 8 под формата на растер са изобразени стойностите на dVCI, които до голяма степен повтарят тези на dNDVI.

2) $$dVCI = VCI_{\text{след пожара}} - VCI_{\text{преди пожара}}$$

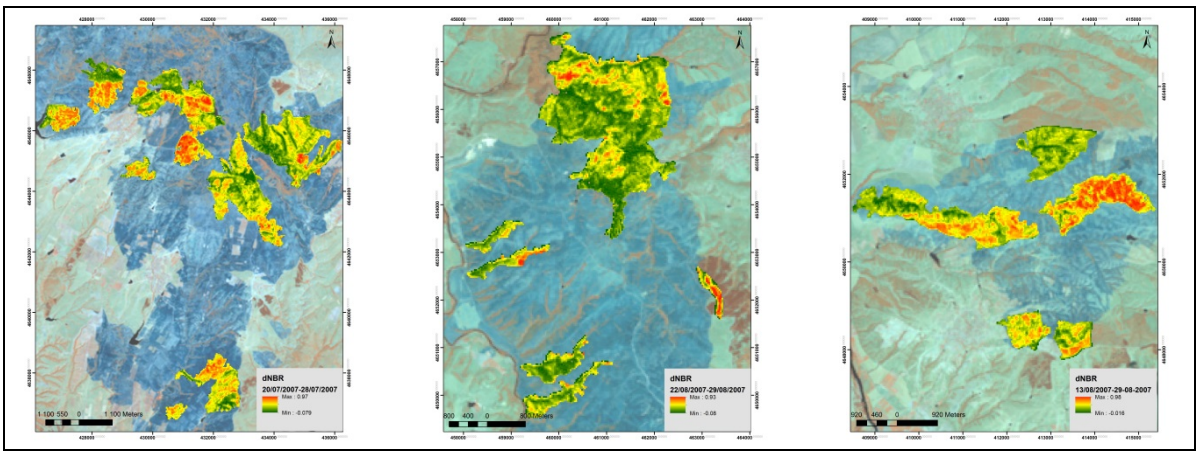


Фиг. 8. Стойности на dVCI върху спътниково изображение от Landsat няколко дни след пожара в спектрални канали 4-5-7 на територията на трите изследвани пожара

На Фиг. 9 са показани т. нар. “burn severity map” или разликите в стойностите на dNBR преди и след пожара.

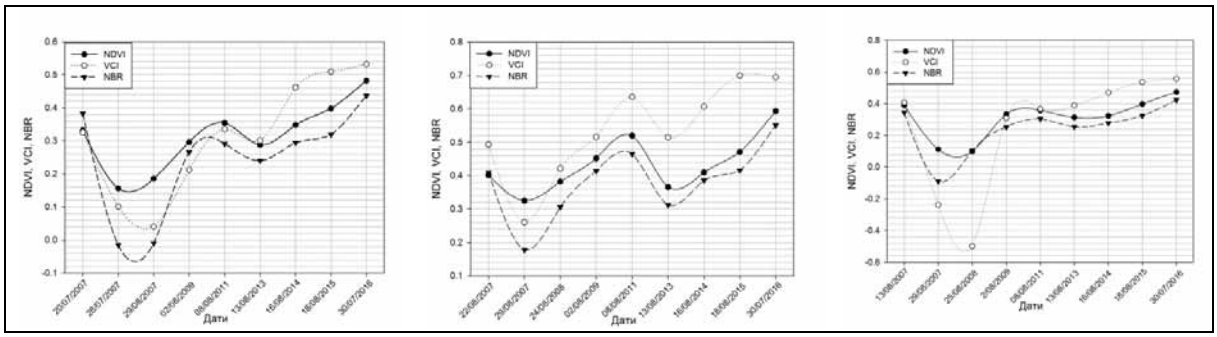
3) $$dNBR = NBR_{\text{преди пожара}} - NBR_{\text{след пожара}}$$

Наблюдават се значителни промени в стойностите на dNBR на територията на тестовите участъци, което потвърждава негативното влияние на пожара върху горските екосистеми.



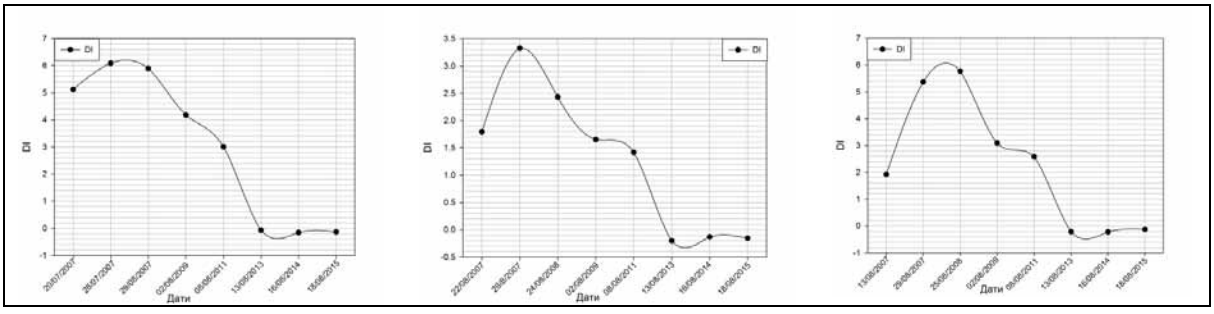
Фиг. 9. Стойности на dNBR върху спътниково изображение от Landsat няколко дни след пожара в спектрални канали 4-5-7 на територията на трите изследвани пожара

В тенденцията на изследваните вегетационни индекси (NDVI, VCI и NBR) се наблюдава плавно повишаване на средните им стойностите във времевия интервал след пожара, което потвърждава процеса на възстановяване на растителността (Фиг. 10).



Фиг. 10. Средни стойности на NDVI, VCI и NBR за тестовите участъци с горски екосистеми

С повишаване на стойностите на изследваните вегетационни индекси (NDVI, VCI и NBR) (Фиг. 10), стойностите на DI намаляват (Фиг. 11), което потвърждава високата степен на корелация между двата показателя [4].



Фиг. 11. Средни стойности на DI за тестовите участъци с горски екосистеми

В тенденцията на DI се наблюдава рязко намаляване на стойностите му (Фиг. 11), което потвърждава процеса на понижаване на смутеността в екосистемите. DI използва декорелирани компоненти, поради което при наличието на рязко изменение на състоянието на екосистемата, по-точно се отразява динамиката на последствията. Тъй като при DI се наблюдава рязко изменение на стойностите, а при вегетационните индекси това изменение е плавно, може да се направи извода, че DI е значително по-чувствителен към процеса на възстановяване, отколкото изследваните вегетационни индекси.

Заключение

В заключение резултатите от настоящето изследване на възстановителния процес след пожар показват, че количествената оценка при използване на DI е по-информативна, отколкото с вегетационните индекси, тъй като DI е по-чувствителен към динамиката на изследвания възстановителен процес. Процесът на възстановяване се потвърждава с нарастване на стойностите на вегетационните индекси и едновременното намаляване на стойностите на DI.

Благодарности

Изследването е финансирано по проект „Изследване на последствията и състоянието на горски екосистеми след пожар чрез използване на дистанционни аерокосмически методи и данни“, Проект № ДФНП-110/11.05.16, Програма за подпомагане на младите учени в БАН, 11.05.2016 – 11.05.2017

Литература:

1. Мардиросян, Г. Природни бедствия и екологични катастрофи, „Проф. Марин Дринов“, София, 2009, ISBN 978-954-322-350-3
2. Viedma, O., J. Meliá, J. García-Haro, D. Segarra, 1996: Monitoring forest regeneration rates after fires with multitemporal Landsat TM imagery, EaRSel Advantages in Remote Sensing, vol 4, p.146-154
3. Станкова Н., Р. Недков, 2015: Модел за количествена оценка на Disturbance Index и вектора на моментното състояние на екосистема след пожар на базата на аерокосмически данни, Eleventh Scientific Conference with International Participation, Space, Ecology, Safety, 4-6 November, 2015, Sofia, c.292-297
4. Stankova, N., R. Nedkov, 2016: Research model of monitoring the recovery of an ecosystem after fire based on satellite and GPS data, Ecological Engineering and Environment Protection 1/2016, p.5-11, ISSN 1311 – 8668
5. Stankova, N., R. Nedkov, 2015: Monitoring forest regrowth with different burn severity using aerial and Landsat data, Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2015 IEEE International, 26-31 July 2015, p.2166 – 2169, doi 10.1109/IGARSS.2015.7326233
6. Директива 92/43/ЕИО
7. Директива 2009/147/ЕО
8. Карта на горите в България М 1:1 000 000, 1958
9. http://natura2000.moew.government.bg
10. Бондев, И., 1991 – Растителността на България, Карта в М 1:600000 с обяснителен текст, Университетско издателство “Климент Охридски”, София, с.183
11. http://earthexplorer.usgs.gov/
12. Rouse, J.W., R.H. Haas, J.A. Schell, D.W. Deering, 1973 – Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. Proceedings of Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, Greenbelt, MD, USA, p.309-317
13. Kogan, F. N., J. Sullivan, 1993 – Development of global drought-watch system using NOAA/AVHRR data, Advances in Space Research, 13: 219-222
14. Key, C. H. and N. C. Benson, 1999 – The Normalized Burn Ratio (NBR): A Landsat TM Radiometric Index of Burn Severity. URL = http://www.nrmsc.usgs.gov/research/ndbr.htm visited April 2007
15. Healey, S. P., W. B. Cohen, Z. Q. Yang, O. N. Krankina, 2005 – Comparison of Tasseled Cap-based Landsat data structures for use in forest disturbance detection. Remote Sensing of Environment, 97: 301-310. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2005.05.009

ПЕРСПЕКТИВИ ЗА ИЗПОЛЗВАНЕ НА ГРВ-БИОЕЛЕКТРОГРАФИЯТА В АЕРОКОСМИЧЕСКИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ

Геннадий Маклаков

Санктпетербургски институт по информатика и автоматизация – Руска академия на науките
e-mail: gmaklakov@mail.bg

Ключови думи: *аерокосмически изследвания, диагностика, психо-физиологично състояние, човешки фактор, оптоелектронни сензори, газоразрядна визуализация.)*

Резюме: *В статията е показано как технологията ГРВ-биоелектрография може да бъде приложена за диагностика на психо-емоционалното състояние на работещите в аерокосмическия отрасъл. Анализират се възможностите на метода ГРВ за диагностициране на състоянието на висшите (познавателни) корови функции на мозъка. Разглежда се принципното използване на ГРВ-биоелектрографията за изучаване на обекти и явления от живата и неживата природа с помощта на специални оптоелектронни сензори.*

PERSPECTIVES FOR USE OF GAS DISCHARGE VISUALIZATION IN AEROSPACE RESEARCH

Gennadii Maklakov

Petersburg Institute for Informatics and Automation – Russian Academy of Sciences
e-mail: gmaklakov@mail.bg

Keywords: *aerospace research, diagnostics, psycho-physiological condition, human factor, optoelectronic sensors, gas discharge visualization.*

Abstract: *The article shows how GDV- technology can be applied for diagnosis of psycho-emotional state of workers in the aerospace industry. The possibilities of GDV method of diagnosing the state of higher (cognitive) cortical functions of the brain. The principles using the GDV- technology for studying objects and phenomena of animate and inanimate nature by using special about optoelectronic sensors.*

Въведение

Успешното функциониране на сложните ергатични системи зависи от ефективността и сигурността, с която работят операторите. Например, в аерокосмичекия отрасъл за безопасността голяма роля играе умението на човека да приема правилни решения в екстремални ситуации. Статистиката за аварии и катастрофи сочи, че в болшинството случаи те стават по вина на така наречения човешки фактор. Именно това прави особено актуална задачата да се намерят методи, които обективно да оценяват влиянието на външните фактори върху психиката и физиологичните структури на организма.

Съществуващите приборни методи за наблюдение не винаги позволяват ефективно проследяване на особеностите в психо-физиологичното състояние на човека в режим на реално време, което е свързано със сложността на обработването на данните, значителното количество артефакти, несъвършенството на методите за наблюдение [1, 2].

Положението кардинално се променя след появяването на приборите за диагностика на базата на метода газоразрядна визуализация (ГРВ). Методът е основан на ефекта на светенето на обекти от различно естество в електромагнитни полета. Технологията ГРВ-биоелектрография е известна на учените повече от две столетия. През 1882 г. белоруският учен Наркевич-Иодко открива способ да фотографира светенето на обекти, разположени във високочестотно електрическо поле. В процеса на изследванията на биологичните

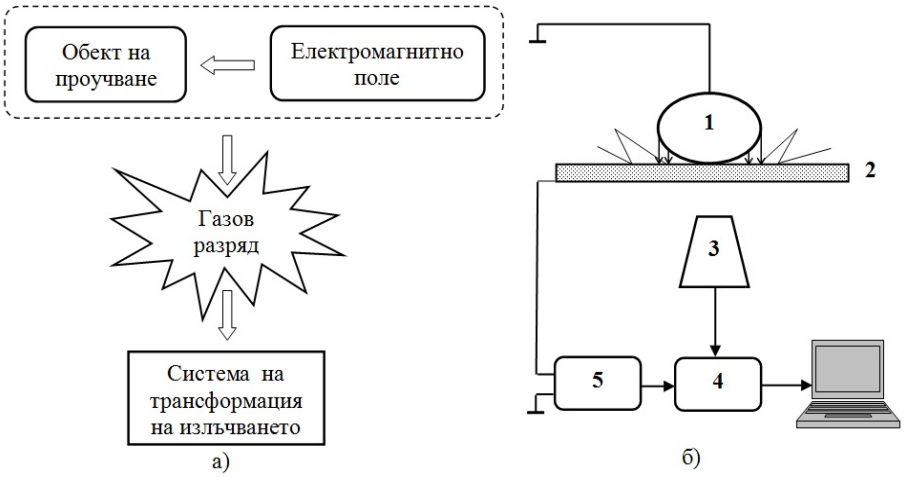
обекти ученият регистрира изключително любопитен факт: разрядният процес се оказва зависим не само от физическото, но и от психическото им състояние. Всестранно този процес изучават още през 1939 г. руските учени Валентина и Семьон Кирлиан. Те провеждат изследване върху светенето на неорганични и биологични обекти, в това число листа на растения и пръсти на хора, в електромагнитно поле. Резултата регистрират на фотохартия. Днес, поради важността на техните изследвания, в света наред с термина „ГРВ-биоелектрография“ се използва и понятието „ефект на Кирлиан“. Двамата Кирлиан проектират и създават необходимата апаратура, а резултатите от изследванията им са толкова зашеметяващи и перспективни, че всичко е строго засекретено. Първата им публикация [3] се появява едва през 1968 г. Тази технология с успех се използва в Украйна в областта на ракетно-космическите изследвания. След разпадането на СССР центърът за изследвания се премества в Санкт Петербург (Русия), където под ръководството на проф. Константин Коротков методът получава по-нататъшно развитие и започва промишлено производство на съответната апаратура. ГРВ-прибори сега се използват практически във всички водещи страни в света. През 1978 г. е създаден Международен съюз за медицинска и приложна биоелектрография (IUMAB, International Union of Medical and Applied Bioelectrography) с щаб-квартири в САЩ и Великобритания. Цели на неговата дейност са: утвърждаване на значимостта и научния статус на биоелектрографията по пътя на системни изследвания; консолидация на усилията на учените, участващи в различни аспекти на биоелектрографските изследвания; развитие на тези изследвания в строги научни рамки.

ГРВ-биоелектрографията успешно се използва в много направления - от тестване на спортисти и прогнозиране на техните постижения до изучаване на свойствата на металите и сплавите. Тук разглеждаме възможностите ГРВ-биоелектрографията да бъде използвана в психологията (изучаване и прогнозиране на психо-емоционалните състояния на човека в екстремални ситуации) и медицината (експресна диагностика, контролиране на психо-физиологичното състояние на човека при изпълнение на неговите професионални задължения).

Бих искал да насоча внимание на читателите към възможността чрез ГРВ-апаратура да бъде оценявано състоянието на жизнената дейност на човека, в частност как върху нея влияят радиацията, електромагнитното, акустичното и други полета. Възможно е също така да се отчитат метеофактори, въздействащи върху функционалното състояние на организма и да се прогнозира развитие на патологични реакции.

Основни принципи на ГРВ-биоелектрографията

Принципът на газоразрядната визуализация [4] е представен на фиг. 1.



Фиг. 1. Принцип на газоразрядната визуализация: а) схема за преобразуване на информацията за параметрите на изследвания обект в информация за характеристиките на ГРВ-грами б) схема на устройството за ГРВ.

Между изследвания обект 1 и диелектричната пластина 2, върху която е поставен обектът, се подават импулси на напрежение от генератора на електромагнитно поле 5. На обратната страна на пластината 2 е нанесено прозрачно токопровеждащо покритие. При високо напрежение на полето в газова среда между обект 1 и пластина 2 се развива лавинообразен газов разряд, чиито параметри се определят от свойствата на обекта. Светещият разряд с

помощта на видеопреобразовател 4 се преобразува от ЗСП-матрица 3 в сигнали, които се записват в компютър. Получените ГРВ-грами се обработват и на тяхна основа се правят диагностични заключения.

Общи принципи на ГРВ-анализа

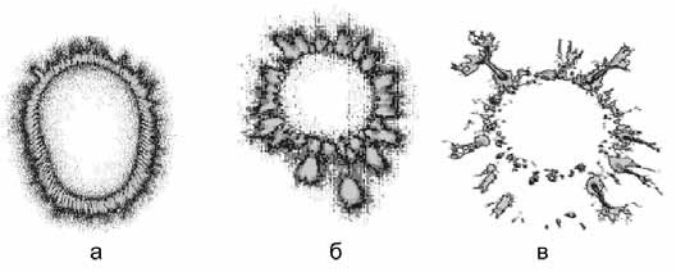
От гледна точка на биофизиката ГРВ измерва стимулирано оптоелектронно излъчване на биологичен обект (в този случай човешки пръсти). Зрително, на екрана на монитора на компютъра, това изглежда като изображение на контура на пръста със светещ ореол около него.

Изучаването на биосистемите чрез ГРФ-биоелектрография ще разглеждам в две направления: визуализация на тяхното светене и използване на специални оптоелектронни сензори.

Изучаването на биосистемите на основата на визуализация на тяхното светене е, така да се каже, класическо приложение на кирлианографията. Диагностика на физическото състояние на човека при него се извършва, като се анализира светенето по сектори. Определя се състоянието на различните органи и системи на организма: норма или патология. Диагностика на физическото състояние може да бъде осъществена на следните две равнища:

1) Визуално, анализирайки ГРВ-грамите на петте пръста на лявата и дясната ръка. Дори и без голям опит в ГРВ-диагностиката визуално може да се различи здравият от болния човек.

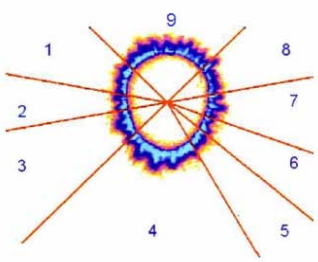
На фиг. 2 даже с просто око се виждат различията.



Фиг. 2. Примери на ГРВ-грами: а – пръст на ръката на практически здрав човек;
б – пръст на ръката на кардиологично болен; в - пръст на ръката на човек в стрес.

2) С помощта на специални таблици, по които може с висок процент достоверност да бъде определено развитието на патологичен процес в определен орган. Най-широко се използват таблиците на Петер Мандел (Mandel P., Германия) и Константин Коротков (Русия). Диагностиката се извършва като се анализира светенето по сектори (секторен анализ на изображението на короната на светене). Използвайки такива таблици, изучвайки деформациите в светенето (разкъсвания, наличие на петна, снопове сияние - светещи тесни канали и т.н.), е възможно оперативно да се приеме решение за психо-соматичното състояние на изследвания. Този метод за диагностициране обаче изисква ползователят на ГРВ-прибора да има съответна подготовка.

След многогодишни изследвания учените са установили как се изменя светенето на отделни сектори на пръстите при различни заболявания или, което е особено важно, когато едва започва развитието на патологичен процес в някой от органите. По този начин става възможно да се прави свръхранна диагностика на заболяванията. Като пример на фиг. 3 е представена интерпретация на светенето на 4-ия пръст на лява ръка.



Фиг. 3. Интерпретация на светенето на 4-ия пръст на лява ръка: 1-хипоталамус,
2-нервна система, 3-далак, 4-уро-генитална система, 5-надбъбречна жлеза, 6-панкреас,
7-щитовидна жлеза, 8-хипофиза, 9-епифиза.

По това как се променя характерът на светенето в секторите може да се съди за наличие или зараждане на патологичен процес.

Възможности на ГРВ-биоелектрографията за диагностициране на състоянието на висшите (познавателни) корови функции

Вниманието на учените от различни области на медицината и психологията все по-често се насочва към така наречения човешки фактор, влияещ върху безопасността в съвременния техногенен свят. С цел да се минимизира влиянието на този фактор продължава активното търсене на методи за обективно оценяване не само на психо-физиологичните особености и физическото състояние на човека, но и на значимите в това отношение състояния на висшите корови функции (ВКФ), наричани още когнитивни, познавателни.

Известно е, че когнитивните функции са тясно свързани помежду си; към тях се отнасят най-сложните функции на главния мозък – интелект, реч, праксис (способност за извършване на целенасочени двигателни актове), гнозис (познание за предметите, явленията, тяхното значение и смисъл), памет, внимание. Понижаване на отделни ВКФ (памет, внимание) се наблюдава при много неврологични заболявания, както и по време на лечение с психотропни лекарства. Този процес влияе не само върху качеството на живот, но и върху професионалната пригодност особено на тези лица, чиято работа изисква внимание, както е например в аерокосмическия бранш.

Дългогодишните изследвания в много медицински учреждения по света показват, че ГРВ-технологиите са не само обективен метод за диагностика, допълващ клиничното впечатление за състоянието на когнитивните функции; те често са единственият метод, позволяващ оперативно и достоверно да се получи информация за ВКФ на оператора на сложни ергатични системи.

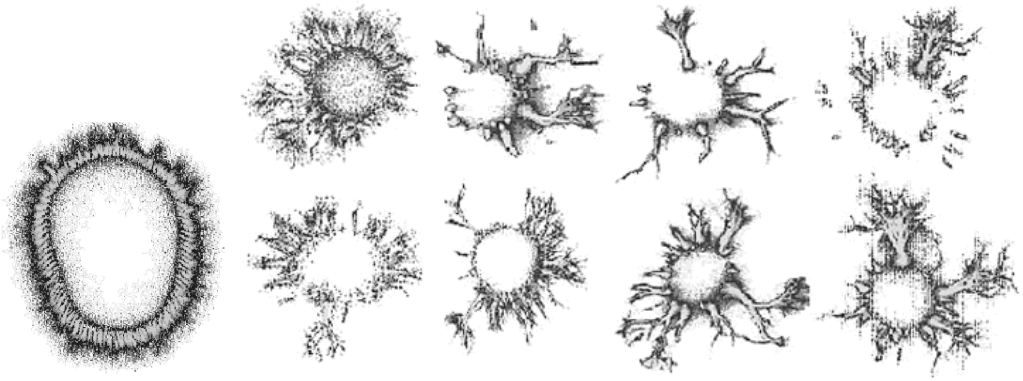
За да се определят параметрите, отразяващи състоянието на ВКФ, е целесъобразно да се анализират: нормализирана площ (НП), средна интензивност на светенето (СИ), коефициент на формата (КФ). Необходимо е те да бъдат отчетени за всеки изследван без филтър (wF) и с филтър (F). Съпоставянето на резултатите от психодиагностичното изследване на когнитивните функции (логическа памет, произволно внимание, бързина на мислене) и ГРВ-параметрите НП и СИ показва статистически значими корелации между тях. На най-високото равнище на логическа памет съответстват ниски значения на параметрите НП и СИ на лявата ръка; на най-високото равнище на произволно внимание съответстват ниски значения на параметрите НП и СИ на дясната и лявата ръка.

Значението на параметрите НП и КФ отразява психо-емоционални нарушения (тревожност, депресия). Данните от психологическия тест на Спилбърг-Ханин (ситуативна тревожност) значимо корелират с КФ. Възможно е да се направи оценка на ВКФ, изследвайки само един пръст на ръката. Например, ръстът на параметъра НП 1L wF (параметър НП на първия пръст на лявата ръка без филтър) показва намалена скорост на мислене; ръстът на параметъра НП 5L wF (параметър НП на петия пръст на лявата ръка без филтър) означава намалено произволно внимание (сравнението е със значенията по тестове на Шулте). И така, методът ГРВ-биоелектрография може с успех да се използва като интегрален метод за обективно оценяване не само на емоционалния, но и на когнитивния компонент в дейността на човека-оператор.

Проведените мои изследвания дават основание да се предположи с голяма степен на вероятност възникването на изменено състояния на съзнанието (ИСС) у авиационните специалисти в екстремални ситуации, когато се проявява силно така нареченият човешки фактор. ИСС може да изменя текущото (естествено) състояние на човека както с положителен знак (вдъхновение, душевен подем, озарение и др.), така и с отрицателен (депресия, агресивност и др.). ИСС може да способства за свръхбързо приемане на адекватно решение за изход от аварийна ситуация или да затормози (а понякога и въобще да блокира) процеса на вземане на правилно решение.

На фиг. 4 е показано как се променят ГРВ-грамите на човек при различни състояния на съзнанието. Това е много важно достойнство на ГРВ-биоелектрографията.

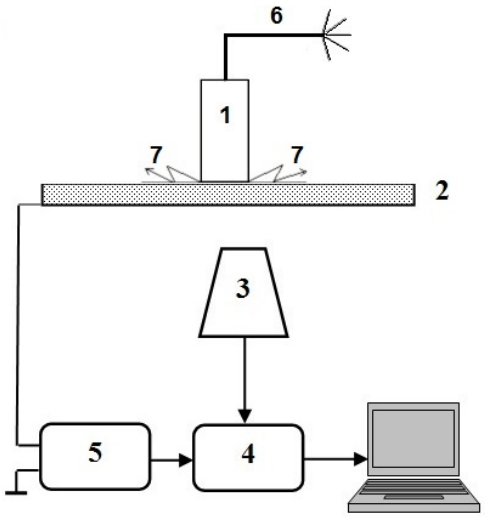
За диагностика на психическото състояние по-точно се прави анализ на общата картина на светенето (площ, интензивност, фрактална размерност), интегрален анализ на изображението на короната на светенето. Определя се състоянието на психиката: норма (спокойно състояние), възбудено състояние, угнетеност, страх, радост, меланхолия, вълнение.



Фиг. 4. Пример за ГРВ-грама на пръсти при: А - нормално състояние на съзнанието,
Б – изменено състояние на съзнанието.

Изучаване на обекти и явления от живата и неживата природа с помощта на специални оптоелектронни сензори

Фиг. 5 представя принципа на работа на един от сензорите за измерване на електромагнитното замърсяване на околната среда.



Фиг. 5. Принцип на работа на оптоелектронния сензор; където: 1 – метален цилиндър,
2 – пластина с прозрачно токопровеждащо покритие, 3 – ЗСП-матрица,
4 – видеопреобразовател, 5 – генератор на високоволтови импулси,
6 – антена, 7 – газов разряд.

Чувствителният елемент на сензора е специален метален цилиндър, поставен върху пластина с прозрачно токопровеждащо покритие. На другата страна на пластината се подава високо напрежение, под чието действие възниква газов разряд. Пространственото разпределение на разряда се фиксира със специализирана видеокамера. Видеопреобразовател осъществява цифровизация на изображението и го прехвърля към компютър за по-нататъшна обработка. Към цилиндъра, освен антената, могат да бъдат свързани различни електроди за изследване на свойствата на околната среда (вода, почва, камъни и др.).

Многобройни експерименти потвърдиха легитимността на използването на този метод за записване на параметрите на околната среда. Беше разработен специален сензор, който може директно да регистрира показателите на хомеостазата на биосистема. В момента подготвям документи за патентоването на такъв сензор.

Същността на метода за оценяване на хомеостазата се състои в това, че изчислява текущата стойност на ентропията по Шенон, като го сравнява с максимално възможната стойност.

По-подробно възможностите за използване на ГРВ-технологията за мониторинг на околната среда разглеждам в другата си статия в настоящия сборник.

Заключение

Един от перспективните методи за оценяване на функционалното състояние на човека е методът газоразрядна визуализация. Използването на съвременни компютърни технологии в обработката на ГРВ-грамите значително ускорява получаването на резултати от изследванията, намалява влиянието на субективния фактор при формирането на заключения за професионалната пригодност на изследвания.

ГРВ-биоелектрографията с висока ефективност може да бъде използвана не само за оценяване на текущото психо-физиологично състояние на заетите в аерокосмическия отрасъл, но и за прогнозиране на поведението на операторите в други критични сфери на дейност (морски, воден, железопътен, автомобилен транспорт и др.) с цел предотвратяване на аварийни ситуации.

ГРВ-приборите биха могли много успешно да служат и при тестване за професионална пригодност за работа в сложни ергатични системи. Не по-малко ефективни биха били при разработването на образователни и тренингови програми в курсовете за повишаване на квалификацията на заетите в аекосмическия отрасъл.

Литература:

1. Маклаков, Г. Психофизиологично осигуряване на надеждност в дейността на операторите на сложни ергатични системи. Jubilee International Congress Science, Education, Technologies “40 Years Bulgaria Space Country”, Vol. 2. Sofia, Bulgaria, SRTI-BAS, 2012, pp. 153-162.
2. Маклаков, Г. Методи за регистриране изменените състояния на съзнанието на операторите на сложни ергатични системи: проблеми и перспективи. Scientific Congress with International Participation “Space, Ecology, Safety” SEC 2012, Sofia, Bulgaria, SRTI-BAS, 2013, pp. 175-162.
3. Кирлиан, В. Х., Кирлиан С.Д. В мире чудесных разрядов. М., Знание, 1964, 40 с.
4. Коротков, К. Г. Основы ГРВ биоэлектрографии. СПб, Изд. СПбГИТМО, 2001, 360с.
5. Коротков, К. Г. Принципы анализа в ГРВ биоэлектрографии. СПб, Изд-во “Реноме”, 2007, 286 с.

ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ИЗПОЛЗВАНЕ НА ГРВ-ТЕХНОЛОГИЯТА ЗА МОНИТОРИНГ НА ОКОЛНАТА СРЕДА

Геннадий Маклаков

Санктпетербургски институт по информатика и автоматизация – Руска академия на науките
e-mail: gmaklakov@mail.bg

Ключови думи: *аерокосмически изследвания, диагностика, психо-физиологично състояние, мониторинг на околната среда, технопатогенни зони, хомеостаза, човек, екология жилища, газоразрядна визуализация.*

Резюме: *В статията се разглежда възможността технологията ГРВ-биоелектрография да се приложи за оценяване на екологичното пространство и влиянието на околната среда върху човека. Оценяване на влиянието на околната среда върху човека се осъществява чрез регистриране на параметрите на хомеостазата на организма. Представени са данни от изследването на места за отдих, водоеми, култови съоръжения, древни археологически паметници, екологията на няколко града в България. Показана е възможността ГРВ-биоелектрография да се използва за регистриране на опасни и безопасни за жизнената дейност на човека зони.*

THE POSSIBILITY OF USING GDV-TECHNOLOGY MONITORING THE ENVIRONMENT

Gennadii Maklakov

Petersburg Institute for Informatics and Automation – Russian Academy of Sciences
e-mail: gmaklakov@mail.bg

Keywords: *environmental monitoring, tehnopatogenni areas, homeostasis, man, ecology housing, gas discharge visualization.*

Abstract: *The article is considering technology GDV- technology be applied to assess the environmental space and environmental influences on man. Assessing the impact of the environment on people is carried out by registering the parameters of homeostasis of the organism. Presented data from the study of recreation, reservoirs, religious facilities, ancient archaeological sites, the ecology of several cities in Bulgaria. The possibility GDV- technology be used for registering dangerous and safe areas of human activity*

Въведение

В тази статия продължавам темата за възможностите на ГРВ-технологията. Спирам се на въпроса как може ГРВ-биоелектрографията да се използва за мониторинг на околната среда.

Веднага ще отбележа, че ГРВ-прибори, предназначени за мониторинг на околната среда и нейното въздействието върху човека, преминават успешно апробиране още през 2001-2010 година в Англия, Аржентина, Венецуела, Колумбия, Русия, Тибет и други страни.

За съжаление, такива изследвания не са правени в България, макар че интересът към защитата на околната среда тук е много голям и естествено се прехвърля към нейното въздействие върху хората. Поради тази причина беше взето решение за провеждането на специална експедиция, която се състоя през август и септември тази година.

Цел на изследванията: да се проверят в полеви условия новите възможности на ГРВ-прибора, внесените конструктивни изменения в схемата му, работата на новите сензори и новите алгоритми за обработване на резултатите от изследванията.

Задачи:

1) Да се извърши тестиране на усъвършенствания ГРВ-прибор и неговите възможности за оценяване на екологичното пространство и влиянието на околната среда върху човека.

2) Да се оцени възможността ГРВ-технологията да се използва за изследване на екологичните ресурси на България и на влиянието на средата върху жизнената дейност на хората.

3) Да се привлече вниманието на научната общественост към възможността високоефективните ГРВ-технологии да се прилагат за оценяване на околната среда и прогнозиране на психо-физиологичното състояние на населението в България в условията на съществуващото екологично пространство. Можем само да се надяваме, че това ще се случи.

Изхождайки от целта и задачите, поставени пред експедицията, бяха извършени изследвания на:

- Екология на въздушното пространство, електромагнитно замърсяване, качества на водата (в това число и в помещения: хотели, жилища) в София, Самоков, Пловдив, Хасково, Кърджали, Созопол, Златоград, Димитровград, Бачково.
- Паркови зони: София, Самоков, Пловдив, Димитровград, Хасково.
- Водни източници: в околностите на Бачково, Златоград, Самоков, София, Хасково, Кърджали.
- Екология на сакрални обекти: Бельова църква (Самоков), Бачковски манастир, църква-костница и аязмо (в околностите на Бачково).
- Древни археологически паметници: Перперикон, тракийски долмени (Хасково), местност Белите камъни (с. Старцево, община Златоград).
- Изпитване на възможностите на ГРВ-оборудването да бъде използвано за регистриране на техногенни и геопатогенни зони (в местности с електрически далекопроводи, гробища, антени на GSM и др.).

Широкият диапазон на изследванията до голяма степен беше обусловен, подчертавам, от желанието да проверим на практика новата технология. Бяха направени около 20 000 измервания. Такова количество се наложи, тъй като, както вече отбелязах, повечето от измерванията бяха дублирани – по новата и по старата методика. Другата причина е, че зарегистрирахме много интересни и необичайни явления, което изискваше нееднократна проверка. В настоящата статия е показана незначителна част от събраните данни.

Методология на изследванията

Според стандартите много компоненти на въздушното пространство и водата трябва да се оценяват по няколко десетки параметри, да се проверява равнището на пределно допустимата концентрация на вредни вещества. А в някои промишлени отпадъци присъства едва ли не цялата Менделеева таблица. Как да се анализира такъв обем информация?

Аз тръгвам по друг път. Същността му се състои в следното. Човешкият организъм реагира на външното замърсяване – независимо дали то е 1 или 21 пъти над нормата. Затова предлагам да се оценява изменението в състоянието на човека, предизвикано от външната среда. По-точно, да се оценява нивото на стабилност в работата на хомеостазата на организма. Казано по друг начин: как системите на организма се справят с външните смущаващи въздействия.

Този подход, разработен от мен в началото на 90-те години на миналия век, мина цялостна апробация и постоянно се усъвършенства до настоящия момент. По въпроса имам много публикации, в това число и на български език.

И така, изследванията ми са основани на следните принципи:

1) Оценяване на влиянието на околната среда върху човека чрез регистриране на параметрите на хомеостазата на организма. В експедицията използвах новата методика.

2) Оценяване на параметрите на околната среда чрез регистрирането им с ГРВ-грами, получени с оптоелектронен сензор (класически подход).

3) Оценяване на влиянието на околната среда върху човека чрез регистриране на ГРВ-грами на пръстите на ръката (класически подход).

За количествено оценяване на параметрите на околната среда е целесъобразно да се използва многофункционалният апаратно-програмен комплекс «ГРВ компакт ЭКО», разработен от фирма «Kirlioniks Technologies International».

Този комплекс позволява с висока точност да се дигитализират пространствените енергоемисионни процеси (ГРВ-грами) и да се изчислят повече от 50 различни параметри.

Проведените по-рано изследвания позволиха да се определят като най-информативни за състоянието на околната среда следните показатели:

- обща площ на изображението,
- вариабелност на общата площ на светене,
- средна яркост на изображението,
- коефициент на формата,
- коефициент на фракталност,
- коефициент на ентропия.

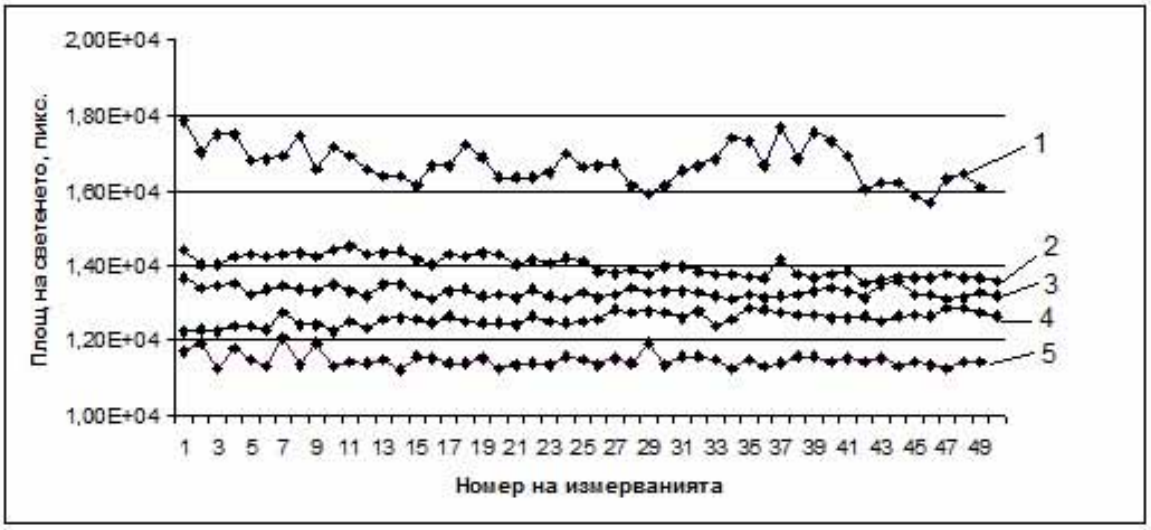
За да се осигури достоверност на измерванията, използвах статистически критерий на Стюдънт, критерий на Манн-Уитни, критерий на Вальд-Вольфовиц, критерий на Колмогоров-Смирнов и др.

За обект на проучванията избрах, така да се каже, еталонни места. Нали е добре известно как комфортно и умиротворен се чувства човек в църквата и как му е тревожно и тъжно на гробището. Добре се чувстваме в парка, в гората, леко се диша, подобрява се настроението…

Изследване на паркове

Проведох изследвания в Борисовата градина (София), парк Лаго (Самоков), парк Марица (Димитровград); парк Бунарджикът (Пловдив); парк Кенана (Хасково).

На фиг. 1 са представени графики, които показват как се изменя площта на светене в ГРВ-изображенията в различните паркове. Площта на светенето много добре корелира с показателите за замърсяване на околната среда и може да бъде интегрален показател за състоянието й. От друга страна този показател добре отразява и състоянието на хомеостазата на организма и се явява комплексна характеристика на неговите адаптационни ресурси.



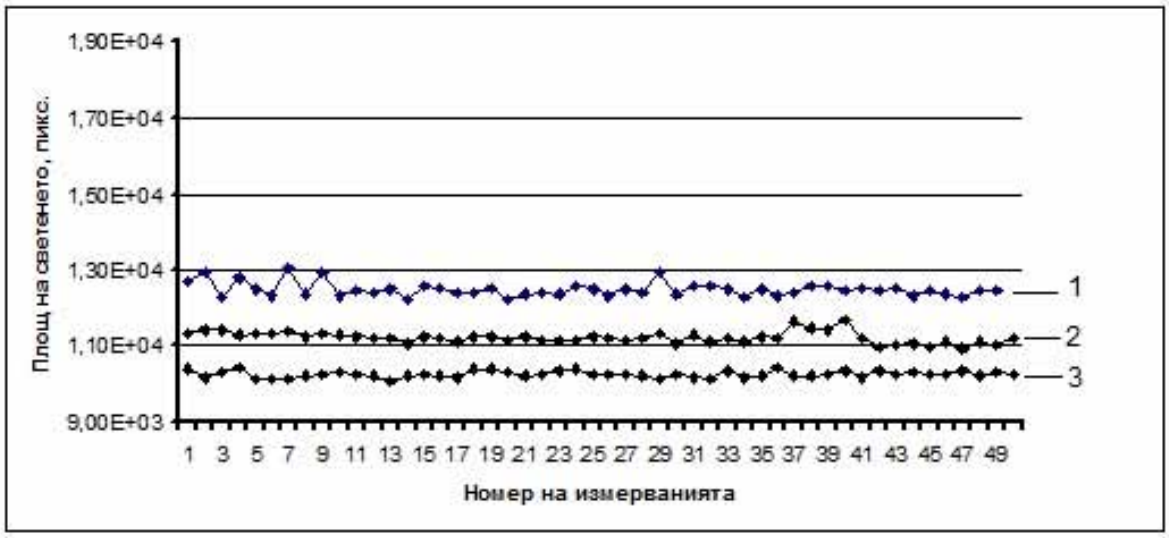
Фиг. 1. Площ на светенето на ГРВ-изображенията в някои паркове: 1 – парк Лаго (Самоков); 2 - парк Марица (Димитровград); 3 – Борисова градина (София); 4 – парк Бунарджикът (Пловдив); 5 – парк Кенана (Хасково)

Най-висок е този показател в парка Лаго. И това е разбираемо. Който е бил в тези места добре знае, че паркът е извън града, фактически това е горска зона в планината, през която протича река Искър. На второ място е парк Марица, Димитровград, който също е лесопаркова зона. На трето и четвърто място са парковете в София и Пловдив. Те са в централните градски части и тук несъмнено се отразява замърсеният въздушен басейн на големия град. На последно място се оказа парк Кенана в Хасково, макар паркът да се намира в зона, в която транспорт почти няма. Обаче - адаптационните ресурси на човека намаляват с 50% в сравнение със Самоков и с 40% в сравнение със София.

Това много ни изненада. Защо се получава така?

Оказа се, че няколко електрически далекопровода пресичат парка, при това единият минава над луксозен комплекс. Под проводниците са разположени места за отдих, люлки. Градското гробище се намира на няколко десетки метра от централната алея на парка. Потресаващо! Удивителна немарливост по отношение на влиянието на технопатогенните зони върху човека.

На фиг. 2 са представани графики за влиянието на патогенните зони върху екосистемите. Например, в района на далекопровода адаптационните ресурси падат с 80%, а в района на гробищния парк – още повече. Макар погребенията да са друга тема, тук не всичко е еднозначно.



Фиг. 2. Влияние на патогенните зони върху екологията на парка: 1 – парк Кенана (Хасково); 2 – близо до електрически далекопровод; 3 – гробищен парк

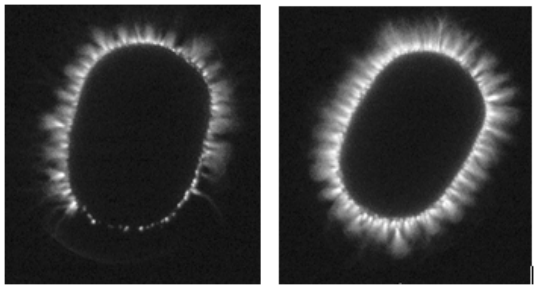
Изследване на сакрални обекти

Измервания бяха извършени в: Бельова църква (Самоков), Бачковски манастир, църква-костница и аязмо в околностите на Бачковския манастир.

Изследванията показаха, че най-силно благотворно влияние върху човека оказва Бельова църква. Незначително изостава параклисът Св. Богородица в Хасково, само с 4%. Сакралните обекти в околностите на Бачково са примерно на еднакво равнище (около 10% в сравнение с Бельова църква). Намерихме нови «места на силата» и потвърдихме благотворното влияние на вече съществуващи. За съжаление регламентът на конференцията не позволява да се спрем по-подробно на това направление от изследванията. Отбелязвам само Бачковския манастир и църквите около него, а също и Бельова църква (Самоков).

В друга статия (Маклаков Г. Перспективи за използване на ГРВ-биоелектрографията в аерокосмическите изследвания) отбелязах, че площта на светене, неговата еднородност и яркост отразяват психо-физиологичното състояние на човека.

На фиг. 3 е представена ГРВ-грама на четвъртия пръст на дясна ръка до и след пребиваването на човек в течение на два часа в Бельова църква. Измененията са видими даже с невъоръжено око.

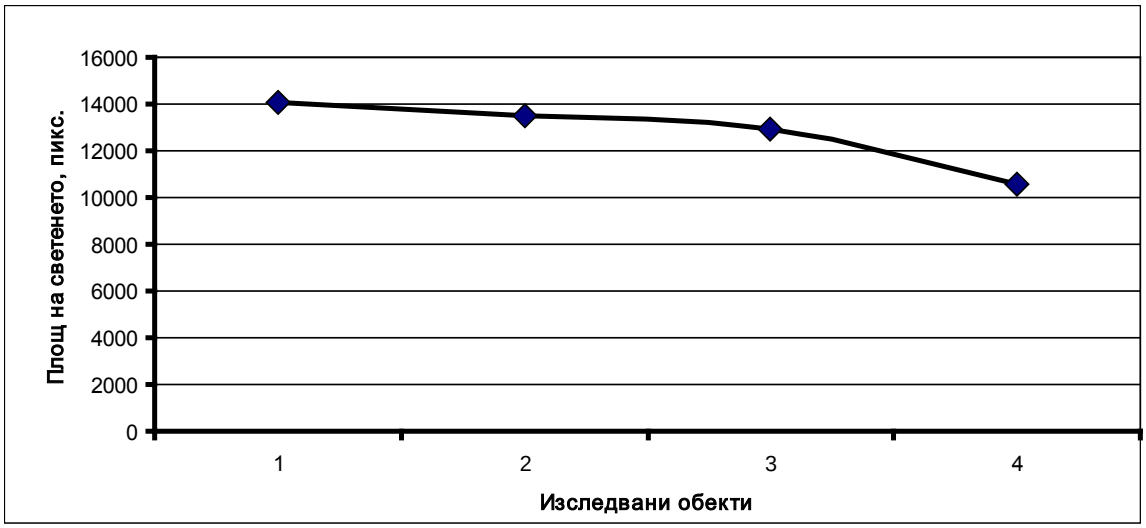


Фиг. 3. ГРВ-грама на четвъртия пръст на дясна ръка до (а) и след (б) пребиваването на човек в течение на два часа в Бельова църква (Самоков)

Изследване на градове

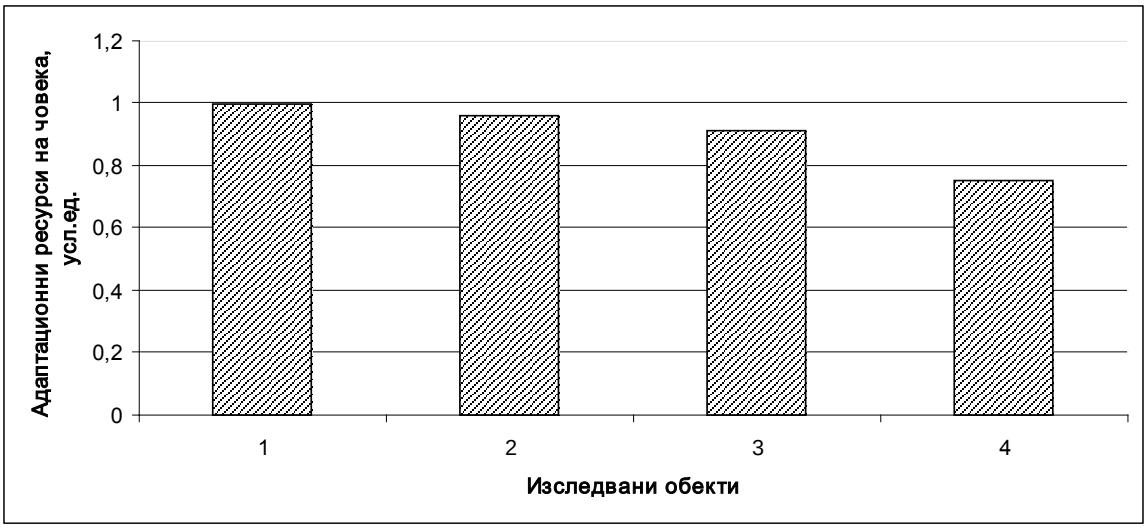
Изследвания проведох в София, Самоков, Пловдив, Хасково, Кърджали, Созопол, Златоград, Димитровград, Бачково. Като се съобразявам с ограничения обем на статията, ще се спра само на екологичната обстановка в Хасково. Бяха получени изключително интересни данни. Както е известно, на хълм над града е поставен монумент на св. Богородица. Фигурата се извисява величествено и сякаш благославя жителите му, като ги пази и защитава. Монументът е висок 14 метра върху постамент от 17 метра. Записан е в Книгата на рекордите на Гинес като най-високата в света статуя на Богородица с Младенеца.

На фиг. 4 е представена графика, която показва как се изменя площта на светене на ГРВ-изображението в зависимост от разстоянието до монумента. Измервания направихме в непосредствена близост до Монумента (т.1), в пешеходната зона в района на часовниковата кула (т.2), примерно 500 м от паметника, в района на читалището - 700 м (т.3), в покрайнините на града - хотел «Деми» - 2,5 км (т.4).



Фиг. 4. Изменение на площта на светене на ГРВ-изображенията в Хасково

Фиг. 5 показва измененията на стабилността на хомеостазата в зависимост от разстоянието до монумента. Оказва се, че почти в покрайнините на града адаптационните резерви на организма са примерно 20% по-малки, отколкото при монумента.



Фиг. 5. Диаграма на изменение на стабилността в работата на хомеостазата на организма в Хаскаво

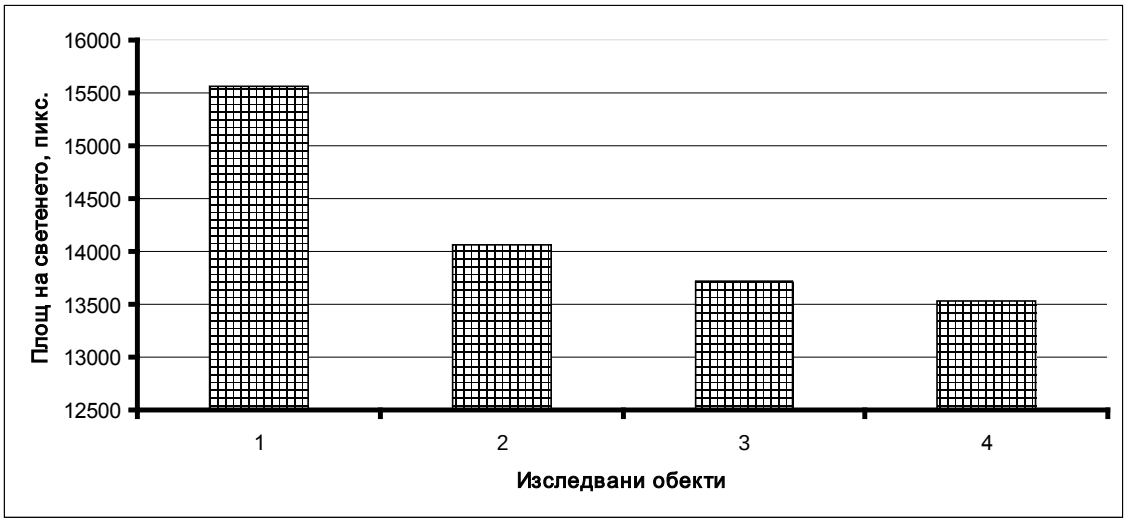
Създава се впечатление, че монументът на Богородица обхваща в своето благотворно поле на умиротворение почти целия град. Подобна картина не открихме в нито един от изследваните градове.

Изследване на култови комплекси

България е прославена с археологическите си находки – нямаше как и ние да ги отминем. В печата често се срещат изрази като «места с необикновено силни лъчения на мистични енергии…» . Беше интересно да се провери това с апаратура.

Измервания направих в култовия комплекс Перперикон (изследвах два обекта: двореца-светилище – т.2 и най-ранната християнска църква т.3), тракийското светилище Белите камъни т.1 (с. Старцево, близо до Златоград), тракийски долмени в Хасково, т.1.

На фиг. 6 е представено измение на площта на светене на ГРВ-изображения в тези обекти.



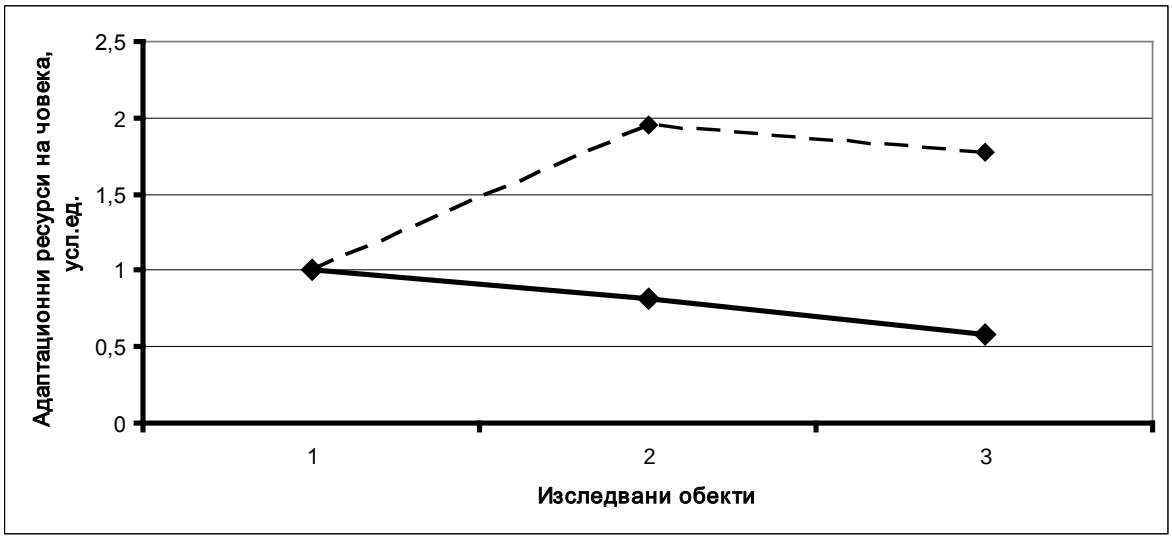
Фиг. 6. Измение на площта на светене на ГРВ-изображения в култови съоръжения

Изследванията говорят за доста интензивно излъчване в тези местности. Възможно е това да е от геологическите струтури. Максимално излъчване апаратурата зафиксира в светилището Белите камъни, в Перпирикон то е примерно с 20% по-малко, в тракийските долмени в Хасково още малко по-слабо.

Естествено възниква вопросът какво е влиянието на излъчването върху човека.

Изследванията показаха, че култовите древни места действат върху хората избирателно: на някои положително, някои не чувстват никакво влияние, а се среща и негативно влияние (понижаване на настроението, лека депресия, емоционален дискомфорт).

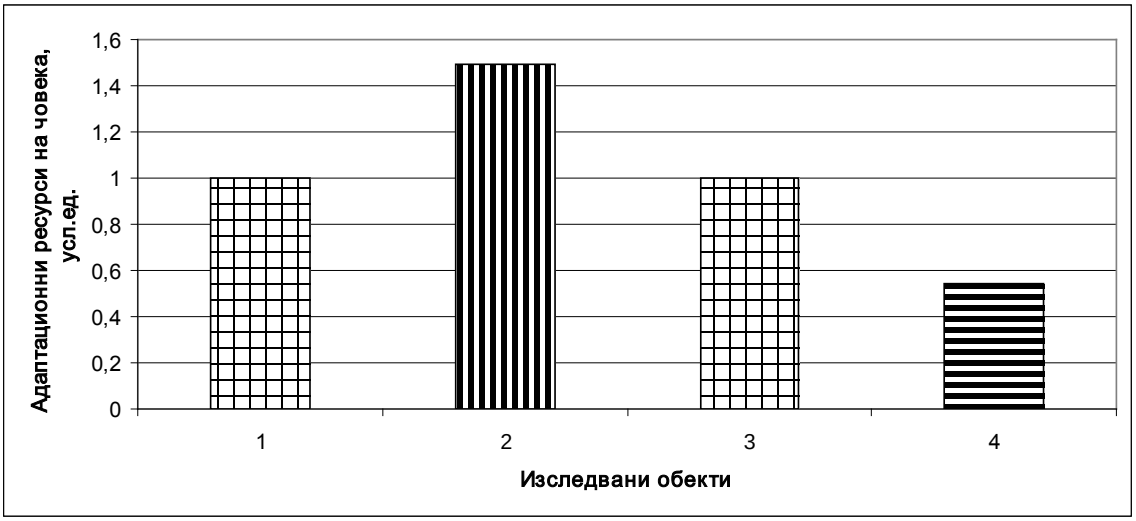
На фиг. 7 (Перперикон) и фиг. 8 (светилище Белите камъни) е показано изменението на адаптационните ресурси на човека. Състоянието до посещението на тези места условно приемаме за единица.



Фиг. 7. Графика на изменението на стабилността на хомеостазата в зависимост от мястото в Перперикон (т.2,3) за различни групи хора

Обърнете внимание, че за някои групи хора адаптационните ресурси могат да се увеличат, а у някои – да се намалят, понякога много значително, повече от 50%. И това общо взето, не е нещо ново.

Отрицателното въздействие на няки култови места може да бъде и значително по-силно, което значи и по-опасно. Например, долмените в предпланините на Кавказ, на около 100 км от Краснодар, могат да предизвикват сериозни нарушения на сърдечния ритъм, а в някои места е регистрирано спиране на електронни часовници, повреди в лаптопи.



Фиг. 8. Диаграма за изменението на стабилността на хомеостазата при пребиваване в местността Белите камъни за различни групи хората - т. 2,4;
състояние до пребиваването в местността - т. 1,3

Изследване на водата в Самоков

В града бе проведена доста много работа по изследването на места за отдих, водоеми, култови съоръжения, екологията на града като цяло. При това правех оценяването по четири параметъра: площ на светене, средна интензивност на светене, коефициенти на ентропията и фракталност.

Например, на фиг. 9 е показано изследване на водата в река Искър, аязмото при Бельова църква, чешмата в църквата, чешма в дом на на ул.”Булаир”, Голямата чешма (в центъра на града).



Фиг. 9. Разпределение на параметрите на енергия на водата в Самоков, къде: 1 - Река Искър, 2 - Аязмото при Бельова църква, 3 – Чешмата в църквата, 4 - Чешма на ул."Булаир", 5 – Голямата чешма. Стълбчето с вертикални линии показва площта на светене, с хоризонтални – средната интензивност на светене, с наклонени – ентропията по изолинии, с точки – фракталност по изолиниите.

Анализът показва, че според съвкупните показатели именно в района на Бельова църква водата притежава много голям енергиен потенциал. Почти такъв е потенциалът на водата в р. Искър. За съжаление тя не става за пиене по други причини. Съвсем незначително отстъпва по показатели Голямата чешма. Във водопровода показателите са по-лоши, но това е в сравнение с такива чудесни места като Бельова църква и р. Искър. Както може да се очаква, от чешмите в Самоков тече вода с по-добри показатели, отколкото в София**.**

Според резултатите от изследванията формулирахме препоръки за развитие на привлекателността на града като град за рекреационен туризъм – такъв, чиито цели са почивка, лечение и спорт.

Заключение

1) Един от най-перспективните методи за оценяване на екологичното пространство и влиянието на околната среда върху човека е методът газоразрядна визуализация.

2) Използвайки специални сензори, позволяващи да се изследват отделни природни обекти (почва, камъни, вода), може с успех да бъдат изследвани технопатогенни и салюберогенни зони (вредни и полезни за здравето).

3) ГРВ-биоелектрографията с висока ефективност може да бъде използвана за оценяване екологията на жилища, което би помогнало за повишаване на комфорта на живеещите в тях и подобряване на тяхното психо-физиологично състояние.

Литература:

1. Маклаков, Г. Перспективи за използване на ГРВ-биоелектрографията в аерокосмическите изследвания (статията е публикувана в настоящия сборник)
2. Коротков, К. Г. Основы ГРВ биоэлектрографии. СПб, Изд. СПбГИТМО, 2001, 360с.
3. Коротков, К. Г. Принципы анализа в ГРВ биоэлектрографии. СПб, Изд-во "Реноме", 2007, 286 с.

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ НА СТАТИСТИЧЕСКИ ДАННИ ЗА НАВОДНЕНИЯ И СВЛАЧИЩА В БЪЛГАРИЯ

Ралица Берберова, Рангел Гюров, Биляна Костова

Нов български университет
e-mail: rberberova@nbu.bg, rgjurov@nbu.bg, bkostova@nbu.bg

Ключови думи: *наводнения, свлачища, корелация*

Резюме: *Целта на настоящето изследване е да се потърси корелация между броя на станалите наводнения и появили се свлачища в България въз основа на официални статистически данни за станали наводнения и свлачища за петгодишния период от 2004 до 2015 г.*

FLOODS AND LANDSLIDES STATISTICAL DATA INTERPRETATION ABOUT BULGARIA

Ralitza Berberova, Rangel Gjurov, Bilyana Kostova

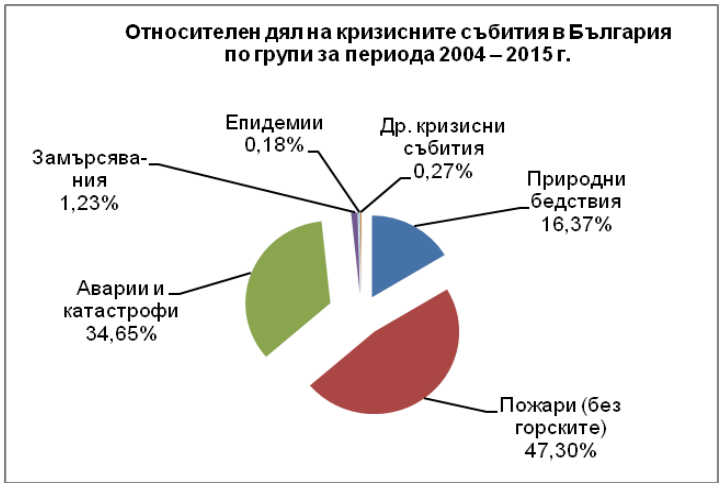
New Bulgarian University
e-mail: rberberova@nbu.bg, rgjurov@nbu.bg, bkostova@nbu.bg

Keywords: *flood, landslide, correlation*

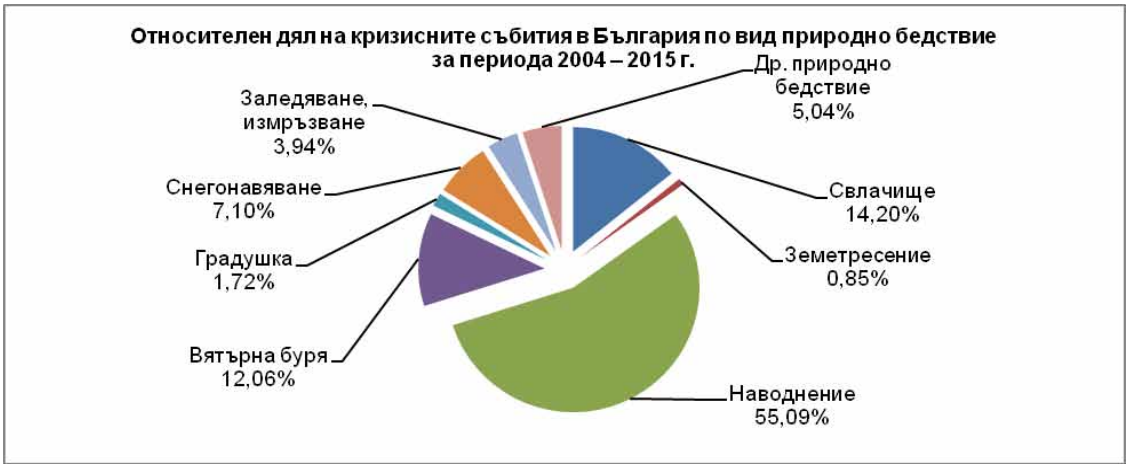
Abstract: *The aim of this paper is to find correlation between floods and landslides based on statistical data for the period of 2010 to 2015.*

Въведение

По официални данни от Националния статистически институт (НСИ) в България на една от водещите позиции за възникване на кризисни събития са природните бедствия (Фиг. 1). Наводненията и свлачищата са двете водещи природни бедствия, предизвикали кризисни събития за периода 2004 - 2015 г. (Фиг. 2) [1-7].



Фиг. 1. Относителен дял на кризисните събития в България по групи за периода 2004 – 2015 г. (По данни от НСИ [7]).



Фиг. 2. Относителен дял на кризисните събития в България по вид природно бедствие за периода 2004 – 2015 г. (По данни от НСИ [7]).

Наводненията и свлачищните процеси пораждат сериозни социални, икономически и екологични щети, с които страната ни се справя трудно, поради необходимия ресурс и време за възстановяване на засегнатите райони. С цел превенция и минимизиране на щетите тези явления са обект на геоложки, хидрогеоложки и инженерно-геоложки изследвания и проучвания както в страната ни, така и по света [8-19]. Създадени са множество регистри и геоинформационни системи, вкл. от аерокосмически наблюдения на свлачищни райони [20-22].

В съответствие с политиката на Европейския съюз за борба с тези явления, у нас са разработени и приети редица нормативни и стратегически документи за борба с наводненията [23-27] и свлачищните процеси [23, 27, 28]. Въз основа на това в страната ни се работи по изготвяне на оценка на рисковите от наводнения райони [29], както и по създаването и поддържането на Регистър за свлачищата в България [30].

НСИ на Република България публикува официалните годишни данни за възникнали кризисни събития на територията на страната ни в Секция „Регионална статистика и показатели за мониторинг“. Публикуваните данни са резултат от провеждани от институцията специализирани статистически изследвания за възникнали кризисни събития, техните параметри, състоянието и характеристиките на критичните инфраструктурни обекти, потенциално опасните сгради и съоръжения, пораженията (щетите и загубите) от тях, възстановените инфраструктурни обекти, сгради и съоръжения и получените обезщетения от държавата и застрахователните дружества.

Обект и методи

Обект на изследване са официални статистически данни от НСИ за територията на община Перник за петгодишен период - от 2010 до 2014 г.

Метод – статистически метод за построяване на приемлива функционална зависимост (фит).

Резултати и дискусия

Устойчивостта на склоновете зависи от много фактори, влияещи на механичните показатели на скалите и покриващите ги почви. Глините, глинестите и несвързаните скали и почви са силно чувствителни на промени в якостните си свойства при наличието на вода. С повишаване на влажността се намаляват стойностите на кохезията, *c,* и ъгълът на вътрешното триене φ на почвата, а оттам и съпротивлението на срязване *f*. При преовлажняване обикновено се преодолява якостта на срязване и под действие на гравитацията част от обема на склона се свлича по хлъзгателна повърхнина, оформяйки нова структура – свлачище.

Свлачищата могат да се класифицират по многобройни белези: по дълбочина - плитки и дълбоки, по скорост на свличане - бързи и бавни, по възраст – съвременни и древни, по местопроявление – крайбрежни, крайморски и др. [8,9, 31, 32].

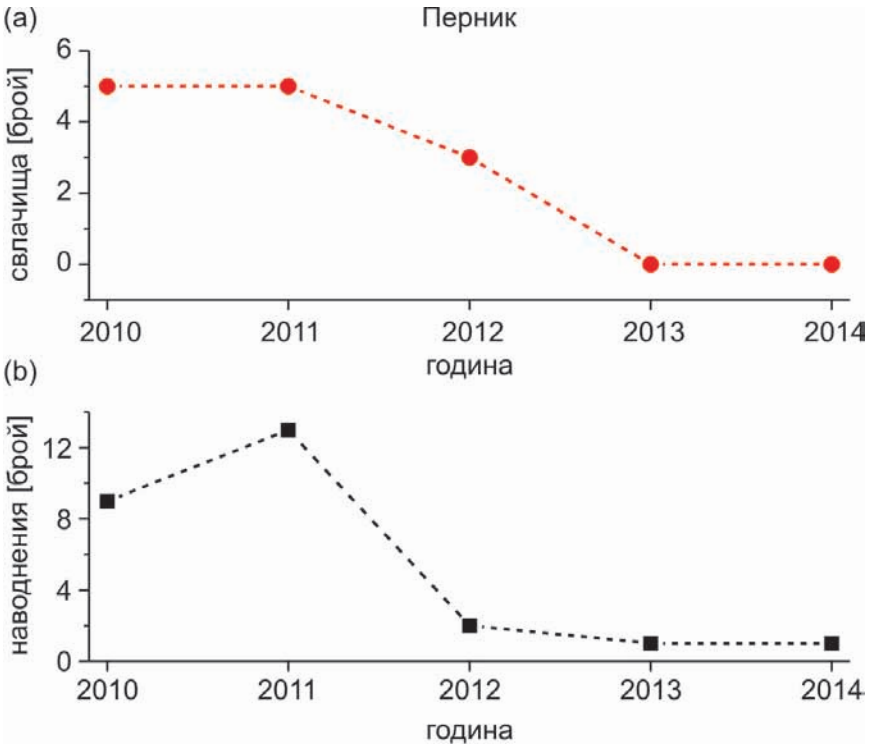
По бреговете на дълбоките речни долини, и особено в участъците на динамична връзка между реката и подземните води, зоните на подхранване може да се превърнат в зони на дрениране както на едните, така и на другите води. Това променя динамичното равновесие на

бреговете и предизвиква свличането им. Колкото е по-голяма амплитудата на промяна на нивата и скоростта на тази промяна, толкова по-голяма е вероятността за появата на свлачище. Тази промяна е осезаема при наводнения, когато нивата на водите в реките се покачват много и рязко.

Наблюдавани са свлачищата в област Перник, разположени по бреговете на р. Струма и притоците й, както и консистентни свлачища в денудационни глинесто-песъчливи наслаги от Витоша, Люлин и Голо бърдо по пътя „София – Перник" [33, 34].

Основните причини за наводненията са количествата валежи и интензитета им. Известно, че те са основни фактори за появата на консистентни свлачища. Наличието на корелационна зависимост между брой наводнения и свлачища може да бъде косвен прогнозен показател за вероятността от проява на склонови процеси.

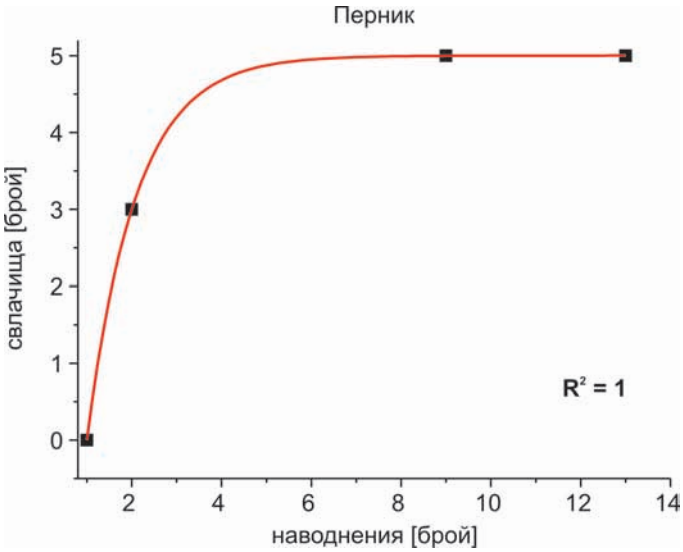
Фигура 1а представя броя свлачища в района на община Перник в периода 2004 – 2014 г, а фиг. 1b – броя наводнения за същия период [7]. Може да се проследи общ тренд на изменение на броя на двата вида бедствия – при увеличаване броя на наводненията има тенденция за увеличаване на броя на свлачищата и обратно.



Фиг. 1. Разпределение на свлачищата (a) и наводненията (b) на територията на община Перник по години по официални статистически данни [7]. (Пунктираните линии са само ръководни.)

Фигура 2 показва експоненциално нарастване на броя на свлачищата с увеличаване броя на наводненията, като непрекъснатата линия показва най-добрия фит на статистическите данни (1) ($R^2 = 1$).

(1) $$y = 5 - 12.49 * e(-0.91 * x)$$



Фиг. 2. Функционална зависимост на броя свлачища от броя наводнения за период от 5 години по официални статистически данни [7] на територията на община Перник. Непрекъснатата линия показва най-добрия експоненциален фит (R^2 = 1).

Свлачищата рязко се увеличават при до 5 броя наводнения годишно, което показва че се активират предимно консистентни, плитки и стари свлачища, т.е. наводненията са обхванали всички територии с потенциална възможност за проява на свлачища. Това демонстрира, че при увеличаване на годишния брой наводнения не могат да се проявят по-голям брой свлачища.

Заключение

Установена е корелация между броя наводнения и броя свлачища в района на община Перник. Намерената експоненциална зависимост може да служи като потенциален прогнозен критерий за оценка на броя свлачища, тъй като при наводнения ще се активизират предимно едни и същи повърхностни, консистентни и стари свлачища.

Благодарности: Настоящата работа е осъществена в Лаборатория по гемология и Лаборатория по природни бедствия и рискове към Бакалавърски факултет на Нов български университет.

Литература:

1. Берберова, Р. 2012. Природни бедствия в България – състояние и тенденции. НБУ. ISBN 978-954-535-699-5.
2. Берберова, Р. 2008. Аналитичен обзор на природните бедствия в България за 2006 г. Сборник с доклади VII международен научен симпозиум “Екология-устойчиво развитие”. СУ-Враца. 126-130.
3. Берберова, Р. 2012. Анализ на природните бедствия в България за периода 2004-2008 г. Сборник с доклади Научна конференция с международно участие “Космос, екология, нанотехнологии, сигурност” SENS’2011. БАН. 267-275. ISSN 1313–3888.
4. Берберова, Р. 2012. Уязвимост на България от природни бедствия, Сборник с доклади Научна конференция с международно участие “Космос, екология, нанотехнологии, сигурност” SENS’2011. БАН. 276-282. ISSN 1313–3888.
5. Берберова, Р., Г. Петров, Л. Ласков. 2013. Мониторинг и превенция от екологични бедствия чрез изследване на земно-насипни съоръжения на речни крайбрежия и микроязовири чрез георадар. Сборник с доклади Научна конференция с международно участие “Космос, екология, нанотехнологии, сигурност” SENS’2012. БАН. 413-419. ISSN 1313–3888.
6. Берберова, Р. 2014. Анализ на статистически данни за наводнения в Р България. Сборник с доклади от IX научна конференция с международно участие SES’2013. 424-428. ISSN 1313–3888.
7. Национален статистически институт, Кризисни събития, http://www.nsi.bg/node/2891
8. Мардиросян, Г. 2009. Природните бедствия и екологични катастрофи – изучаване, превенция, защита. Второ допълнено и преработено издание. Проф. Марин Дринов – БАН.
9. Близнаков, А., Б. Рангелов, Г. Мардиросян. 2011. Природни бедствия – възникване, последици, защита. Авит консулт.
10. Kadiyski, Milen, Stoyan Sarov, Georgi Frangov, Vladislav Kostov-Kytin, Svetla Sarova, Ventseslav Stoyanov, Luba Macheva, Vilma Petkova, Theodosios T. Papaliangas. 2015. Risk management of Koprivlen landslides: a case study, In Proc.: Xth Anniversary Scientific Conference with International Participation.

"SPACE, ECOLOGY, SAFETY - SES 2014". 12–14 November 2014. Sofia, Bulgaria. Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences. ISSN 1313 – 3888. 363-373.
11. Petkova, Vilma, Svetla Sarova, Milen Kadiyski, Vladislav Kostov-Kytin, Ralitza Gurova, Ventseslav Stoyanov, Stoyan Sarov, Theodosios T. Papaliangas. 2015. GIS layers of areas with an increased risk of landslides for the project "RISK management of natural and anthropogenic landsLIDES in the Greek-Bulgarian cross-border area. In Proc.: Xth Anniversary Scientific Conference with International Participation. "SPACE, ECOLOGY, SAFETY - SES 2014". 12 – 14 November 2014. Sofia, Bulgaria. Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences. ISSN 1313 – 3888. 374-388.
12. Бручев, Ил., Франгов, Г. 2000. Условия и фактори за възникване на свлачищни процеси. В сборник доклади “Свлачищните процеси в България”, НКС-ПКЗНБАК, 38-56.
13. Бручев, Ил., Р. Върбанов, Г. Франгов, Пл. Иванов, Б. Беров. 2002. Големи активни свлачища в България. –Сп. Проблеми на географията, С., БАН, кн. 1-2, 70-80.
14. Бручев, И., П. Иванов, Н. Добрев, Г. Франгов. 2006. Защита на населението и материалните фондове от геоложки опасности. –В: Докл. НПК по управление в извънредни ситуации и защита на населението, 10.11.2005 г. София. 301-306.
15. Бручев, И., Р. Върбанов, Г. Франгов. 2006. Оценка и управление на свлачищни рискове. –В: Докл.Научно-практ. конф. по управление в извънредни ситуации и защита на населението, 10.11.2005 г., София, 307-314.
16. Бручев, И., Р. Върбанов, Г. Франгов, Н. Добрев, П. Иванов, Б. Беров, Х. Дянков. 2006. Актуализиране картата на свлачищата в Република България. –В: ННТК„Състояние и овладяване на свлачищните и ерозионните процеси в РБългария”,30.XI–1.XII 2006 г., София, Акад. изд.”Проф. М. Дринов”, 23-31.
17. Франгов, Г.2001. Прогнозно райониране на страната по степен на свлачищна опасност.-Научна сесия ВСУ’2001, София,85-92.
18. Матова, М., Г. Франгов, П. Иванов. 2008. Геоложка уязвимост на околната среда в България. –В: Докл. на научна конф. с междун. участие ВСУ’ 2008, 29-30.05.2008, София, България, т.2, 100-106.
19. Николова, М., Недков, С. 2012. Рискът от Наводнения. ГИС моделиране на промените в околната среда за оценка на опасността от наводнения. Изд. ТерАРТ. С. 245. ISBN 979-954-9531-16-9.
20. BGS National Landslide Database, http://www.bgs.ac.uk/research/engineeringGeology/shallowGeohazardsAndRisks/landslides/NLD.html
21. USGS, Landslide Hazards Program, http://landslides.usgs.gov/
22. NASA, https://www.nasa.gov/feature/goddard/2016/using-nasa-data-to-detect-potential-landslides
23. Закон за защита при бедствия, Обн. ДВ. бр.102 от 19 Декември 2006 г., посл. доп. ДВ. бр.97 от 6 Декември 2016 г.
24. Директива 2007/60/ЕО на Европейския парламент и на Съвета от 23 октомври 2007 година относно оценката и управлението на риска от наводнения
25. Предварителна оценка на риска от наводнения в главните речни басейни на Република България – методика за оценка на риска от наводнения, съгласно изискванията на Директива 60/2007/ЕС
26. Проект на Национални приоритети за управлението на риска от наводнения, Оперативна Програма „Околна среда 2007–2013 г.”
27. Национална програма за защита при бедствия 2014-2018, 2013
28. Национална програма за превенция и ограничаване на свлачищата на територията на Република България, ерозията и абразията по Дунавското и Черноморското крайбрежие 2015-2020 г., 2015
29. Министелство на околната среда, http://www5.moew.government.bg/?page_id=24259
30. Министерство на регионалното развитие и благоустройството, Регистър свлачищата в България, http://geozashtita.bg/
31. Геоложката опасност в България, карта в М 1:500 000
32. Илиев-Бручев, И. (ред.). 1994. Геоложката опасност в България. Обяснителен тескткъм карта в М 1:500 000. Изд. на БАН
33. Геоложки карти на България, М 1:100 000, картен лист Перник
34. Загорчев, И., Р. Маринова, Д. Чунев, П. Чумаченско, И. Сапунов, Сл. Янев. 1994. Обяснителна записка към геоложка карта на България, М 1:100 000, Картен лист Перник. Болид, София

S E S 2 0 1 6
Twelfth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
2 – 4 November 2016, Sofia, Bulgaria

ВЛИЯНИЕ НА СМЕТИЩАТА ВЪРХУ ЕКОСИСТЕМАТА НА РЕКА БИСТРИЦА, КЮСТЕНДИЛСКО

Антон Сотиров, Христофор Скандалиев, Томислав Скандалиев, Нели Сивева

Сдружение "Клуб Авангард" - Кюстендил
e-mail: sotirov_anton@hotmail.com

Ключови думи: *екологичен мониторинг, замърсяване на води, река Струма, химични параметри, речни седименти*

INFLUENCE OF THE LANDFILLS ON THE ECOSYSTEM OF RIVER BISTRITSA, DISTRICT KYUSTENDIL

Anton Sotirov, Hristofor Skandaliev, Tomislav Skandaliev, Neli Siveva

e-mail: sotirov_anton@hotmail.com

Key words: *environmental monitoring, water contamination, Struma River, chemical parameters, river sediments*

Abstract: *During the study the following parameters were measured on terrain: radiation of the water and the common radiation background; acidity of the water (pH); water and air temperature (t, °C); electrical conductivity (EC); total dissolved sulfur (TDS); free, total and combined chlorine Cl; cyanuric acid CYS; total alkalinity $CaCO_3$; free, total and combined copper Cu; iron Fe; nitrate NO_3^- and nitrite NO_2^-. The following conclusions were figured out: Bistritsa River is contaminated with infiltrate chemicals and has high carbonate content and cianuric acid (CYA) above the limit admitted concentrations; Struma River and its feeding rivers have increased conductivity which probably is a natural process because of the low water level during the period of study. The disinfectants and the detergents in Struma River are in high concentrations. Total alkalinity is high, which might be explained with the low level of rivers and carbonate rocks river bed. The copper in the water of Bistritsa river is relatively high, which might cause contamination in case of systematic irrigation of agricultural lands.*

1. Общи данни

Град Кюстендил се намира в Югозападна България, близо до планината Осогово. Той се намира в централната част на Балканския полуостров с надморска височина 512 m. Климатът на града е преходно-континентален към Средиземноморски. Валежите не са много интензивни с годишен размер около 589 mm. Те са почти равномерно разпределени по сезони. Сняг вали от ноември до март като средната дебелина на снега е 30 cm, който се задържа около 15 дни. Въпреки малкото количество валежи, в района има много източници на вода - реки, извори, езера, минерални и подземни води [1].

Най-голямата река на територията на община Кюстендил е река Струма. Тя извира на 2246 m надморска височина, южно от Черни връх във Витоша. Дължината на реката е 415 km от която 290 km са в България, а останалите 125 km в Гърция, където се влива в Средиземно море.

На територията на община Кюстендил реката има три големи притока р. Бистрица, р. Банщица и р. Новоселска, които са десни притоци на Струма. Дължината на река Бистрица е 51 km. Тя извира на 2182 m н.в. в Осоговска планина, североизточно от връх Руен. Бистрица се влива отдясно в река Струма на 462 m н.в., югозападно от село Коняво. Банщица е с дължина 11 km. Реката пресича по дължина град Кюстендил и се влива отдясно в река Струма, източно от село Жабокрът. Новоселска река е дълга 25 km. Тече от юг на север, като минава през

центъра на село Слокощица. Влива се отдясно в река Струма, източно от село Жабокрът. Информация за екологичен мониторинг на трите притока, както и на град Кюстендил за последните 6 години е публикувана от екип с автори Сотиров и др. [2,3,4,5,6,7,8].

2. Методика

Цел на проекта е получаване на информация за влиянието на разположеното общинско сметище на град Кюстендил, което не отговаря на европейските стандарти и директиви бърху замърсяването и екосистемата на река Соволянска Бистрица и влиянието и върху замърсяването на река Струма. Измерванията са извършени на устието на река Бистрица, преди вливането и в река Струма, както и от река Струма и преди и след вливането на река Бистрица. Данните ще бъдат използвани за получаване на ценна информация за влиянието на сметището преди неговото привеждане, съгласно европейските стндарти.

Методите са избрани в съответствие с българската национална система за мониторинг на околната среда, която поддържа информационна база данни на национално и регионално равнище. Националната система за мониторинг на околната среда изпълнява постоянни наблюдения в много статични и мобилни станции.

Направени са измервания на някои основни физически и химически параметри на водата на река Бистрица и река Струма в района тяхното вливане. Точките на измерване на водата от река Струма са преди и след вливането на притока река Бистрица и от самото нейно устие. По този начин е извършен екологичен мониторинг на река Струма и притока и река Бистрица в района на вливане им.

Общият радиоактивен фон и радиоактивността на водата са измерени с гайгеров брояч "Radex" RD1503 в микросиверта на час (µSv/h).

Измерванията на водата са извършени с инструменти "Хана" HI9813-6, който измерва киселинността на водата (pH), температура на водата (t, ° C), електропроводимост (EC, µS), общо разтворени сяра (TDS, ppm) и спектрален фотометър (колориметър) "Lovibond". С помощта на този инструмент са установени: свободен, общ и комбиниран хлор Cl, киселинност (pH), цианурова киселина CYS, обща твърдост $CaCO_3$, свободна, обща и комбинирана мед Cu и желязо Fe, измервани в mg/l.

Нитратно и нитритно съдържание във водата са установени чрез тестови ленти с обхват 0-10-25-50-100-250-500 mg/l.

Микроскопските изследвания на седимента са извършени с бинокулярен микриоскоп “Max-bino” с дигитална камера “DigScope” във въздушна среда и увеличение x35, отразена светлина и ултравиолетово облъчване (флуоресцентна светлина).

Приложен е методът за измерване "на място" (“in-situ”), на терен чрез пряко вземане на проби (“grab samples”), поради предимствата на този метод - високата степен на достоверност, коректност и точност на изследванията, за изпълнението на който са използвани дигитални апарати.

3. Резултати от измерванията на параметрите на водите на река Струма и нейните притоци, септември 2016

Таблица 1. Измерени параметри на водата на река Струма и река Бистрица:

Описание	Точка на измерване	pH	EC, µS	TDS, ppm	t,°C въздух	t,°C вода	NO_3, mg/l	NO_2, mg/l	Свободен Cl, mg/l
р. Струма преди вливането река Бистрица	1	7.69	3.50	100	18	11	0	0	0.08
Р. Бистрица близо до устието	2	8.26	3.60	100	18	11	0	0	0
р. Струма след вливането на р. Бистрица	3	7.15	4.20	100	14	11	0	0	0.08

Общ Cl, mg/l	Комбиниран Cl, mg/l	Цианурова кис. CYS mg/l	Обща тв. CaCO3, mg/l	Свободна Cu, mg/l	Обща Cu, mg/l	Комбинирана Cu, mg/l	Желязо Fe, mg/l	Общ радиационен фон µSv/h	Радиоактивност на водата, µSv/h
0.07	0	7	250	0.10	0.37	0.27	0.04	0.20	0.28
0	0	12	198	0.80	0.27	0	0	0.20	0.20
0.15	0.07	0	250	0.27	0.28	0.01	0	0.20	0.22

Реката Струма преди вливането река Бистрица е сравнително чиста. Киселинността на водата е почти неутрална pH=7.69 (Таблица 1). При вливането на р. Бистрица киселинността и се променя и преминава в алкана pH=8.26, което означава че р. Бистрица има алкално замърсяване, което се пренася в пренася в река Струма. Най-вероятно това са инфилтрати от общинското сметище на град Кюстендил, разположено в село Радловци, което не отговаря на европейските разпоредби, но се очаква в бъдеще да бъде реконструирано, съгласно тях. Доказателство за това е и установената силна пенливост на водата на мястото на вливането на двете реки.

Електропроводимостта е завишена, като най-ниската измерена стойност е EC=3.25 µS в точка 5 и най-висока в т. 3, съответно 4,20µS, знак, че водата е наситена на електролити, т.е на разтворени минерални соли. Минералното съдържание на водата е сравнително високо, което може да се дължи на антропогенно замърсяване, но в възможно да е природен процес, резултат от скалният състав на речното легло и ниското ниво на водата. Общото количество разтворена сяра TDS е в рамките на нормалното, с ниски концентрации на разтворена сяра вариращи от 50 до 169 ppm. Това показва, ниска степен на гнилостни процеси и вероятно високо наличие на разтворен кислород.

Нитрати и нитрити не са установени, т.е. използването на нитратни торове в есенният сезон е ниско.

Особено внимание трябва да се обърне на цианурovата киселина, която е в количества от 0 до 12 mg/l. Повишено съдържание има преди вливането на реките Бистрица в река Струма. Цианурovата киселина е продукт на химическата промишленост като перилни препарати, дезифектанти, лепила и други. Цианурovата киселина предизвиква болести на отделителната система, образуване на кристали в бъбреците и пикочните пътища. Някои биологични видове са чувствителни към повишени съсържания на тази киселина като пастърва и някои ракообразни.

Водата е с висока обща твърдост. Съдържанието на калциев карбонат варира от 155 до 250 mg/l, като е по-висока там, където има изхвърлени строителни отпадъци: вар, бетон, цимент, керамика.

Количеството на свободна, обща и комбинирана мед Cu не е високо, но при системно напояване на земеделските площи е възможно да се обогати почвата с мед и така да достигне пределно допустимите концентрации за почви според Д.В. бр. 54 от 1997 г. За слабо-кисели и неутрални почви под 250-260 mg/kg, а за кисели почви много по-ниски. Свободната мед варира между 0 и 0,80 mg/l, общата мед от 0,19 до 0,46 mg/l, а комбинираната мед от 0 до 0,46 mg/l.

Желязото е в ниски концентрации от 0 до 0,04 mg/l, като пак по-високи са концентрациите на установените нелегални мсетища.

Радиоактивността на водата, седимента и общият радиационен фон са в рамките на естествения за района фон като флуктуира около 0,16 µSv/h.

Седиментите и на трите притока, както и на река Струма са обогатени с полиетиленов детрит, резултат от разграждане на полиетиленови опаковки в количества досигащи до 10 обемни процента, според направения полуколичествения микроскопски анализ. Високо е и съдържанието и на детрит от керамика – порцелан и тухли, стъкло и строителни отпадъци.

4. Анализ на резултатите и изводи

3. Река Бистрица е замърсена и има повишена алкалност, заради което се наблюдава пенливост и мътност при вливането и в река Струма.

4. Водата на река Бистрица има повишена електропроводимост, т.е. разтворени минерални соли, което най-вероятно е природен процес, заради ниското ниво на реките е възможно да се увеличи тяхната соленост, както и от скалният строеж на района.
6. Съдържанието на дезифектанти и перилни препарати във водата на река Струма е повишено както преди вливането на изследваният приток, така и в неговото устие, над 8 mg/l, но след вливането на притоците в Струма се наблюдава природен ефект на пречистване, което е съпроводено с участие на кислород, смесване на различни води и образуването на пяна, а количеството на цианурова киселина намалява.
7. Общата твърдост на водата в река Струма и нейните притоци е висока, най-вероятно поради факта, че преминават през карбонатни скали и поради ниското ниво на реките, като водите се набогатяват на калциев карбонат с участието на CO_2 от атмосферата.
8. Съдържанието на мед Cu в устието на река Бистрица е високо, което може при системно напояване да обогати земеделските площи с този елемент и да достигне пределно допустимите концентрации за почви.
9. Седиментите на река Бистрица около сметището е обогатено на полиетиленов, стъклен и керамичен детрит, както и с остатъци от строителни материали.

Литература:

1. Иванчев, Е. (1996). Кюстендил. Изд. „Яков Крайков”, 98 с.
2. Сотиров, А., Малууд, Д., Пищалов, Н., Везенкова, Р., Станчев, Л., Расулски, Т., Савова, С. (2014). Сравнение на данните за екологичен мониторинг на река Новоселска и река Банщица, кюстендилско. Сборник доклади на Годишна университетска научна конференция, Велико Търново, България, юли 2014
3. Sotirov, A., Malwood, D., Pistalov, N., Vezenkova, R., Rasulski, T., Stanchev, L. (2014). Environmental problems of town Kyustendil, Bulgaria. University Annual Scientific Conference, Veliko Turnovo, Bulgaria, July 2014.
4. Витов, О., Сотиров, А. (2014). Минералния състав на пясъците от реките в Кюстендилско, с екологични рискове за качествата на почвите, водите и строителните материали. Списание Екологично инженерство и опазване на околната среда, под печат.
5. Sotirov, A. (2014). Environmental monitoring of town Kyustendil Bulgaria. E3 Journal of Environmental Research and Management, Vol. 5(2). pp. 019-041.
6. Сотиров, А., Йерусалимова, М., Везенкова, Р., Савова, С., Станчев, Л., Расулски, Т. (2013). Екологичен мониторинг на река Банщица-2 част. Списание Екологично инженерство и опазване на околната среда, 3-4, 34-42.
7. Сотиров, А., Везенкова, Р., Пищалов, Н., Савова С., Станчев, Л., Расулски, Т. (2013). Екологичен мониторинг на град Кюстендил. Списание Екологично инженерство и опазване на околната среда, кн. 1, 19-28.
8. Сотиров, А., Пищалов, Н., Везенкова. Р., Симеонов, В., Пасков, С., Йорданов, С. (2008). Екологичен мониторинг на река Банщица, град Кюстендил. Сборник доклади Годишна конференция на БГД “Геонауки 2008”, 137-138.

DEGRADATION OF THE CULTURAL HERITAGE IN REPUBLIC OF MACEDONIA DUE TO INADEQUATE PROTECTION

Stojan Velkoski[1], Marina Malish[2], Vesna Mirjanoska[4], Jane Velkoski, Mihail Velkoski[5], Aleksandar Mirjanoski[6]

[1]GAPE Institute – Skopje, Republic of Macedonia
[2]Faculty of Security - Skopje
e-mail: contact@igape.edu.mk; mmalis@fb.uklo.edu.mk

Key words: *cultural heritage, artifacts, Macedonia, protection of cultural heritage*

Abstract: *The cultural heritage of a society has always been a reflection of the past cultural development of the citizens living in the respective country.*
On the other hand, it is exactly the cultural heritage that preserves the roots of an ancient, Biblical people. Hence is the need to preserve its cultural heritage which mirrors not only the past, but also the future of a people. There have always been tendencies to misappropriate or destroy the rich cultural heritages as was the one of Macedonia. The most frequent methods of destruction of the cultural heritage is by war, illegal excavations etc. The methods of usurpation are different: forgery, unnatural birth-rate of newly arrived minorities, the so-called instant peoples, usurpation through occupation of the territory etc. It such cases, the foreign usurpers tend to keep the arrogated objects, regardless of the methods and means to achieve it. They insert bribed people as officers into the responsible institutions, to act within the society with the plan and the purpose of alienation, damaging, derogation or dissimulation of the cultural heritage. The Macedonian cultural heritage is also a subject to such a phenomenon, ravaged from outside but not less from inside. We witness the ever more frequent unauthorized disclosure and sale of artifacts by illegal excavators and traders, but also replacement of originals by copies and disappearance of artifacts from the premises where they are kept and preserved by the national institutions. A series of projects have been suggested to prevent this phenomenon but the Ministry in charge is unable to take the appropriate actions, due to the lack of awareness, conscientiousness and professionalism in the majority of employees at the respective positions. The majority of the staff have been employed following the criteria of some party loyalty or the ethnic affiliation scheme, without any special criteria, or have accepted the appropriate position with destructive intentions concerning the cultural heritage on the short or the long run; this brings nothing but loss in the cultural heritage. The Macedonian cultural heritage is of a great international importance, as it mirrors the authenticity of the people and their strivings to maintain the culture and the civilization of the ancient Macedonians. Macedonia is the biggest archeological locality on Earth and it is necessary that this great heritage be protected by the international community, as it does not belong only to the Macedonian people, but is important to the whole civilized world as well.

Introduction

The cultural heritage of the Macedonian churches and monasteries as well as on the different localities is one of the most important segments of the Macedonian history and identity. The icons and the artifacts as a form of cultural heritage have a special role in it, witnessing the creativity and the spirituality of the collective cultural memory. As cultural heritage, the Macedonian icons and artifacts have an exceptional artistic value, and have therefore always been an attractive subject of misappropriation. The cultural heritage of a people, especially of the Macedonian people, which is the unique in Europe as a Biblically autochthonous, consists of numerous cultural elements such as the language, literature, toponyms, costumes, art, beliefs, spirituality, architecture, movable and immovable archeological and other cultural heritage as well as other types of cultural heritage, folklore etc. All this is included in the cultural heritage of a nation. The archeological excavations confirm the degree of development of a society that once existed. The approach towards cultural heritage reveals the level of civility of a people in the respective period. Part of the movable and immovable cultural heritage is also a type of a living spiritual energy which maintains and encompasses other elements related to the concept of Earth-Universe-other dimension, processes which are still unknown to us and still difficult to grasp. The care for the cultural heritage should not be the responsibility of the official institutions only, but we all entrusted by the previous generations to cherish and manage it appropriately. The material, moral and spiritual responsibility should be borne in parallel with the social

hierarchy. Any passive attitude can be regarded as complicity in this type of crime, regardless of the reasons for the said passive attitude.

Material and methods

- *Birth rate*

There are peoples that, due to the closed character of their culture, language and religion, have always differed from the others, birth-rate being one of those type of self-differentiation. It is known that many civilizations, as the Egyptian and others, have thus perished. If we take a look at the peoples of those periods from an anthropological point of view (the Ptolemies), that engendered both the pharaohs and the present-day Egyptians, we can conclude that there are two peoples differing from both racial and anthropological aspect: the one that has perished and the other that inherited their place. The recent, so-called refugee crises from Asia towards Europe and the settlement of the refugees mostly in Germany, caused the displacement of many German families from the regions where they have lived so far towards other regions or to another Christian country. This is also happening on the other continents, in the USA, Canada, Australia etc. The local population leaves its homes under the influence of the massive number of newcomers, and the price of their abandoned homes significantly drops. Now, such instant settlers suppress the native populations in many other societies besides the Macedonian one, misappropriate their cultural heritage and create confusion in history. The responsible institutions do not possess the appropriate capacity to prevent this phenomenon, finding it easier to leave the problem to be solved by itself with time, while time goes in their favor. They differ from the indigenous population by their customs, language, religion, habits or anthropological features. They manifest aggressive and uncivilized behavior. Unable to cope with this, the indigenous and more civilized population is forced to abandon the respective region. This process is most frequently related to religion or race. In Europe and on the Balkans this process is reflected in the population with Muslim and Christian religion. Unable to withstand the fundamentalist traditions and behavior of the Muslim fundamentalists settled on the European land, the indigenous population decides to migrate. The governments do not sense the consequences and allow, overtly or secretly, such structures to keep settling, even giving them more rights than the ones given to the domestic people. In e-Yugoslavia, it was known that the President Tito honored each 11th child born in a family of ethnic Albanians in Kosovo by being the baby's godfather. He personally helped those families. The period from 1945 to 1988 was marked by technological development of the country, in which one of the three parts of Macedonia was a constitutive part. The Muslim population overtly refused to provide education for their children, especially to the girls, as the primary occupation of that population was cattle raising and they were unwilling to get involved in the industrial development. In that period the Christian families gave birth to approximately 2 to 4 children whereas the number of children in the Muslim families was 9 to 11. The Christians embraced the industrialization process, and started to emigrate from the villages into the towns and cities and Muslim families settled in their areas. All the cultural and national heritage was left to people of a different religion and culture. The sacral and other buildings of the Christians and thereby, the movable and unmovable cultural heritage of a civilization were destroyed in many Christian villages where Muslims, more precisely Albanians settled as new owners of the houses and lands. In today's Macedonia, the minorities are favored in comparison to the indigenous population in all spheres of life: schooling, employment, taxation policies, sanctions etc. In such an atmosphere, the indigenous Christian population is forced to emigrate from the regions now inhabited by Muslim newcomers. They immediately transform the Christian schools and temples into mosques.

- ***Destruction of the toponyms***

Toponyms are part of the cultural heritage of a population. The newly arrived people, which currently outnumber the indigenous population in certain regions are unrighteously changing the toponyms. For example, the names of certain villages in the Kichevo region were changed after the new mayor of Albanian ethnicity came on duty. Thus the Macedonian name of the village Premka (in Cyrillic: Премка) is now Premkë (in Latin script, Albanian orthography), and the name of the village Shutovo Шутово is now Shitovë (Fig.1-2).



Fig. 1. Destruction of the toponym of the village of Premka into Premkë



Fig. 2. Destruction of the toponym of the village of Shutovo into Shitovë

The Christian graves and churches in many such villages have been destroyed and replaced by newly erected mosques, residential buildings or arable land, the purpose of this phenomenon being to eradicate all traces of the existence of Christianity with its cultural treasures. The destruction of the cultural heritage of a people is related to the destruction of the language of the authentic people, as is the case of the elimination of the Macedonian language and the imposition of the language of the newly, instantly migrated peoples, which is the case in West Macedonia. There are several reasons for this attitude towards the cultural heritage among which are the financial benefit, the ideological and chauvinist ideologies of the newcomers, their historic benefit, the insufficient care and expertise in the responsible institutions, corruption, organized crime from abroad and the said institutions in charge etc.

- ***Destruction of the ecclesiastical cultural heritage***

There are objective and subjective factors of destruction of the cultural heritage. This heritage in Macedonia is continuously exposed to illegal and criminal activities, initiated with a purpose, which is the religious dominance described above, the destruction of a culture by the neighboring or other peoples, insufficient care of the responsible authorities (Fig. 3), financial benefit etc. But, this criminal activity persists partly because of the accessibility to the artifacts, which enables for their frequent misappropriation, or destruction. It is known that a number of Christian churches and monasteries have been transformed into mosques, thus destroying a cultural heritage of a huge importance, changing history itself and making it confuse, usable for everyday political purposes.



Fig. 3. Icons of St. Athanasios in the village of Premka, Kichevo region, 14th and 15 century

These precious icons have been left without any special treatment. In its yard there is an old Templar cemetery, probably dating from the 14th and the 15th century. (Fig. 4)



Fig. 4. Old Templar cemetery in the yard of the church of St. Athanasios in the village of Premka, Kichevo region, dating from the 14th and 15th century

According to some legends, the area of the village of Premka was a passage from one valley to the other, which was used by caravans who travelled from the Kichevo region towards the area named Porechie, to continue towards Bitola and Thessaloniki. This was so until forty years ago. The village had always been Christian, located on the slopes of the Bistra mountain, in the area named Pacharizitsa – Tanasitsa, inhabited by farmers, cattle-raisers and Templar soldiers. A large number of the soldiers were killed in a massive battle with a big army downhill from the village, at the location named Bojni Kamen; the village was then burnt and destroyed. Three families managed to return to the village, the most belligerent among them being the so-called Volchevtsi family. They buried their Templar brothers and placed Templar symbols on their graves, built the new Tanasitsa church and new residential and cattle-keeping buildings; they were accompanied by other families from the surroundings. Afterwards, the same tombs were used for burial of the other members of their families, always by engraving their names and years of birth and death on the stony Templar crosses. All this was happening to the 18th and 19th century; afterwards, the cemetery was spread towards the Ilinets location, which had been in use as long time ago as in the Roman Empire.

- ***Destruction of the cultural heritage by random and unprofessional archeological excavations***

The cultural heritage mirrors the indigenous population in every society; the same holds for the Macedonians. These stone-embossed scripts indicate that those engraved signs represent a script which was in use 4,000 years ago (Fig. 5 and 6).



Fig. 5. Embossed script from 4,000 years ago found near Kumanovo



Fig. 6. A statue of a king's head from 4,000 years ago, 2 meters tall – Kumanovo area

These written remains indicate the existence of a literate civilization in these regions as long as 4,000 years ago. But some unscrupulous individuals have already tried to destroy them, and the purpose of those attempts remains unknown. After the archeological excavations by the official institutions the locations are left in a chaos. The locations remains exposed to snow, frost and sun, which leads to their decay. Such is the case of the Knezhie – Bilazora location in the town of Sveti Nikole, dating from the 7th and 6th century BC (Fig. 7 and 8)



Fig. 7. Remains of pillars from the 7th and 6th century BC, Bilazora locality, left to atmospheric influences and decay



Fig. 8. Remains of pillars from the 7th and 6th century BC, Bilazora locality, left to atmospheric influences and decay

The most frequent response of the institutions is that there are no sufficient finances in the budget to bring the works to an end. The damages resulting from such an attitude are irreplaceable. Such destructions of the Macedonian cultural heritage are, unfortunately, numerous, e.-g: the Roman bridge in the village of Stratsin, the iconostasis the church in the village of Brezitsa and many others (Fig. 9 – 10).



Fig. 9. A Roman bridge facing total destruction in the village of Stratsin, KUmanovo area



Fig. 10. The decaying iconostasis in the village of Brezitsa, Skopje area

Purpose

The purpose of this paper can be explained in three points as follows: 1. Research of the on-the-spot situation of the cultural heritage, 2. Public indication to the institutions of the necessity to solve the problem 3. Affirmation of the cultural heritage of the Republic of Macedonia, 4. Protection of the cultural heritage and its presentation to the scientific public worldwide, 5. Raising of the awareness and the conscientiousness of the competent institutions and of the people in general about its protection.

Results

The basic reason for the increase of criminal acts over icons and cultural heritage reflects the absence of a preventive mechanism or their protection, and a protection strategy on a national level. Nevertheless, the presence of this type of crime and its worrying increase indicates the existence of many serious shortcomings and omissions caused by diverse objective and subjective factors.

The objective reasons are the shortcomings in the legislation corps referring to and regulating this matter, the treatment that this issue is given by the national punitive policy, the dysfunctional system of prevention and security of the constructions and locations, the need to raise the social and spiritual awareness, and education, the yet undetermined responsibility and the overlapping of the competencies and the priorities of the institutions in this field, which results in a conflict of interests and absence of real and strategic initiatives for protection of the cultural heritage. All this is enhanced by the subjective factors leading to the appearance of this type of crime which finds an excellent possibility and an overt opportunity to effectuate its interests exactly due to the shortcomings reflected by the objective factor. The subjective factors are the rapid growth of the number of organized criminal groups, established by domestic and foreign institutions and individuals. As a subjective factor on this plan, is the interest of third countries to possess and appropriate the Macedonian cultural heritage as part of a destructive political agenda against the Macedonian cultural identity and history; in this direction there is an endless number of interested collection-owners within the country and abroad which are interested in possessing the Macedonian cultural values.

The Law on Protection of the Cultural Heritage, established in 2004 is an insufficient legislative solution to ensure legal protection of the cultural heritage. There is an obvious need to pass a special law on collections and antique shops, as well as on associations that will carry out researches in the field of archeology, ethnology, collection of antiquities and artifacts made of valuable materials. Chronologically, the punitive policy towards cultural heritage crime demonstrates a tendency to introduce stricter sanctions than the existing ones, which is a logical outcome of the seriousness of this social problem which seriously threatens with even larger damages to the Macedonian cultural heritage. Namely, Article 266 of the Penal Code which reads: “If an individual bestows or permanently alienates any cultural heritage of special importance for the nation, they will be sanctioned with a prison sentence of 3 to 10 years; on the other hand, Article 266-v sanctions any unauthorized trade with goods under temporary protection, any cultural heritage or natural value with a prison sentence of one to five years. In relation with this article, we would like to emphasize that there is some illogicality regarding the sanction, as there is a crime (trade) which is more serious than the misappropriation or keeping an object of cultural heritage, but a lower sentence has been established anyway.

One of the problems in the protection of the Macedonian ecclesiastical cultural heritage in the churches is the absence of a defined differentiation of the competencies among the state institutions (more precisely, the Cultural Heritage Protection Administration) and the Macedonian Orthodox Church. There is no sufficient coordination, cooperation and assistance between these two institutions, although they are the most competent ones to resolve this problem. The need to change and amend the Law on Protection of the Cultural Heritage is of extreme importance. The cooperation between the domestic and the foreign institutions is also inevitable, as is the education of the population, especially of the employees of the competent institutions.

References:

1. Velkoski, S., Institut GAPE, Skopje, R. Macedonia, PROTECTION OF MACEDONIAN STROCTURAL HERITAGE WITH COMBINED GEOBIOLOGICAL, HYIDROGEOLOGICAL AND ECOLOGICAL METHODS
2. Velkoski, S., Jane Velkoski, THE LEGENDS ABUT THE HIDDEN TREASURE, THE REASONS FOR DESTRUCTIION OF THE CULTURAL HERITAGE OF MACEDONIA .pdf
3. Stojan Velkoski RETROSPECTION ON THE CONNECTIONS BETWEEN ANCIENT MACEDONIAN MEDICINE AND MEDICINE OF MODERN TIMES, Sofija SENS-2011, 29.11-01.12 2011.
4. PROTECTION OF THE CULTURAL HERITAGE IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA 1. PhD Stojan Velkoski 2. PhD Kiro Ristov 3. Vesna Mirjanoska 4. Viktorija Bojadjiev 1. Institute “GAPE” – P.O.Box 891 1000 Skopie, R. Macedonia, NBU 2013 BG

5. Velkoski, S., INSTITUTE GAPE, SKOPJE Macedonia, FREEMASONRY – HISTORY AND PURPOSE, SPACE, ECOLOGY, SAFETY 12 – 14 November SES 2014, Sofia, Bulgaria
6. Sazdovska, M., S. Velkoski, Faculty of security in Skopje, IGAPE Institute in Skopje, CRIMINAL AND LEGAL PROTECTION OF THE CULTURAL HERITAGE AND THE NATURAL RARITIESIN REPUBLIC OF MACEDONIA, , SES 2015.
7.Стојановски, А., Катарџиев И., Зографски Д., Апостолски М.: ИСТОРИЈА НА МАКЕДОНСКИОТ НАРОД, Култура, Скопје, 1988.
8. Донски, А.: ТАЈНАТА НА БАКАРНАТА КНИГА, Штип, 2009.
9. Балабанов, К., Николовски А., Ќорнаков Д.: СПОМЕНИЦИ НА КУЛТУРАТА НА МАКЕДОНИЈА, Мисла, Скопје, 1980.
10. Стојановски, А., Ѓоргиев Д.: НАСЕЛБИ И НАСЕЛЕНИЕ ВО МАКЕДОНИЈА – XV И XVI ВЕК, Институт за национална историја Државен завод на РМ, Скопје, 2001.
11. Rose – Marie & Rainer Hagen, EGYPT, People – Gods – Pharaohs, Taschen GmbH, Köln, 2005.
12. Ancevski, Z., Blazevska Lj., Korzenski F., Misik S., Tasevska M.: MACEDONIA CULTURAL HERITAGE, Misla. Skopje, 1995.

COSMOPATHOLOGY AND THE OCCURRENCE OF CANCER

Stojan Velkoski, Jane Velkoski, Mihail Velkoski

GAPE Institute – Skopje, Republic of Macedonia
e-mail: contact@igape.edu.mk

Key words: *cosmopathology, cancer, Colony collapse disorder, human influence factor, cosmic radiations, causes of cancer.*

Abstract: *Any abnormal phenomenon is an already existing harmony, as is the harmony of life on Earth, which functions perfectly, can engender certain disharmony. Such disharmonic activities are caused by nature itself but also by the human factor. All processes that disturb the Earth's harmony are abnormal and thereby pathogenic. They originate from the Earth itself, and are called geo-pathogenic. Pathogenic phenomena on Earth can originate from space too. The cosmic influences that leave negative effect on life on Earth are called cosmo-pathology. This word consists of two parts:*

- *cosmo: something coming from or happening with space;*
- *pathology: abnormality, disease, referring to illness and caused by space phenomena.*

This conclusion is a result of 30-year-long analyses and research to identify the cosmo-pathological phenomena, their features, the damage they cause and the protection against them.
The cosmo-pathological phenomena that were subject to the research are: the Sun storms, the ultra-violet and ultra-red radiations, the Sun's rays, the cosmic grids of Manfred Curry and Ernst Hartmann, the cosmic grid of Stojan Velkoski, the cosmic swarm and the cosmic belt, identified by Stojan Velkoski as well.
Subject of the research were the symptoms and the harmful effect of cosmo-pathology on people, animals and plants, and the effects of the application of protective devices against it.

Introduction

It is known that the planet Earth possesses a magnetosphere, which enables a series of life-sustaining functions on it and in the planetary system.
According to Stojan Velkoski, the planetary system is provided with polarity as a third a third physical force, which provides for the harmonic functioning of the planets as well.
Polarity brings planets closer together or further from each other so that they can function as such.
The Earth, with its poles and magma, creates a geomagnetic field which can vary depending from the geographic location. Thus its value on the Balkans is the following: E≈130 V/m иH≈40 A/m. and the whole universe is coded by that value. Knowing that the human cells function on the basis of transformation of electric component into a chemical one, each change in the geomagnetic field can even provoke an impediment to the cell's function and result in health changes and survival of all living organisms on Earth.
The changes in the geomagnetic field can be global and local. It is estimated that nine significant geomagnetic changes, in which the whole living world on Earth was wiped out due to cosmopathology have occurred so far. Local pathological geomagnetic changes can be caused by underground cleavages, cracks, ore and mineral concentrations in soil, underground flowing waters etc. Cosmopathology and its influence on the health of the living beings were known even to the ancient peoples. Even though it may look primitive, but it must be mentioned that people in antiquity possessed a methodology and practice to chose a healthy location for their houses. They followed the instinct of animals and placed animal flesh on different locations. They were also versed in divination, as one of the oldest detection methods.

Materials and methods

Cosmo-pathology

Cosmo-pathology results from cosmic sources of radiation and their destructive influence on the living beings. The sources are subatomic particles with electric charge originating from space. They are able to generate second-degree particles which can penetrate Earth's atmosphere and surface. The term

“ray” “sneaked” through history, as it was considered that cosmic radiations were nothing but electromagnetic waves. The primary cosmic rays (those penetrating the Earth’s atmosphere and originating from deep space) consist of known stable particles which normally exist on Earth, as protons, neutrons and electrons. But very few of them are stable anti-mater particles as antiprotons, antineutrons and anti-electrons, whose nature is still subject of research. Approximately 89% of the cosmic radiations are simple protons and hydrogen nuclei, 10% are helium nuclei or alpha particles and 1% are nuclei of other heavier elements. The free electrons (as beta particles, which source is unknown) participate with 1% in the composition of cosmic radiations. The difference of the particles’ energies varies depending on their source. They can be created by the nuclear processes in the Sun (or other stars), but also in some yet unknown processes happening in deep space. The energy of the cosmic rays can exceed 1020 eV, they can be much higher than 1012 eV and 1013 eV that can be produced by particle accelerators located on Earth. The cosmic rays have the primary role in the formation of lithium, beryllium and boron in the universe, through the process of cosmic nucleo-synthesis. They also produce some of the so-called cosmogenically stable isotopes and some radio-isotopes on Earth, as is the carbon-14. In the history of particle physics, the cosmic rays were the source of the discovery of the positron, the muon and the π-meson. Cosmic rays constitute a large part of the natural background radiation on Earth. As the intensity of the cosmic rays is much higher in the higher layers of the atmosphere and in the magnetic field, they are expected to have an important role in the designing of space craft for interstellar missions. This phenomenon results from:

- Solar storms, a phenomenon resulting from the solar eruptions exercising pressure on the Earth’s geomagnetic field which is then thickened, leaving negative consequences on the living beings (Fig.1) on Earth which manifest themselves with many symptoms;
- The knots of the three cosmic grids, as cosmic sources of radiation constantly present on Earth (Fig. 2).

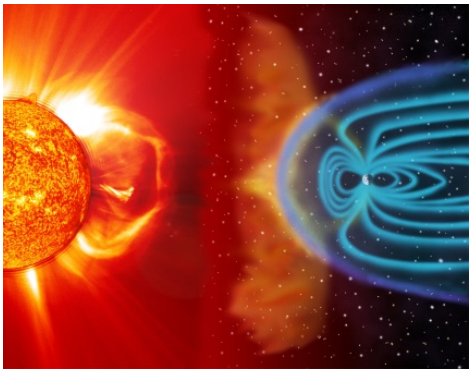


Fig. 1. Solar storms

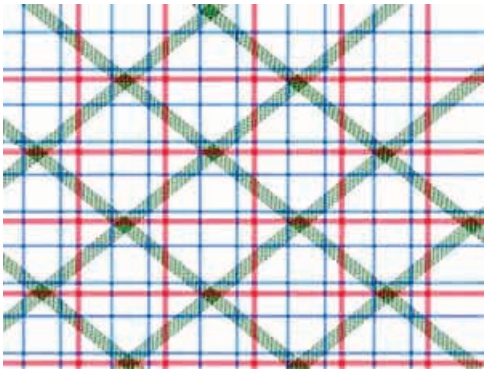


Fig. 2. The three cosmic grids

▪ Curry’s grid;▪ Hartmann’s grid;▪ Stojan’s grid.

▪ The Curry’s grid, named after Manfred Curry, is a cosmic source of radiation which was known even in antiquity, and explained and published by Manfred Curry; hence the grid’s name;

▪ Hartmann’s cosmic grid, explained and published by Ernst Hartmann in the beginning of the 20th century and bears his name,

▪ The Stojan’s cosmic grid or the S cosmic grid has been discovered and patented for industry and military purposes by Stojan Velkoski. The specificity of the third cosmic grid is the fact that its active knots are natural electricity conductors. (www.iki.rssi.ru/obstanovka/seminar/Velkoski.doc).

▪ the next discovery was the so-called Stojan’s cosmic swarm. (Fig. 3).

The Stojan’s cosmic swarm has approximately 400 dot-like radiations distributed in elliptic form and concentrated towards west; it was discovered, researched and published by Stojan Velkoski. The swarm again bears the name of the person who discovered and published it. http://www.space.bas.bg/SENS2009/11-E.pdf)....

The results of the year-long research indicate the raising frequency of occurrence of the cosmic radiations, especially of the Stojan’s swarm ones. It is obviously due to the increased electro-magnetic radiation in atmosphere and the metal concentrations in urban settlements originating from industry,

which disturb the magnetosphere and the ozone layer, allowing for the increased intensity of these radiations.

- The Stojan's cosmic belt is again a discovery of Mr. Stojan Velkoski: it consists of dot-like radiations distributed in the form of a belt (Fig. 4).

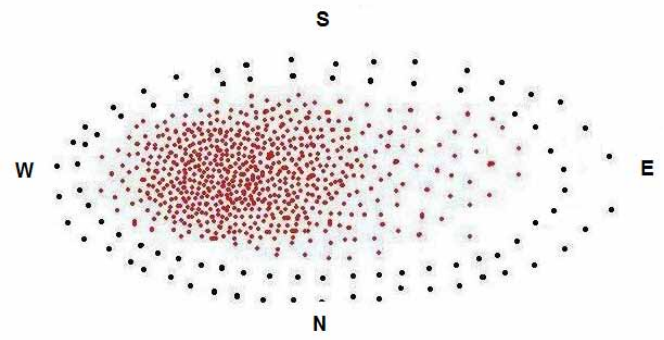


Fig. 3. Stojan's cosmic swarm

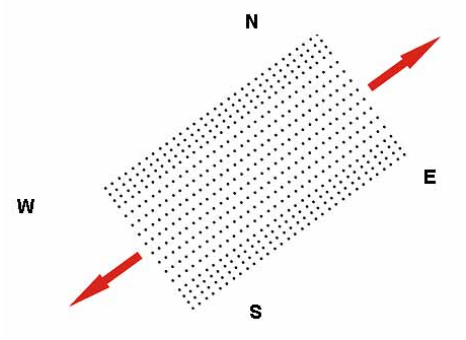


Fig. 4. Stojan's cosmic belt

It is still unknown how dangerous the Stojan's belt radiations are for the living beings. Besides the radiations of the three cosmic grids, the presence of these radiation sources is becoming ever more frequent, especially in the urban areas.

- Ultraviolet radiations originate from the Sun and their occurrence depends on the season; thus, their presence is especially evidenced in summer. (Fig. 5-6).

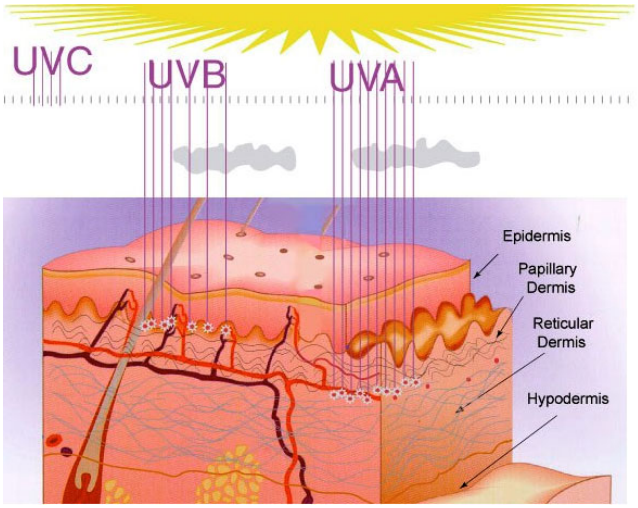


Fig. 5. Solar radiations

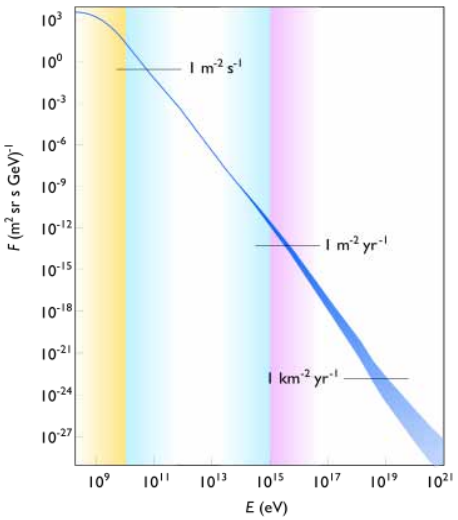


Fig. 6. Spectrum of space radiations

Consequences of the cosmic radiation sources

- *Cosmic storms,* This phenomenon results from the solar eruptions; the activity of the cosmic storms and wind impacts the Earth's ozone layer, diminishing the magnetosphere and increasing the density of the geomagnetic field. This phenomenon occurs rarely and in relatively short periods. During such periods, people feel irritated, experience pain in different parts of the body, as well as cardiovascular and other symptoms and consequences.
- *Ultraviolet radiations*, are cosmic radiation sources originating from the Sun. They usually damage human skin and cause eye cataract. The skin burns can activate some pathological skin points and become malignant (Fig. 7).

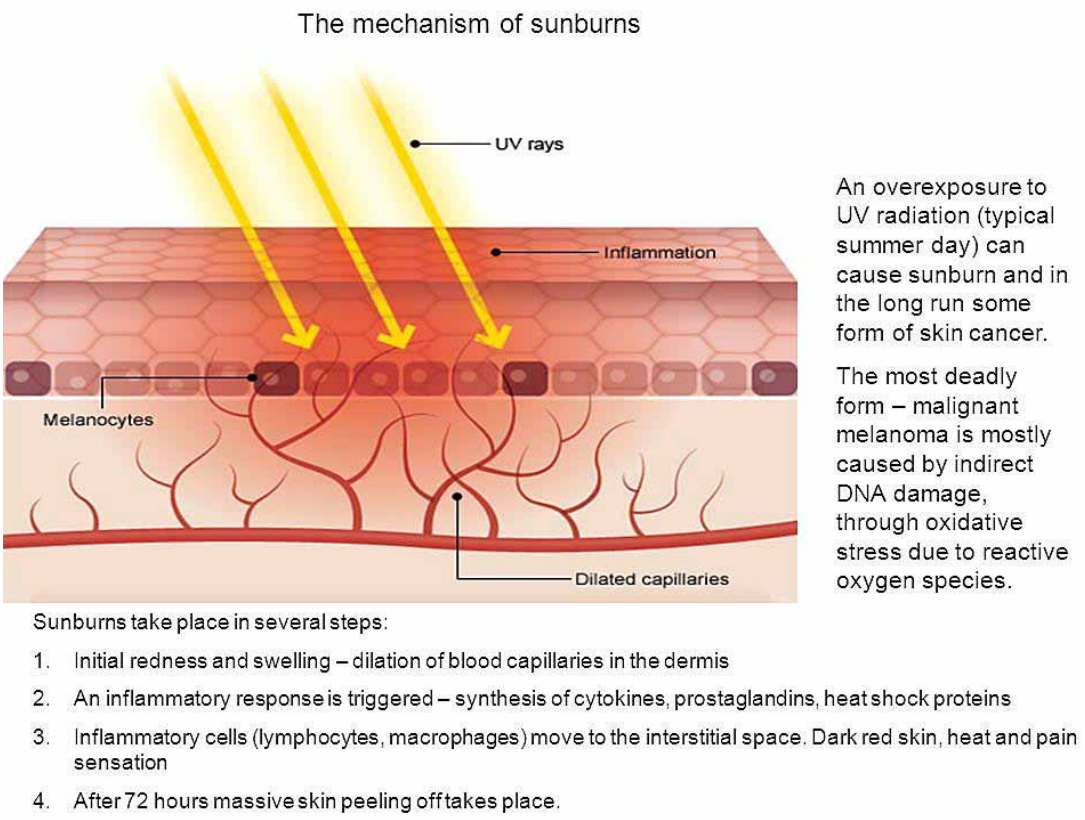


Fig. 7. Ultraviolet radiations and their influence until the occurrence of cancer

- *Manfred Curry's cosmic grid*, was known in antiquity and the dimensions of its knots are of 50 x 50 cm. Its analysis was carried out and published by Manfred Curry and the grid bears his name. Research has shown that the active knots of this grid are able to activate malignant processes with far-reaching consequences in 95% of cases. They are also a serious menace to the cardio-vascular and immune system of the exposed organisms, most frequently if they sleep on affected locations.
- The dimension of the *active cosmic knots of the Hartmann's* grid have the dimensions of 250x250 cm and can also cause serious malignant, cardiovascular and immune diseases in the exposed individuals.
- *Active cosmic knots of the cosmic grid discovered by Stojan Velkoski:* as the previous two cosmic grids, this one is also a source of space-originating radiations which is dangerous to the health of the living beings. The dimensions of its active knots are 10 x 10 cm and are especially menacing if the knot is isolated without any adjacent geo-pathogenic radiation source. This specificity does not exist in the previous two grids;
- *Stojan's cosmic swarm*, consists of cosmic radiation source in a dot's form. Their approximate diameter is Φ = 2 cm and their specificity refers to the following: the symptoms of their influence are bone pains and the most frequent consequences of exposure to them are bone or some organ malignancies if a specific organ is exposed to them while the person is sleeping. If a plant is placed on a location under their influence it dehydrates. If it is on a beehive, the bees lose orientation and wander around. This is an alarming condition on a world level and it known as Colony collapse disorder.

It has recently been discovered that the plant parasite known as mistletoe (Viscum album) appear on branches exposed to points of the Stojan's cosmic swarm. This allows for the conclusion that these "dots" influence the immune system of the exposed organism. But, research showed that the wasps, although similar to honeybees, most frequently nest exactly on locations influenced by active Stojan's swarm dots. This also holds for ants. It follows that arthropods do not react identically to exposure to these dots. The active Stojan's dots (swarms) also create a kind of a so-called synoptic glass in the ozone where they penetrate the atmosphere; this enhances visibility and the possibility to observe the stars at night. Measures showed an active Stojan's swarm at the Kokino locality, which is one of the oldest ancient observatories on the Balkans. This leads to the conclusion that the ancient civilizations did not choose the observatory locations randomly.

A Stojan's comsic belt is a dot – like radiation where dots are distributed in a belt form. It was again discovered by Stojan Velkoski, and hence its name. The dots are grouped more densely than those in the Stojan's swarm. The dangerous influence of the Stojan's cosmic belt has not yet been analysed.

The atmosphere protects the living beings against diverse Sun's and cosmic influences as are the cosmic grids, the swarms, the ultra-violet and other solar radiations.
Nowadays we witness the construction of more industrial and residential buildings. All those activities release electromagnetic fields, chemical elements, create reflections, refraction etc., all of which disturb the functioning and the compactness of the atmosphere. The cosmic radiations are more frequent on such places.
A series of scientific studies, conducted especially in Skopje and its surroundings, indicate that the radiations occur more often after than before the construction of a building. Analysis shows that the same difference exists between urbanized and non-urbanized areas.

Purpose

The purpose of this paper is to analyze the possible causes of cancer and the influence of cosmo-pathology on cancer incidences.

Results

A consequence of the influence of radiations on the inter-cellular function of cells (Fig.8 and 9) are the functional and morphological changes of the new cells leading to cancer. The year-old study included 20,000 individuals and 8,000 heads of cattle: cows, oxen and calves.

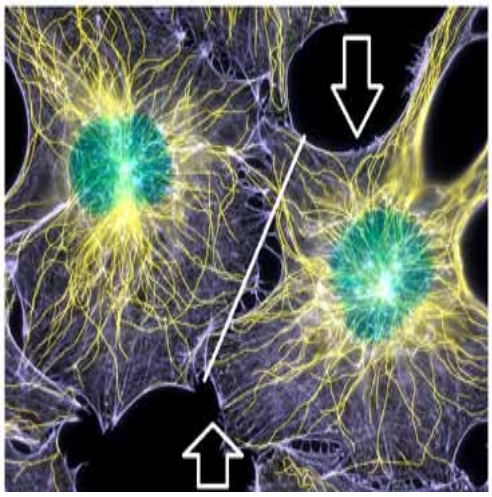


Fig. 8. Disturbance of the cell function by radiation

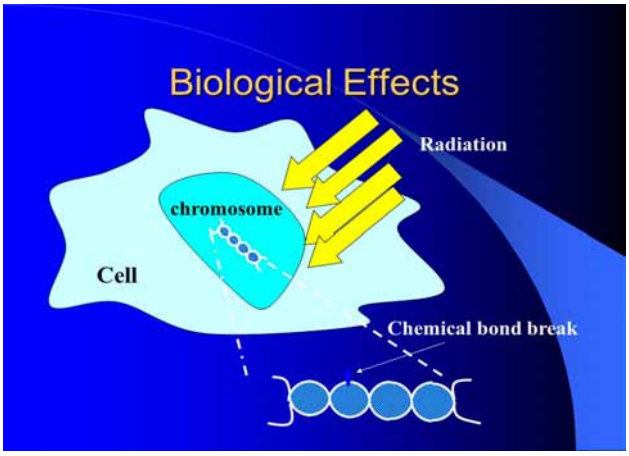


Fig. 9. Biological effect principle

References:

1. Gayton, A.: Медицинска Физиологија, Бакар-Бор, Београд, 1988;
2. Stefanov, B. Radiovolni i magnetni poleta. Medicina i fiskultura Sofia, 1990;
3. Мардиросян, Г.:От Космоса срещу екологичните катастрофи, БАН, София, 1993;
4. Muller, C. F.,: Elektrosmog: Gesundheitsrisiken, Grenzwerte, Verbraucherschutz Katalyse, Heidelberg, Hamburg, 1997;
5. Wolfgang Maes u.a: Elektrosmog-Wohngifte-Pilze (Baubiologie-praktsche Hilfe für jedermann), Heidelberg: haung, 1999;
6. Velkoski, S. DISCOVERING AND WORKING ON THE HARMFULNESS COSMIC KNOTS OF THE NEW DISCOVERED S2-NET, SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY, 14 – 16 June 2006, Varna, Bulgaria;
7. Velkoski, S., Garo Mardirossian, Frank Otten, Gordana Zlateva-Velkoska, Jadranka Denkova, ANALYSIS OF TECHNICAL DEVICES FOR PROTECTION AGAINST ELECTROMAGNETIC RADIATION SENS 27-29 June 2007 Varna BG;
8. Getsov, P., D. Teodosiev, E. Roumenina, G. Mardirossian, G. Sotirov, B. Srebrov, M. Israel, S. Velkoski, P. Gajesek, D. Simunic, Methods for Monitoring of Electromagnetic Pollution in the Western Balkan Environment, Second International Scientific Conference ANOMALOUS NATURAL AND

ANTHROPOGENIC INFLUENCES AND PHENOMENA IN THE ENVIRONMENTAL MEDIUM ANDTHE COMMON INHERITANCE, 13-15 December 2007, Skopie;
9. Velkoski, S., COSMIC STOJAN-NET AND ITS UTILIZATION,United Nations/Russian Federation Academy of Sciences /European Space Agency/ Workshop on the Use of Micro-Satellite Technologies for Environmental Monitoring and Impact to Human Health,Tarusa, Russia, 3-7 September 2007;
10. Velkoski, S., STOJAN'S COSMIC SWARM (SC-SWARM), SENS 2009, Fifth Scientific Conference with International Participation, SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY, 2–4 November 2009, Sofia, Bulgaria;
11. Velkoski, S. INFLUENCE OF ELECTRO-MAGNETIC RADIATIONS ON HUMAN BLOOD AND PROTECTION BY BIO-SPH TRANSFORMERS medical data march 2011, http://www.md- medical data.com.
13. Velkoski, S., Der Einfluss von geopathogenen Störzonen auf, Mensch und Tier – kosmischer Stojanscher-Ring und Stojanscher-Schwarm, Sanum Post,Jahrgang 2013 Nr 102 21-26 De;
14. Velkoski, S., Jane Velkoski , Mihail Velkoski, INFLUENCE OF THE STOJAN'S COSMIC SWARM ON THE BEE COLONIES AS A REASON FOR INCURRENCE OF COLONY COLLAPSE DISORDER, AND POSSIBLE PROTECTION AGAINST IT, SES 2015 Eleventh Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, SAFETY 4 – 6 November 2015, Sofia, Bulgaria, (www.space.bas.bg/SES 2015/E-8.pdf).

S E S 2 0 1 6
Twelfth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
2– 4 November 2016, Sofia, Bulgaria

USE OF MINERALS IN THE ENVIRONMENT AND THEIR ROLE IN HEALTHCARE

Mirjana Despotovic Jovanovska, Jane Velkoski

GAPE Institute – Skopje, Republic of Macedonia
e-mail: contact@igape.edu.mk

Key words: *mineralogy, crystals, human energy*

Abstract: *Mineralogy is one of the basic branches of Geology, which studies the minerals, their chemical composition, crystal structure and physical properties.Some mineralogy disciplines include processes of appearance and formation of minerals, their classification, geographic spread, as well as the possibility of their use. Scientists dealing with mineralogy are called mineralogists. The minerals and crystals are everywhere around us and they have a wide range of use – in the creation of art works and decorative objects, in cosmetics, in official medicine, in modern technology, industry etc. All these uses include the application of crystals and minerals in treatment of people and the environment.*

Introduction

A mineral is a chemical element or a compound which is normally crystallized and was created by the influence of geological processes; it has a certain chemical compositions, which does not have to be constant and a defined crystal condition which does not have to be crystallized. The minerals are the basic components of the Earth's crust. The term "mineral" does not refer only to the chemical composition, but also to the structure of the minerals. Two minerals can have the same chemical composition, but a different crystal tructure. The science that studies minerals is called mineralogy It has a fundamental role in geology. It is closely related to chemistry, physics, geo-tectonics, geo-physics, petrography and geo-chemistry. Due to the vasteness of its study field, mineralogy is subdivided into: crystallography, mineral physics, mineral chemistry, minerogenics, technical mineralogy, planetary and cosmic mineralogy, environmental mineralogy, biomineralogy mineral physiography, mineral systematic ets.

History: Mineralogy is one of the oldest sciences. The notion of mineralogy was first mentioned in 1636 by the Italian scientist B. Cezii from Modena. The first scientific work, specially dedicated to minerals, was entitled *On Stones* and written by Theophrastus (372-287 B.C.), who is considered as a founder of mineralogy. His book includes descriptions of 59 inorganic compounds, of whish 32 minerals, 14 rocks, 6 organic compounds and 7 useful products. Important progress in the study of the minerals' features, their classification and systematization was achieved in 19th century mainly in the works of the Arab scientist Avicenna in the 11th century (980-1037). The German physician Georgius Agricola (1494-1555) was the first scientist to differenciate between minerals and rocks. As a practicist, he paid special attention to the minerals' physical properties. The 18th century brought the clear distinction between the crystallographic and genetic tendencies in mineralogy. The chemical branch of mineralogy was developed at the end of the same century, by A. F. Cronstedt (1722-1765) and J. Berzelius (1779-1848). The 18th century witnessed the appearance of the so-called scholastic classification by Carl von Linné (1707-1778) of which the basis were the forms in which crystals appear. In the course of the 19th century, while the German schools and their representatives, as C.S. Weiss, F.E. Neumann, F. Mohs, C. F. Naumann and others studied the geometric qualities of minerals, in Russia, Severgin (1765-1826) and his followers were analyzing the mineral chemical properties. A great contributor to the determination of the chemical properties of minerals was the French scientist A. des Cloiseaux and the Russian mineralogist Fedorov (1853-1919). In 1912, using crystals to defract the x-rays, the German physicist Max von Laue (1879-1960) proved that the geometric laws, established by Fedorov, were correct for the structure of all real crystals. The founder of geochemistry, V. I. Vernadsky (1863-1945), established the x-ray structural study of minerals as one of the greatest discoveries. These achievements led to the establishment of the basis of crystal-chemistry, which studies the logical connection between the minerals' crystal structure and their chemical composition, and theirby their physical properties.

Materials and methods

The role and the application of minerals and crystals in our lives is multifunctional. This article will concentrate on the use of crystals and minerals in the healing process, spitirual development, energy equilibrium, and all their contribution in the improvement of people's quality of life in general.

Minerals and crystals are all around us and serve for all kinds of purposes – in the manufacture of art works and decorative elements, in cosmetics, in official medicine, in modern technology, industry etc. The use of crystals and minerals in the healing of people and environment finds its place in all these multiple uses.

Crystals have been in use for healing treatments and harmonizing the living environment for thousands of years. They act through resonance and vibration, and can be useful in treatment of common diseases and efficient as first-aid cures, which is especially true for precious stone extracts.

The ancient healers knew that some crystals either give energy or soothe, but some of them are able to calm the overactive organ and stimulate the slow one.

The crystals used for healing can be used as pendants or lumps, or as a part of elixirs and teas. Creams can be made out of crystals as well.

The ground crystal loses its natural vibration absorbed from the location of its origin, and can not be used for healing. Processed crystals have gone through many energy changes, due to the grinding and the touch of many people, whose vibrations they have absorbed. Such a crystal, bought from a shop, bears the vibrations of the people who processed and touched it; it has more negative than positive effects on our organism.

The ground crystals worn as pendants can be used for protection and healing, but only after being subject to spirituall processing.

The crystals that we receive as gifts must be "cleaned" and programmed. Only afterwards can they have vibrations useful for us.

The chakras are energy centers absorbing the energy of the Sun and the planets, as well as the radiations of the planet Earth. Thus, the chakras provide our body with the energy necessary for our everyday life.

The energy centers (chakras) are very important for the mineral and crystal therapy (Fig. 1 and 2). They are points connected with certain level of our consciousness and the intervan secretion glands: there are seven of them, conencted with the physical body.

The entire system has various vibrations which correspond to the spectral colours, from red to orange, yellow, green, blue purple and white. The knowledge about these levels is of extreme importance for crystal therapy, as the first and basic choice is made according to colour.

Once the therapy is completed, the minerals are subjected to cleaning, firstly under running water and than in a water-filled utensil. After a certain time in the utensil, the minerals are filled with energy (under sunshine or moonlight, and together with other crystals).

The main energy centers have the following colours:

- First chakra – red colour (corresponding red and black minerals)
- Second chakra – orange colour (corresponding orange and light-brown minerals) Third chakra – yellow colour (yellow and gold-like minerals)
- Fourth chakra – green and pink colour (corresponding green and pink minerals)
- Fifth chakra – light blue colour (corresponding all nuances of blue colour)
- Sixth chakra – purple colour (corresponding purple and many dark blue minerals) Seventh chakra – white with gold overtones (corresponding white and transparent minerals, as well as minerals with gold overtones)

It has to be mentioned that there is a mineral (crystal) which is universal and able to replace all the others, being used in all levels: it is the best-known and the most used one, the quartz. It has the main role in therapies as it is universal in the sense of energy, including each of the four basic elements: soil, water, air and fire.

Quartz (Fig. 3) is one of the best-known and most used crystals. The Native Americans used it to protect their children, and the Buddhists for meditation. It is most frequently used in therapies, thanks to its capacity to clean and stimulate all the chakras. It is mostly used in crystal therapy as it is universal in the energy sense, bearing all of the four basic elements – soil, water, fire and air. It can be placed in all levels and body parts, replacing any other mineral (if we do not have or use any of them).

Results

First or root chakra (Fig. 4). The minerals corrersponding to this energy center are the red and black ones, mostly the following:

- Red minerals: red jasper, red tiger's eye, ruby, granate, heliotrope, red coral etc.

- Black minerals: black tourmaline, obsidian, hematite, magnetite, black onyx, smoky quartz etc.

Ruby – enhances immunity, improves the blood circulation, stimulates pure and strong love, strengthens the heart. Protects against anaemia and leukemia, regulates blood pressure.

Granate – regulates the heart rhythm and blood pressure, protects against anaemia and leukemia, improves the function of the genitalia and the liver, strengthens the bones, helps in arthritis and rheumatism.

Red jasper – gives strength and vitality, stops bleeding, protects wounds against infection, harmonizes the nervous system, improves immunity. Activates the genitalia, eases pregnancy and childbirth. Reduces pains and enhances the function of the glands.

Hematite – strengthens immunity, cures anaemia, releases poisonous matters and clogs from the blood vessels, stops bleeding.

Obsidian – heals bones after fractures, eases spine pains, improves immunity, raises the blood pressure, enhances concentration.

Black onyx – improves blood circulation, enhances the growth of the hair and nails.

Black tourmaline – protects against negative energy, helps in dreams and turns abstract thoughts into real ones. Improves self-control, discipline and perseverance. Eases rheumatism, period pains and blood circulation.

Smoky quartz – regenerates the muscles, helps in genitalia and kidney problems.

Second or sexual chakra (Fig. 5). Its corresponding minerals are the orange ones: carnelian, orance calcite, opal, sunstone, orange agate, topaz and moonstone (although greyish-white).

Carnelian – reduces anger and aggressivity, enhances courage, regulates the blood pressure, reduces sugar and regenerates the blood, improves circulation and stops bleeding.

Sunstone – gives joy to the person who wears it. Helps reduce high blood pressure, arteriosclerosis, asthma, joint and bone diseases, rheumatism, and soothes depression and exhaustion.

Moonstone – especially beneficial to women. It regulates the function of hormones, metabolism, blood sugar, helps in conception.

Orange agate – reduces pains. Protects the pregnant woman and its baby and facilitates childbirth.

Third chakra or solar plexus (Fig. 6). The minerals belonging to this chakra are the yellow ones, as: citrine, amber, tiger's eye, jasper, calcite, pyrite etc.

Citrine – enhances the immune system and metabolism, eases diabeters, helps the kidneys and the intestine, cleanses the digestive system and the glands, has an anti-depressive effect.

Tiger's eye – enhances life energy, soothes depression, helps in liver problems, asthma and bronchitis, reduces neurous and psychological diseases, brings emotional equilibrium and increases courage.

Pyrite – regulates the blood and the bile, the gland function, breathing, and releases the psychological blockages.

Amber – warms-up and strengthens the digestion system, the glands and the lungs. Eases the skin and bone problems.

The fourth or heart chakra (Fig. 7). The crystals corresponding to this chakra are the green and pink ones, as: emerald, malachite, jade, chrysoprase, heliotrope, green jasper, aventurine, epidote, praseme, green calcyte, green, tourmaline, rose quartz, rhodochrosite, rhodonite and kunzite.

Emerald – helps in epilepsy, schizophrenia, paranoia and psychosis. It is used in case of physical weakness, heart disorders, anaemia, inflammations, bone and muscle problems.

Malachite – eliminates negative energy from the organs. It is especially efficient in rheumatism, muscle sclerosis, breathing and metabolism problems, heart and blood pressure problems.

Jade – leaves positive effects in liver and kidney problems, and in problems with urinary duct, in case of rheumatism, heart and pressure problems, regulates metabolism.

Aventurine – helps against rheumatism, heart and kidney problems, urogenital system problems, in allergies and skin diseases, strengthens the hair and brings psychological peace and serenity.

Rose quartz– strong heart healer. Intriduces tender love vibrations, eases emotional problems, heals the heart, strengthens the weak organism, helps in case of fatigue, low pressure, psychological problems.

Sixth or throat chakra (Fig. 8). The minerals corresponding to this chakra are light blue, blue or green-blue, as are: aquamarine, turquoise, blue sapphire, chalcedony, chrysocolla, lapis lazuli and sodalite.

Aquamarine– is beneficial for the throat, the thyroid gland, speech ability.

Turquoise – soothes all inflammation types, absorbs fears, protects and cleans the aura. Has a beneficial effect in cases of depression, sadness and shocks.

Blue sapphire – clears our thoughts, emotions and words, enhances concentration and calms, reduces skin problems and rheumatism, the eye and ear diseases, sinusite, strengthens the hair and the nails.

Lapis lazuli – has a healing effect on the body and the soul, relaxes and soothes, reduces pains and spasms, lowers the blood pressure, protects against negative energies. *Sodalite* – helps in balancing the internal secretion glands, activates metabolism, insulin, reduces blood pressure. Enhances clairvoyance, develops logical thinking and gives courage.

The sixth chakra or the third eye (Fig. 9). The minerals corresponding to this chakra are dark blue or purple ones, as: lapis lazuli, sodalite, azurite, indigo sapphire, hawk's eye, amethyst, sugylite, lepidolite, fluorite, charoite.

Azurite – a symbol of internal knowledge and love. It enhances concentration, good thoughts, intuition and clairvoyance.

Indigo sapphire – exceptionally efficient in the treatment of mental disorders. This crystal helps us differenciate between illusion and knowledge.

Amethyst – acts on several levels, both physical and spiritual. Reduces aggressivity, clears our aura, harmonizes the energy, clears the dreams, releaves anger and fury, fear and anxiety. Helps us transform negative thoughts and emotions into universal love. Helps in all mental processes, in inspiration, intuition, meditation. It reduces pain in all levels, especially those in the head.

Lepidolite – helps relieve stress and strain and strengthens our nervous system.

Fluorite– leaves deep effect on all chakras, especially on the frontal one (the third eye), stimulates insight. Helps in concentration and learning, enhances mental activity, releaves exam fear. It also heals old age senility, headache, flu and asthma.

Charoite – brings stability into the neurovegetative system and enhances immunity.

The seventh or crown chakra (Fig. 10). The minerals that correspond to this energy center are translucent, white, gold or purple, as are: the quartz, amethyst, fluorite, beryl, charoite, diamond, pearls etc.

Quartz – a translucent crystal which is universal for energy cleansing, harmonizing and filling in all levels, from the physical environment, our physical body and all organs, to the emotional and mental level. Relieves blockages, transforms negative energy into positive one, srengthens the entire organism. Enhances the effect of all other crystals.

White topaz – strengthens the entirety of our energy system, improves the activity of the heart, the internal secretion glands, the blood circulation, the nerves, cleanses the organs and the tissues from negative energy, improves the mood.

Beryl – helps open the chakras, penetrates deep into the aura, cleans it from bad energy layers and enlightens it.

Conclusion

The purpose of the crystal can also be determined by its colour. Thus, the red and orange crystals enhance physical activity, improve energy circulation and activate the stagnant vibration. Such are the red or orange jasper, carnelian and calcite.

Yellow crystals, as citrine, tiger's eye or amber are recommended to enhance mental activity, equilibrium, appetite and digestion.

Green crystals introduce harmony, regenerate, inspire healing energy and positive emotions. Green-radiating crystals are the jade, chrysoprase, chrysopal, agate, aventurine, malachite.

The blue minerals inspire creativity and have a protective potential against dangerous radiations, underground waters, ores, different influences to which we are exposed without being aware of it, and which come from the soil, the universe, as well as against electromagnetic waves and other technology influences, caused from the modern civilization. Such protection is yielded by the aquamarine, calcedon, turquoise, hawk's eye, lapis lazuli and azurite.

The purple crystals introduce peace and harmony into the environment, relax and provide for easy sleep. Their pleasant vibrations soothe the thoughts and improve concentration. Amethyst is especially recommended for a pleasant sleep and for mental activities, as are learning and creative work.

The translucent or milky crystals act positively on all levels, as they introduce universal vibration. They introduce the clearness of the water, the glittering of the sky and the Sun into our home, and are therefore placed near the windows.





Fig. 1 and 2. Appropriate colours corresponding to the chakras



Fig. 3. Quartz



Fig. 4. The first chakra and its corresponding minerals

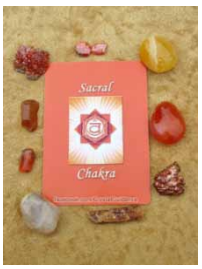


Fig. 5. The second chakra and its corrersponding minerals



Fig. 6. The third chakra and its corresponding minerals

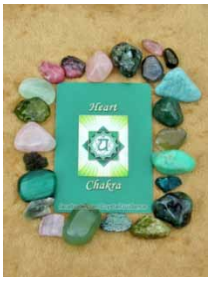


Fig. 7. The fourth chakra and its corresponding minerals



Fig. 8. The fifth chakra and its corresponding minerals



Fig. 9. The sixth chakra and its corresponding minerals



Fig. 10. The seventh chakra and its corresponding minerals

References:

1. Стојанов, Р., Боев Б.: Петрографија, Универзитет Св. Кирил и Методиј – Скопје, 1994.
2. Џуди Хол: Енциклопедија кристала, Езотерија, Београд, 2005.
3. Кристали – Срђан и Златко Калајџић, Београд, 2009.
4. Деспот, Ѓ.: Исцељивање кристалима, Еликсир, Ријека, 1998.
5. Бетехтин, А.Г – Курс Минералогии, Государственное научно-техническое издателство, Москва, 1956.
6. Јес, Т. Ј. Лим – Фенг Шуи и здравјето, Институт за алтернативна медицина ОН Коломбо, Шри Ланка, 1997.
7. Коматина, М.: Медицинска геологија, Телур, Београд, 2001.
8. http://crystalguidance.com/
9. Other custom research results

ATMOSPHERIC PRESSURE SYNTHESIS ROUTE FOR UTILIZATION OF MUNICIPAL AND AGRICULTURE WASTES INTO A USEFUL ZEOLITIC PRODUCT

Valeria Stoyanova[1], Radost Pascova[1], Annie Shoumkova[1], Adelina Miteva[2]

[1]Institute of Physical Chemistry "Rostislaw Kaischew" – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mails: valeriastoyanova@gmail.com; pascova@ipc.bas.bg

Key words: *rice husk, aluminum scrap, zeolite NaA, waste utilization, hydrothermal method, "atmospheric pressure" method*

Abstract: *A new energetically efficient method is proposed for utilization of two wastes, rice husk (RH) and aluminum scrap into a useful zeolitic product – zeolite NaA. The method possesses two main advantages over the conventional hydrothermal route for zeolite synthesis. Firstly, all synthesis procedures as the preparation of the initial Si and Al containing hydrogels as well as the nucleation, growth and ageing of zeolite NaA crystals are carried out under atmospheric pressure. In this way, the energetically unfavorable hydrothermal treatment is avoided. Secondly, the Si containing hydrogel is prepared without preliminary burning of the RH employing instead direct extraction of Si from this waste product. As shown, practically complete dissolution of Si from the RH can be achieved by its alkali treatment (with 10 wt.% NaOH for 7 h) at boiling temperature and atmospheric pressure. The initial wastes and the zeolitization products are characterized by scanning electron microscopy (SEM), energy dispersive X-ray (EDX) analysis and X-ray diffraction (XRD). Besides, the kinetics of zeolitization is followed to determine the optimal treatment times needed for synthesis of NaA zeolite crystals possessing high purity and perfect morphology simultaneously achieving possibly high yield. The results of "atmospheric pressure" method in respect to the quality and yield of the zeolite product are compared with those obtained employing the conventional hydrothermal synthesis path.*

ОПОЛЗОТВОРЯВАНЕ НА ЗЕМЕДЕЛСКИ И ГРАДСКИ ОТПАДЪЦИ ДО ПОЛЕЗЕН ЗЕОЛИТЕН ПРОДУКТ ПОСРЕДСТВОМ СИНТЕЗ ПРИ АТМОСФЕРНО НАЛЯГАНЕ

Валерия Стоянова[1], Радост Паскова[1], Ани Шумкова[1], Аделина Митева[2]

[1]Институт по физикохимия "Ростислав Каишев" – Българска академия на науките
[2]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mails: valeriastoyanova@gmail.com; pascova@ipc.bas.bg

Ключови думи: *оризови люспи, алуминиеви опаковки, зеолит NaA, оползотворяване на отпадъци, хидротермален метод, метод при атмосферно налягане*

Резюме: *Предложен е нов енергетично ефективен метод за оползотворяване на два отпадни продукта, оризови люспи (RH) и алуминиеви опаковки, до полезен зеолитен продукт – зеолит NaA. Методът има две основни предимства пред конвенционалния хидротермален способ за зеолитен синтез. Първо, всички синтезни процедури като изготвяне на съдържащите Si и Al хидрогелове, както и зародишообразуването, растежът и стареенето на зеолитните NaA кристали се провеждат при атмосферно налягане. По този начин се избягва енергетично неблагоприятната хидротермална преработка. Второ, хидрогелът, съдържащ Si, се приготвя без обичайното предварително изгаряне на RH, а Si се извлича директно от този отпаден продукт. Както е показано, практически пълно извличане на Si от RH може да се постигне чрез алкално третиране (с 10 wt.% NaOH за 7 часа) при температура на кипене и атмосферно налягане. Използваните отпадъци и зеолитните продукти са характеризирани с помощта на сканираща електронна микроскопия (SEM), рентгенов енерго-дисперсионен анализ (EDX) и рентгенова дифракция (XRD). Освен това е проследена кинетиката на зеолитизация, за да се определи оптималното време на третиране, необходимо за синтез на NaA зеолитни кристали, притежаващи висока чистота и перфектна морфология, постигайки*

същевременно възможно най-висок добив. Направено е сравнение между двата метода на синтез по отношение на качеството и добива на зеолитния продукт.

Introduction

Rice husk (RH) is one of the major agricultural wastes with annual world production of about 120-130 million tons [1-3]. That is why the ecological problems connected with the rice husk disposal as well as with the possibilities for utilization of this high tonnage by-product are object of intensive investigations (see for e.g. [4-8]). Due to its high silica content (about 9 wt.%), the rice husk (RH) should not be considered as a waste but as a raw material, e.g. for the cement, ceramic, steel and construction industries [2,4,7]. Moreover, since silica exists in the rice husk in the form of nanoparticles [9], this waste is suitable for low cost production of nanosilicate structures which can find application as adsorbents [10,11], for effective gene delivery [9] or in the high performance Li-ion batteries [3,9]. Another possibility for the RH utilization is to use this by-product as a source of Si for synthesis of zeolites [12-16]. Usually, high quality zeolites are produced under hydrothermal conditions [1,17-21]. However, this way of synthesis is energetically inefficient and it is connected with the usage of autoclaves, i.e. of expensive and complex equipments. Moreover, in the conventional methods, the Si containing gel is prepared not by direct extraction from the rice husk but by alkali treatment of rice husk ash (RHA). This requires preliminary burning of the husk, which is also an energetically ineffective process. That is why the aim of the present study is to develop a method for zeolite production at atmospheric pressure and direct extraction of Si from rice husk. Moreover, this route of synthesis will be environmentally more friendly since it avoids the preliminary rice husk burning causing substantial atmospheric pollution. As shown further, the atmospheric pressure method enables the synthesis of a valuable zeolite product - zeolite NaA ($Na_{12}Al_{12}Si_{12}O_{48}.20H_2O$) simultaneously achieving high quality and yield. Zeolite NaA discovered by Milton in the middle of the 20-th century [22] is presently the most commercially important zeolite. It finds application as a water softening component in laundry detergents, in different (waste)water treatment and purification procedures and its annual consumption amounts more than one million tons [23]. Moreover, environmental risk assessments of zeolite NaA have established that its use in detergent products does not pose a risk for any of the environmental compartments, i.e. water, sediment, soil and sewage treatment plant [24]. That is why the development of methods for its possibly low cost production is of enormous practical interest.

Materials

Two waste products, rice husk and aluminum cans, were used as sources of Si and Al, respectively. The rice husk (sort “Halil B”) was supplied by ‘‘Rice company’’ Ltd., Stara Zagora, while the waste aluminum cans were taken from the system for separate municipal solid waste collection in Sofia. The cans were cut off, their printed decoration was removed by putting in 50 % H_2SO_4, and after that they were washed and dried. Technical grade NaOH and distilled water were used to prepare 10% NaOH solution needed for the alkali treatment of the rice husk and the Al scrap. Rice husk ash was also used for preparation of Si containing gel in order to resemble the conventional hydrothermal methods for synthesis of zeolite NaA. For this purpose, rice husk was burnt in an electrical muffle furnace at 800^oC for 2 h. This regime was chosen to obtain rice husk ash containing highly reactive amorphous SiO_2 [25]. Under these conditions, it was found that 6 g rice husk yielded 1 g rice husk ash containing about 92.1 wt.% SiO_2 [26]. The ash also contains traces of other components such as K_2O, CaO, MgO, and MnO. Besides, the rice husk ash analysis confirmed the complete burning of carbon.

Synthesis procedures

For preparing the Si containing gel, 6 g RH was mixed with 60 ml 10 wt.% NaON and heated 7 h at 105^oC under continuous intensive stirring in a vapor refluxing system. The Si-gel thus obtained was filtered through a cellulose filter and the indissoluble precipitate was washed by 100 ml hot water, dried and weighted. The Al containing gel was obtained by treating 1 g Al scrap with 60 ml 10% NaOH for 12 h at room temperature and without stirring. After that the Si and Al gels were mixed at room temperature and the gel mixture was heated for 5 h at 85^oC in a reflux system under atmospheric pressure. The preparations of the Si – Al gel mixture, and the following heat treatment were carried out under regime of intensive stirring. All these procedures (similar to those used in [26]) are schematically presented on Fig.1. After completing the heating, the gel mixture was left for further 19 h aging at room temperature without stirring.

For comparison, zeolite NaA was also synthesized using Si containing gel prepared under hydrothermal conditions from rice husk ash. For this aim, 1 g rice husk ash obtained by combustion of

6 g rice husk was treated with 60 ml 10% NaOH in a Teflon-lined stainless steel autoclave at 145°C for 7h under autogenous pressure without stirring. The obtained gel was also filtered and the separated indissoluble precipitate was dried and weighted. The Si-gel prepared in this way was further used for synthesis of zeolite NaA repeating the same steps as in the case of "atmospheric pressure" method (see Fig.1).

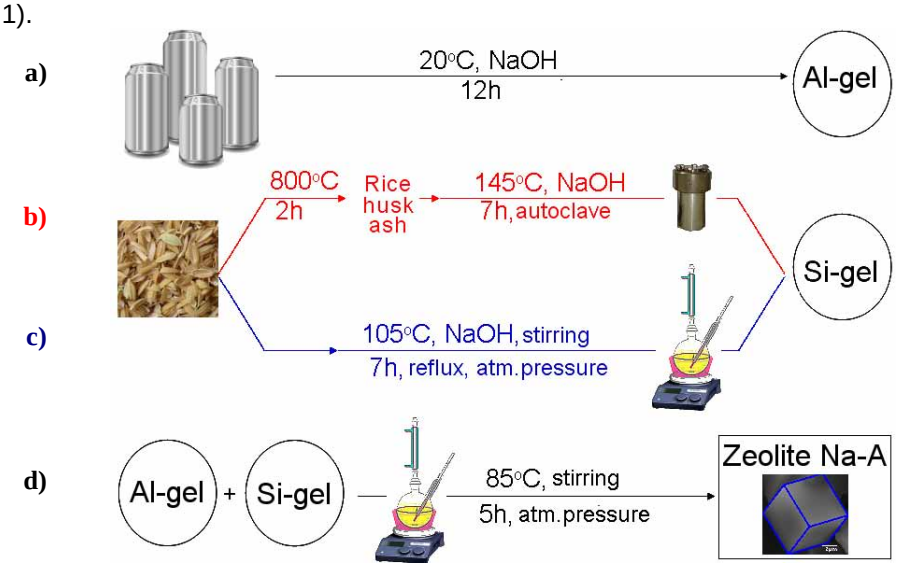


Fig. 1. Schematic illustration of the hydrothermal and "atmospheric pressure" methods for synthesis of zeolite NaA. (a) Preparation of the Al gel. (b) and (c): The two ways for preparing the Si gel under hydrothermal conditions and at the atmospheric pressure, respectively. (d) Heat treatment regime used in both synthesis methods.

Methods for analysis

For characterization of the reaction products, small aliquots from the reacting suspensions were taken during all synthesis stages. Before examination, every suspension probe was filtered, washed up to neutral pH, dried and weighted.

Morphology and elemental composition of initial materials, intermediate and final products were investigated by scanning electron microscope (JEOL JSM6390) equipped with energy-dispersive X-ray (EDX) analyzer (Oxford Instruments). Average sample composition was determined employing the so-called "integral spectra" taken at low magnification. Moreover, the particle size distribution of the zeolite NaA crystallites was investigated during different synthesis stages using SEM micrographs. For this purpose, the size of about 300 individual particles was determined for every sample.

Phase identification of the reaction products was performed by powder X-ray diffraction. Powdered samples with equal masses and identical sample holders were used in all measurements. X-ray diffraction data were collected by Philips PW 1050 automatic diffractometer, using CuKα filtered radiation and Bragg-Brentano geometry in 2θ interval from 5 to 85 degrees.

The mass (in g) of the dry zeolitic product, obtained from 6 g RH was used as a measure for the synthesis yield. This way of yield definition was introduced accounting for that all synthesis procedures were carried out with one and same quantity of 6 g rice husk or with the ash (approximately 1g) obtained after its burning.

Results and discussion

Table 1 summarizes some important characteristics of the two methods for preparing the Si containing gels: at atmospheric pressure and under hydrothermal conditions. These include the percentage content of the indissoluble precipitates, their SiO_2 content as well as the total amount of SiO_2 remaining in these precipitates. As seen from the table, SiO_2 can be almost fully extracted from the rice husk at atmospheric pressure and what is more important the extraction degree is comparable to that obtained under hydrothermal conditions. The high degree of Si extraction at atmospheric pressure is most probably due to the more intensive mixing resulting from the intensive stirring in the reflux system.

Table 1. Data for the indissoluble precipitates obtained after the alkali treatment of RH and RHA.

Method of Si-gel preparation	Initial material	Content of the precipitate, wt.%	SiO_2 content in the precipitate, wt.%	Amount of SiO_2 in the precipitate, g
Atmospheric pressure method	RH, 6 g	30	0.19	0.057
Hydrothermal method	RHA, 1 g	6.8	0.95	0.065

Figure 2 presents the X-ray diffraction patterns of the zeolite samples synthesized by the two methods described. Both diffractograms were recorded with samples obtained after completing the whole synthesis cycle, i.e. after the room temperature ageing. As visible, the diffractograms are very similar and in both samples the presence of zeolite NaA (PDF 00-039-02222) is detected, only.

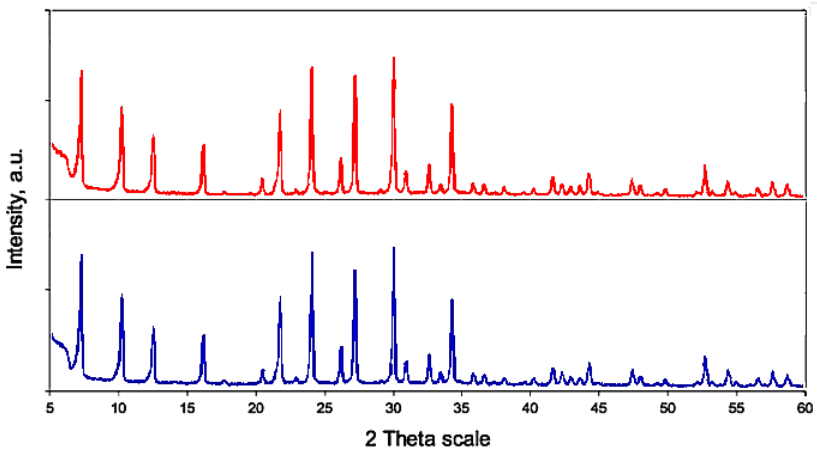
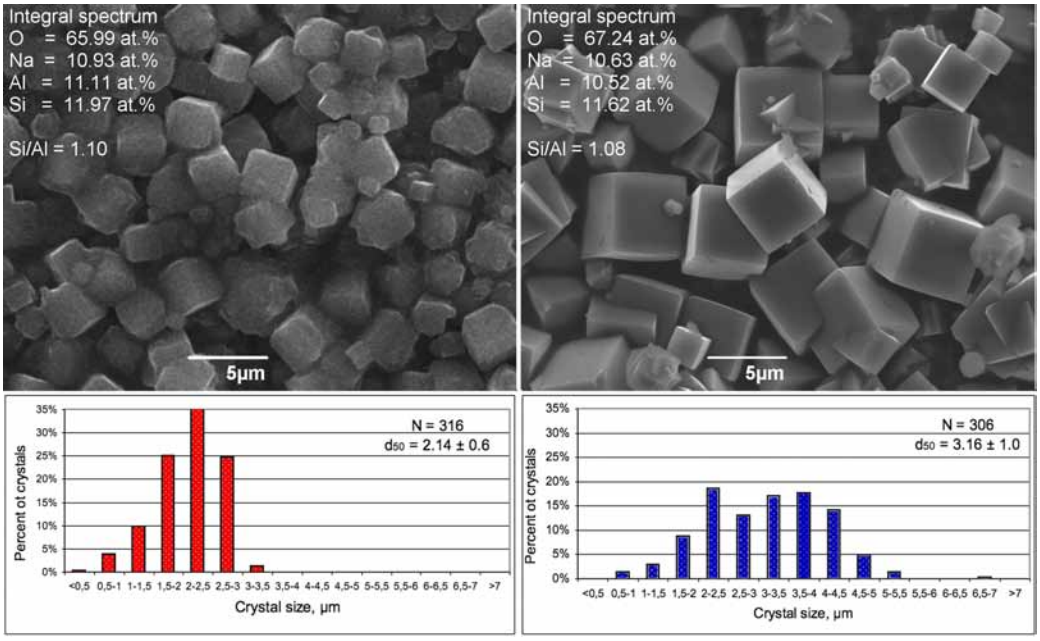


Fig. 2. X-ray diffractograms of two zeolitic samples synthesized by the hydrothermal method (a) and by the atmospheric pressure method (b). For the synthesis conditions used by the two methods see Fig. 1.

SEM micrographs of these two samples, together with the data for the respective yields, are shown on Fig.3. Both samples consist predominantly of crystals with the typical for zeolite NaA cubic morphology. The size distribution histograms of the zeolitic crystals are given under the respective SEM images.



a) **b)**

Fig. 3. SEM micrographs of the zeolitic samples synthesized by the hydrothermal (a) and the “atmospheric pressure” (b) methods. The synthesis conditions are the same as for the samples in Fig. 2. The average elemental composition of the zeolitic products are given on the left up corner of the SEM images, while below them the final size distribution of the zeolitic crystals in the respective samples are presented.

The crystals obtained by the “atmospheric pressure” method possess predominantly regular shapes with smooth faces and sharp edges (Fig.3b). In the case of hydrothermal synthesis, the larger part of crystals has not so well developed cubic forms (Fig.3a).

The zeolite crystals obtained by the “atmospheric pressure” method are characterized with broader size distribution and larger mean size (d_{mean} ~ 3.16 μm, Fig.3b) as compared with those obtained under hydrothermal conditions (d_{mean} ~ 2.14 μm, Fig.3a).

The zeolite crystals synthesized by the hydrothermal method, i.e. using rice husk ash as a source of Si, possess yellowish coloring. In contrast, the crystals obtained by the atmospheric pressure method, directly from rice husk, are white which makes them suitable for different detergent applications.

As seen from the data given on Fig.3, the elemental composition of the two zeolitic products differs insignificantly from that of the stoichiometric zeolite NaA ($Na_{12}Al_{12}Si_{12}O_{48}.20H_2O$).

Another important advantage of the “atmospheric pressure” method is that the yield is substantially higher than that under hydrothermal conditions from RHA (4.06 g compared to 2.63 g, respectively).

Accounting for the advantages of the “atmospheric pressure” method, we thoroughly investigated the evolution of morphology, yield and size distribution with the time of alkali treatment.

On the next figure (Fig.4), a series of SEM micrographs are presented taken at different stages of the “atmospheric pressure” synthesis. Up to about 60 minutes from the beginning of the synthesis amorphous precipitates are visible only, and they disappear after 210 min. The first zeolite crystals can be detected after about 80 minutes. As seen, these crystals are initially not well faceted, while with the progress of time they grow and their shape becomes more and more perfect.

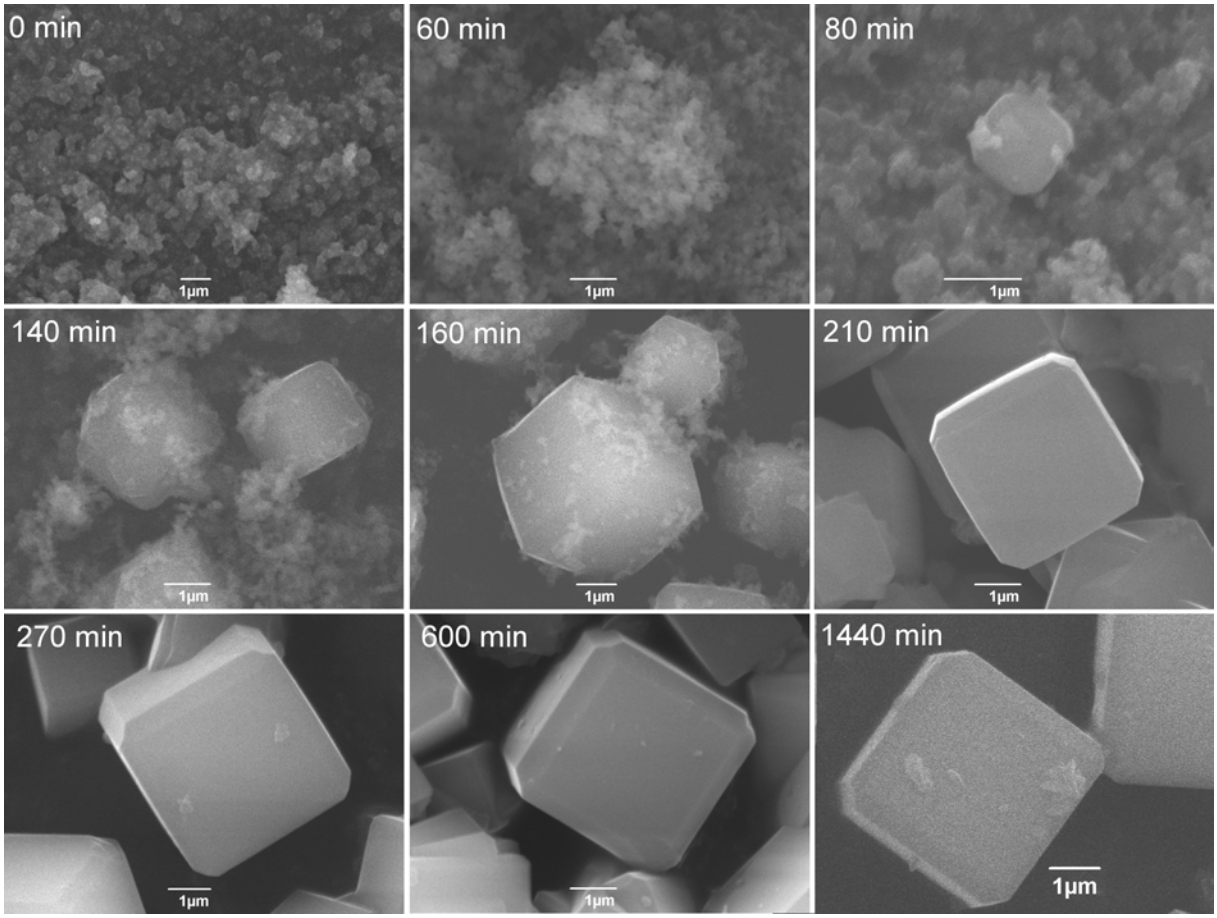


Fig. 4. SEM images of zeolitic samples obtained after different times of alkali treatment by the atmospheric pressure method. The treatment time is given in the left upper corner of each micrograph.

The respective size distributions of the above zeolite crystals are shown on Fig.5. As seen, the initial narrow and similar to “delta” type distribution becomes broader with the treatment time.

On the next figures (Fig.6), the maximum crystal size, D_{max}, is presented in coordinates $D_{max}^3(t)$ vs t, t being the time of alkali treatment. The time dependence of the yield Y was also investigated and the results are shown on Fig.7.

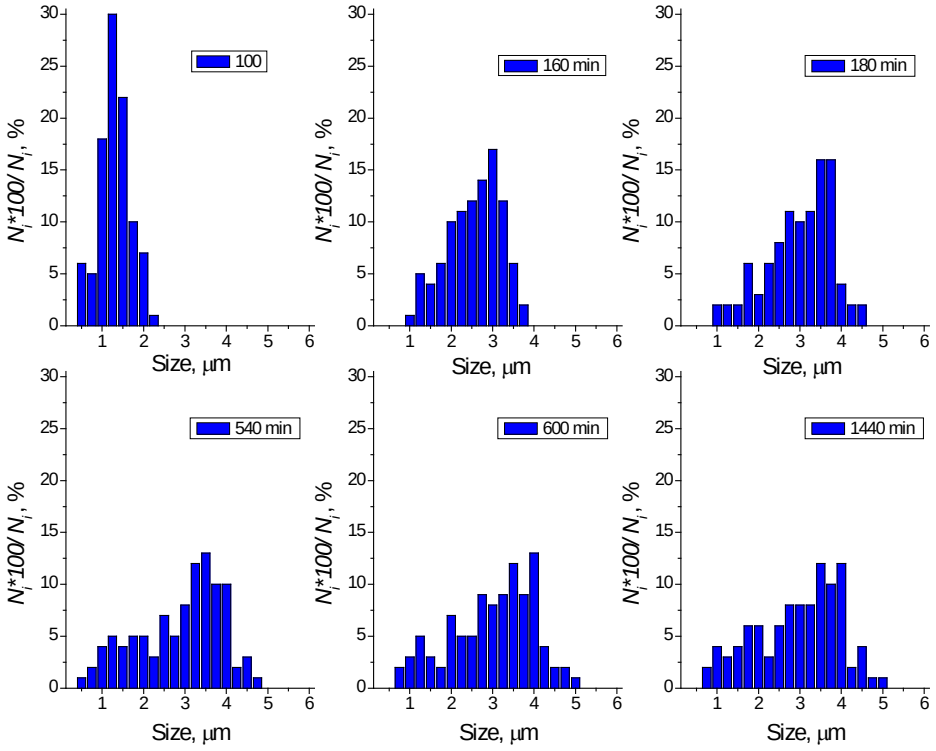


Fig. 5. The evolution of size distribution of NaA zeolite crystals with the time of alkali treatment. The respective treatment time is given in the right upper corner of each histogram. Here, N_i and the ratio $N_i*100/\Sigma N_i$ denote the number of crystals of a given size and their relative content in %, respectively.

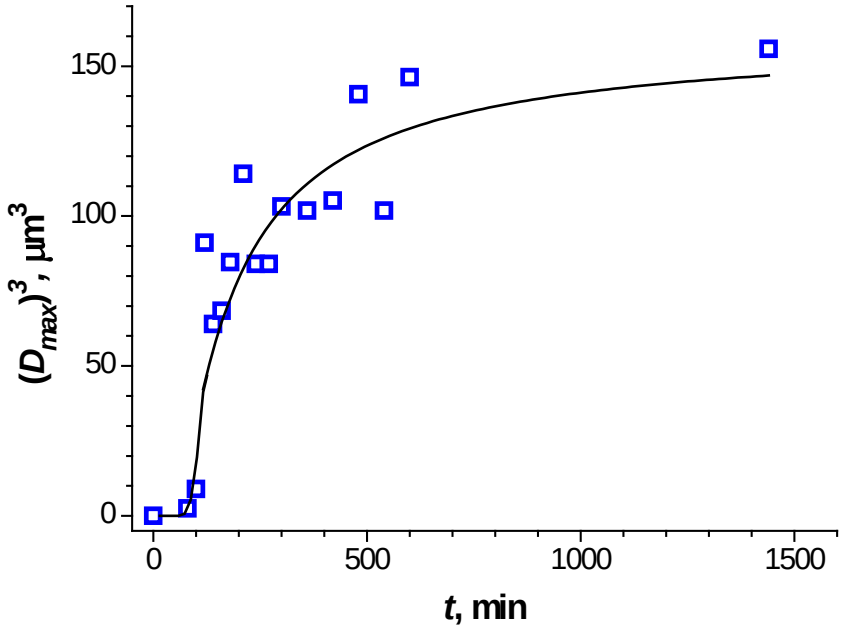


Fig. 6. The maximum size D_{max} of zeolite NaA crystallites in coordinates D_{max}^3 vs. the time t of alkali treatment.

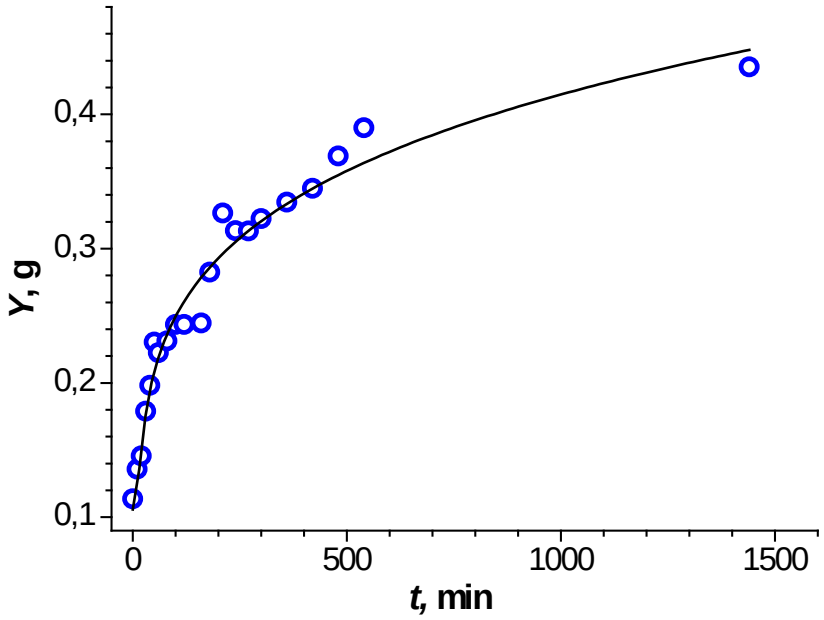


Fig. 7. The yield *Y* of zeolite NaA crystals synthesized by the "atmospheric pressure" method vs. the time *t* of alkali treatment.

As seen from Figs. 6 and 7, the D_{max}^3 *(t)* - and *Y(t)*- dependences have a similar course. During the first 400 minutes of alkali treatment, both curves steeply rise. After that, D_{max}^3 *(t)* as well as *Y(t)* begin to increase more slowly. Nevertheless, the growth rate of both quantities remains high enough as to insure about 24% higher yield and also about 22% larger in size crystals after finishing the aging. The above results, i.e. that the yield and size of zeolite crystals substantially increase during the ageing are very important from practical point of view accounting for that this synthesis stage is taking place at room temperature and without stirring, i.e. without additional energy consumption.

Conclusions

A new energetically efficient and environmentally friendly method for synthesis of high quality zeolite NaA is proposed using as sources of Si and Al two waste products - rice husk and aluminum scrap. The results of present investigation show that zeolite NaA can successfully be synthesized using Si containing gel prepared by direct alkali treatment of rice husk at atmospheric pressure. This way of Si-gel preparation ensures almost full extraction of Si from the rice husk simultaneously avoiding the ecologically unfriendly husk burning traditionally applied in the conventional methods of zeolite synthesis. Moreover, the degree of Si extraction at atmospheric pressure is comparable to that obtained under hydrothermal conditions. This effect is explained by the more intensive mass and heat exchange in the reflux system. It is from decisive importance for the further development of our "atmospheric pressure" method for synthesis of zeolite NaA. Besides, the zeolite crystals synthesized at substantially milder conditions of the "atmospheric pressure" method, i.e. at substantially lower energy consumption are characterized by perfect morphology, larger mean size and substantially higher yield as compared with the zeolite product of the high energy consuming hydrothermal route. Due to their high purity these white colored zeolite crystals synthesized at atmospheric pressure could be used not only as detergents, but also to find many other applications, e.g. in medicine, biology, etc.

Acknowledgments

Authors express their gratitude to Assoc. Prof. Dr. Georgi Avdeev, Assist. Prof. S. Atanasova, Chemist I. Piroeva and Physicist Ts. Tsacheva, all they from the Institute of Physical Chemistry, Bulgarian Academy of Sciences, for XRD and SEM–EDX analyses.

References:

1. Yusof, A. M., N. A. Nizam, N. A. A. Rashid, Hydrothermal conversion of rice husk ash to faujasite-types and NaA-type of zeolites, J. Porous Mater. 17 (2010) 39–47.

2. Singh, R. I., S. K. Mohapatra, D. Gangacharyulu, CFD analysis of bubling fluidized bed using rice husk, Proceedings of the 20th International Conference on Fluidized Bed Combustion, eds. Yue, G., H. Zhang, C. Zhao, Z. Luo, Springer Science & Business Media, 2010, p.857-864
3. Liu, N., K. F. Huo, M. T. McDowell, J. Zhao, Y. Cui, Rice husks as a sustainable source of nanostructured silicon for high performance Li-ion battery anodes, Sci. Rep. 3 (2013) 1919-1925.
4. Giddel, M. R., A. P. Jivani, Waste to Wealth - Potential of Rice Husk in India - a Literature Review, Proc. Int. Conf. Cleaner Technol. Environ. Manag. PEC, Pondicherry, India, 2007, 586-590.
5. Kumar, A., K. Mohanta, D. Kumar, O. Parkash, Properties and Industrial Applications of Rice husk: A review, Int. J. Emerg. Technol. Adv. Eng. 2(10) (2012) 86-90.
6. Kumar, S., P. Sangwan, R. Dhankhar, V. Mor, S. Bidra, Utilization of Rice Husk and Their Ash: A Review, Res. J. Chem. Env. Sci., Volume 1 Issue 5 (2013) 126-129.
7. Soltani, N., A. Bahrami, M. I. Pech-Canul, L. A. González, Review on the physicochemical treatments of rice husk for production of advanced materials, The Chem. Eng. J. 264 (2015) 899–935.
8. Moraes, C. A., I. J. Fernandes, D. Calheiro, A. G. Kieling, F.A. Brehm, M. R. Rigon, J. A. Berwanger Filho, I. A. Schneider, E. Osorio, Review of the rice production cycle: by-products and the main applications focusing on rice husk combustion and ash recycling, Waste Manag. Res. 32(11) (2014) 1034-1048.
9. Kaviyarasu, K., E. Manikandan, J. Kennedy, M. Jayachandran, M. Maaza, Rice husks as a sustainable source of high quality nanostructured silica for high performance Li-ion battery requital by sol-gel method – a review, Adv. Mater. Lett. 7(9) (2016) 684-696.
10. Johnson, T. N., H. C. Jain, S. Joshi, A. Prasad, Agro-cultural and agro-processing wastes as low cost adsorbents for metal removal from wastewater: A review, J. Sci. Indust. Res. 67 (2008) 647-658.
11. Sadon, F. N., A. S. Ibrahem, K. N. Ismail, An overview of rice husk applications and modification techniques in wastewater treatment, J. Purity Util. Reaction Environ. Vol.1 No.6, (2012) 338-364.
12. Kordatos, K., S. Gavela, A. Ntziouni, K. N. Pistiolas, A. Kyritsi, V. Kasselouri-Rigopoulou, Synthesis of highly siliceous ZSM-5 zeolite using silica from rice husk ash, Micropor. Mesopor. Mater. 115 (2008) 189–196.
13. Wajima, T., O. Kiguchi, K. Sugawara, T. Sugawara, Synthesis of Zeolite-A Using Silica from Rice Husk Ash, J. Chem. Eng. Japan 42, Suppl. 1 (2009) s61–s66.
14. Rahman, M. M., N. Hasnida, W. B. W. Nik, Preparation of Zeolite Y Using Local Raw Material Rice Husk as a Silica Source, J. Sci. Res. 1 (2), (2009) 285-291.
15. Azizi, S. N., M. Yousefpour, Synthesis of Zeolites NaA and Analcime using Rice Husk Ash as Silica Source without Using Organic Template, J. Mater. Sci., 45 (2010) 5692-5697.
16. Ghasemi, Z., H. Younesi, Preparation and Characterization of Nanozeolite NaA from Rice Husk at Room Temperature without Organic Additives, J. Nanomater. 2011 (2011) 1-8.
17. Kongkachuichay, P., P. Lohsoontorn, Phase Diagram of Zeolite Synthesized from Perlite and Rice Husk Ash, ScienceAsia 32 (2006) 13-16.
18. Petkowicz, D. I., R. T. Rigo, C. Radtke, S. B. Pergher, J. H. Z. dos Santos, Zeolite NaA from Brazilian chrysotile and rice husk, Microp. Mesopor. Mater. 116 (2008) 548–554.
19. Panpa, W., S. Jinawath, Synthesis of ZSM-5 zeolite and silicalite from rice husk ash, Appl. Catalysis B: Environ. 90 (2009) 389–394.
20. Ali, I. O., A. M. Hassan, S. M. Shaaban, K. S. Soliman, Synthesis and characterization of ZSM-5 zeolite from rice husk ash and their adsorption of Pb^{2+} onto unmodified and surfactant-modified zeolite, Separ. Purif. Technol. 83 (2011) 38–44.
21. Cheng, Y., M. Lu, J. Li, X. Su, S. Pan, C. Jiao, M. Feng, Synthesis of MCM-22 zeolite using rice husk as a silica source under varying-temperature conditions, J. Colloid Interface Sci. 369 (2012) 388–394.
22. Milton, R. M., Molecular sieve adsorbents. US Patent 2882243 (1959).
23. Fischer, R. X., M. Sehovic, W. H. Baur, C. Paulmann, T. M. Gesing, Crystal structure and morphology of fully hydrated zeolite Na-A, Z. Kristallogr. 227 (2012) 438–445.
24. HERA Risk Assessment, http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/D10B4F0E/08HERA-ineos.pdf.
25. Shoumkova, A., V. Stoyanova, SEM–EDX and XRD characterization of zeolite NaA, synthesized from rice husk and aluminium scrap by different procedures for preparation of the initial hydrogel, J. Porous Mater. 20(1) (2013) 249–255.
26. Bakar, R. A., R. Yahya, S. N. Gan, Production of High Purity Amorphous Silica from Rice Husk, Procedia Chem. 19 (2016) 189-195.

ЗАЩО СА НЕОБХОДИМИ ЗА ШИРОКАТА ОБЩЕСТВЕНОСТ НАУЧНИТЕ ЕЖЕДНЕВНИ ПРОГНОЗИ ЗА ГЕОМАГНИТНИ БУРИ?

Светла Димитрова

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: svetla_stil@abv.bg

Keywords: *Space weather forecast, human health, physiological state*

Abstract: *Scientifically established relationship of meteorological weather and human health has been admitted already. It was known in ancient times as changes in the weather are visible. Variations in geophysical environmental factors as a part of our natural environment affect human health and state in a similar way.*

Ignorance of people about geophysical environment variations often cause unnecessary anxiety about the human health state of healthy people experiencing any type of stress (irrespectively physical or psycho-emotional). As a result of overloading their compensatory abilities are reduced and adaptation to sharp environment variations is impaired on such days similarly to weather changes.

At the same time sharp space weather variations can be a potential risk for people with pathologies, whose compensatory abilities are impaired as a result of diseases. They must strictly follow prescribed individual treatment and regime without additional loads on such days.

Въведение

През последните две десетилетия бяха проведени и популяризирани редица нови научни изследвания, които установяват зависимост на здравето, кондицията и работоспособността на хората от слънчевата активност (СА) и свързаните с нея геофизични фактори на околната среда. Вследствие на това, все повече хора са заинтересовани от предоставянето на конкретна научна информация, която по възможност да използват в своето ежедневие, така както се съобразяват с метеорологичното време.

Вече е научно установена зависимостта на връзката между метеорологичните фактори и здравето на хората. Но тя е била известна още в древни времена, тъй като промените в метеорологичното време са видими. Така например и днес възрастните хора при нахлуване на хладен и студен фронт знаят, че могат да възникнат проблеми със ставите и вземат превантивни мерки, за да предотвратят евентуални остри състояния, без да се панират, че се разболяват и без да хукват към лекарските кабинети. Също така при резки температурни изменения много хора изпитват дискомфорт или обостряне на някои хронични заболявания, но знаят, че реагират на времето и не се стресират излишно.

По аналогичен начин, като неизменна част от заобикалящата ни природна среда, промените в геофизичните фактори на околната среда също влияят на здравето и кондицията на човека. Разликата е, че тези вариации са невидими и не могат да бъдат забелязани от хората. Липсата на информация за геофизичната обстановка често е причина за излишни тревоги за здравословното състояние на здрави лица, изложени на стрес, тъй като вследствие на претоварването, техните адаптивни способности намаляват и по-трудно компенсират резките промени във факторите на околната среда, аналогично на метеорологичните промени. В други случаи неосведомеността е неблагоприятна за лицата с патологии, които не са информирани, че е наложително стриктно да спазват предписаните им от лекуващите лекари превантивни мерки.

Във връзка с информирането на широката общественост е необходимо да се изтъкне научния факт, че не може да се твърди, че човек реагира на самата геомагнитна буря или единствено на нея, защото са установени реакции още в дните непосредствено преди развитието на бурите, т.е. веднага след регистрирането на слънчевите избухвания. Това показва, че човек по-скоро реагира на СА, а ние съдим за проявленията на СА, достигащи Земята по развитието на възникналите вследствие на слънчевите събития геомагнитни бури. Тази теза се подкрепя и от факта, че физиологичните реакции не зависят от интензитета на

геомагнитните бури, т.е. тези реакции не са пропорционални, а са нелинейни спрямо силата на геомагнитните бури. Научните изследвания показват, че влиянието върху човека по-скоро зависи от вида на бурите, т.е. от това какъв процес или явление на Слънцето ги е предизвикало. Това индикира връзка с циклите на СА, т.к. в различните му фази преобладават различните видове бури.

Научните краткосрочни прогнози на промените в космическото време биха дали възможност вместо да се предизвиква паника сред хората, податливите хора да съобразят дейностите си с текущата и очакваната геофизична обстановка, така както напр. когато човек е недоспал или сънлив, той се старае да шофира по-бавно.

При здрави хора в състояние на преумора (независимо физическа или психическа), такива изменения в СА също могат да бъдат усетени и да предизвикат неоснователни опасения за наличието на някакви заболявания. Ако обаче бъдат информирани за неблагоприятната обстановка, това всъщност ще им бъде сигнал, че просто трябва да се постараят да намалят нивото на стрес и системно претоварване, тъй като след време тези неразположения могат да хронифицират и да доведат наистина до възникването на заболявания.

Има свръхчувствителни лица, при които няма патологични заболявания, но винаги са били хиперчувствителни към промените в околната среда, както към метеорологичното време (метео-чувствителни), към антропогенните електромагнитни полета, така и към геомагнитните бури (магнито-чувствителни). Свръхчувствителните биха си осигурили по възможност повече почивка докато периодът отмине, ако бъдат осведомени.

Информацията ще бъде от особено значение за уязвимите лица с наличие на патологии и особено кардиологични и неврологични заболявания, които е необходимо да знаят в тези периоди да спазват абсолютно стриктно указанията на лекуващия лекар, да не пропускат своите медикаменти и да избягват всякакъв вид натоварвания.

В различните медии често се публикува информация с неясен произход относно очаквани геомагнитни бури за цял месец и дори повече напред във времето. Тази информация няма как да е научна, тъй като все още не са изяснени механизмите на СА. Научните прогнози се основават на вече регистрирани слънчеви събития, което предполага надеждност до 3-дневен период. Тази дезориентация внася смут сред хората. В днешното технологично и информационно общество не може да се пренебрегва необходимостта от предоставяне на реална научна информация на обществеността. На базата на информираността всеки може да направи избор и да вземе индивидуално решение за своето здраве и начин на живот.

Научни факти за влиянието на слънчевата активност и свързаните с нея геомагнитни бури върху здравето на хората

Редица научни изследвания установяват влияние на физичните фактори на околната среда като СА, геомагнитни бури, космично лъчение, климатични промени върху физиологичното и психофизиологичното състояние на човека и различни заболявания, особено на сърдечно-съдовата и нервната система. Голяма част от резултатите от тези изследвания са систематизирани в обширните обзори на Persinger, 1987, Halberg et al., 2000, Zhadin, 2001, Palmer, 2006, Okano, 2008.

Проведени изследвания показват, че електромагнитните полета (ЕМП), в това число геомагнитното поле (ГМП) могат да влияят върху кръвното налягане (Gmitrov and Gmitorva, 1994, Stoupel et al., 1995, Braune et al., 1998, Ghione et al., 1998, Dimitrova et al., 2004a, 2004b, Dimitrova, 2006, Dimitrova, 2008, Dimitrova et al., 2009a, Papailiou et al., 2011, 2012), влошават барорефлексната чувствителност и микроциркулацията (Gmitrov and Ohkubo, 2002, Gmitrov, 2005), променят капилярния кръвен поток на пациенти с исхемична болест на сърцето (Gurfinkel et al., 1995) и намаляват вариабилността на сърдечната честота (Baevsky et al., 1997, 1998; Otsuka et al., 2001; Cornelissen et al., 2002; Oinuma et al., 2002; Otsuka et al., 2009, Dimitrova et al., 2013).

Изброените установени ефекти върху циркулацията и сърдечно-съдовите параметри предполагат, че промените в геомагнитната активност (ГМА) могат да бъдат свързани с динамиката на сърдечните аритмии, случаите на инфаркт на миокарда, внезапната сърдечна смърт и други сърдечно-съдови заболявания, което се подкрепя от различни проведени изследвания (Gurfinkel et al., 1998, Oraevskii et al., 1998; Villoresi et al., 1998; Halber et al., 2000; Cornelissen et al., 2000, 2002; Stoupel et al., 2007; Dimitrova et al., 2008a, 2008b, Dimitrova et al., 2009b, 2009c, 2009d).

Установено е, че освен сърдечно-съдовата система, нервната система също е чувствителна към промените в космическото време. Човешкият мозък е генератор на свръхнискочестотни електромагнитни вълни. В същото време всички геомагнитни бури са придружени с развитието на свръхнискочестотни ЕМП, с честоти близки до мозъчната

биоелектрична активност, което предполага наличието на влияние върху човешката нервна система и неврохуморалния баланс (Babayev and Allahverdiyeva, 2007, Mulligan et al., 2010). Промененото време на реакция е индикация за това въздействие. Забавянето на реакциите е свързано с риск от транспортни, производствени и битови инциденти, както и взимането на неправилни решения. Има изследвания, които показват, че външните свръхнискочестотни сигнали влияят на мелатонин/серотониновата и допаминовата системи (Frey, 1995). Този ефект е достатъчно показателен за важността на това влияние, тъй като тези системи доставят на организма биогенни амини, отговорни за поддържането на хомеостазата. Намалената секреция на мелатонин е свързана с нарушения на продължителността и качеството на съня, което води до повишена раздразнителност, умора, разсеяност и намаляване на концентрацията.

Провеждани изследвания в ИКИТ – БАН

След провеждане на спорадични изследвания през 1999 г. и 2000 г., през есента на 2001 г. екип от учени на ИКИТ започва да провежда системни изследвания на влиянието на геомагнитните смущения от слънчев произход върху някои физиологични и субективни показатели на човека. Изследването продължава и през пролетта на 2002 г. Есента и пролетта са сезоните, в които вероятността за възникването на геомагнитни бури е най-висока, а двете години са с периоди на максимална СА. Учените наблюдават ежедневно здравословното състояние на 86 лица, които не са информирани за геомагнитната обстановка, за да се избегне възможността за автосугестия, която от своя страна може да провокира физиологични и психо-физиологични реакции. На участниците в научния експеримент ежедневно се проследяват различни физиологични параметри като кръвно налягане, пулс, отчитат се субективните оплаквания. Резултатите показват, че дори при здравите участници в експеримента в дните непосредствено преди, по време и след геомагнитни бури се наблюдава тенденция за повишаване на кръвното налягане и на пулса. Оказва се, че жените са по-чувствителни към интензитета на геомагнитните бури, отклоненията в кръвното им налягане и пулса са по-изразени. Жените обаче по-бързо възстановяват нормалните си параметри за разлика от мъжете, които остават за по-дълго време под влиянието на регистрираните геомагнитни бури. Лицата, които приемат медикаменти за сърдечно-съдови нарушения, също са по-чувствителни. Паралелно с отклоненията в измерваните обективни физиологични показатели се установява, че непосредствено преди бурите, по време и след тях субективните психо-физиологични оплаквания също се повишават. Установените физиологични реакции преди развитието на геомагнитните бури подкрепят хипотезата, че хората реагират не само на геомагнитната буря, а и на свръхнискочестотните електромагнитни колебания, които са следствие от слънчевите изригвания и се появяват още преди развитието на геомагнитните бури, т.е. геомагнитните смущения са просто индикатор за гео-ефективните слънчеви събития.

Изследванията продължават и в периода 2008-2009 г., когато СА е минимална. Тогава екипът провежда ежедневни регистрации на електрокардиограми на здрави лица и анализира и вариабилността на сърдечната честота, която е показател за риска от развитие на сърдечно-съдови заболявания (Task Force, 1996). Резултатите показват вариации в различните индекси на вариабилност на сърдечната честота непосредствено преди, по време и след гео-ефективни слънчеви събития (Dimitrova et al., 2013).

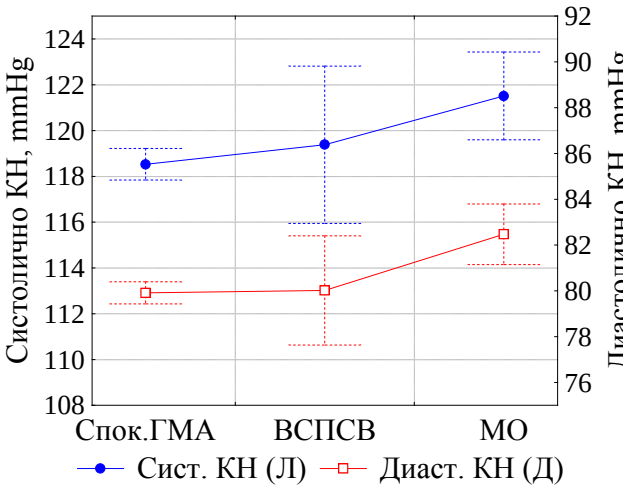
Научният екип съвместно с чуждестранни колеги установява такива ефекти при подобни физиологични регистрации и в други географски райони като Словакия, Русия, Баку, Гърция (Dimitrova et al., 2009a, Papailiou et al., 2011, 2012, Mavromichalaki et al., 2012). Съвместните анализи разкриват повишаване и на броя на сърдечно-съдовите заболявания около периодите на слънчеви изригвания в различни страни (Dimitrova et al., 2008a, 2008b, 2009b,2009c, 2009d).

В областта на хелиобиологията са провеждани редица изследвания и установявани различни типове зависимости, които понякога изглеждат противоречиви поради неизяснения механизъм на въздействие. Задълбочените анализи показват, че установените различни типове връзки между СА и здравето на човека са свързани с различните фази на 11-годишния слънчев цикъл, продължителността и интензитета на бурите, различните медицински данни (напр. поради разликите в патогенезата на различните заболявания), тяхната дължина, периодите от време, а така също и с отдиференцирането на влиянието на всеки фактор. Последните изследвания на екипа показват, че от съществено значение са различните слънчеви драйвери на геомагнитните бури. Оказва се, че е важно не колко е силна бурята, а какъв е генезисът й, т.е. драйверът, предизвикал слънчевото събитие (Dimitrova et al., 2009b, 2009c, 2009d). Има значение и синергичния ефект на метеорологичните и геофизичните фактори (Khabarova and Dimitrova, 2008, 2009).

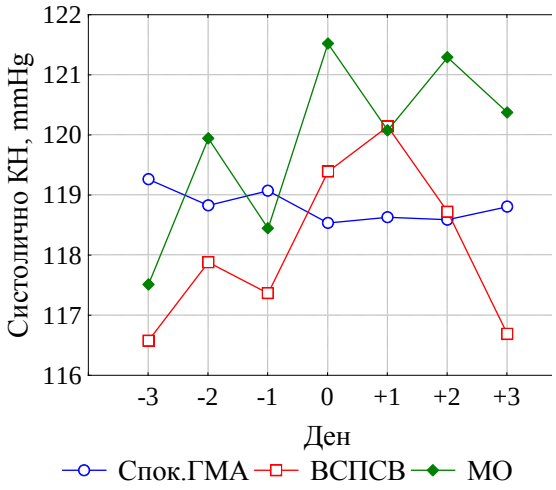
Единият тип слънчев драйвер са коронарните изхвърляния на маса от слънцето, и по-конкретно тези, при които се изхвърлят от слънчевата атмосфера облаци от плазма, които носят

със себе си и слънчеви магнитни полета. Наричат се Магнитни Облаци (МО). Когато достигнат магнитосферата на Земята могат да възникнат геомагнитни смущения и бури. Този тип преобладава около максимума на СА и често са свързани с най-мощните слънчеви изригвания и най-силните геомагнитни бури. Изследванията показват, че хората, при които има някакъв дисбаланс или патология са най-чувствителни към тях (Dimitrova et al., 2008a, 2008b, 2009b, 2009c, Dimitrova and Georgieva, 2015). Обикновено в тези случаи, независимо от интензитета на геомагнитната буря, при лицата с намалени компенсаторни способности е възможно да се появят отклонения в сърдечно-съдовите и неврологичните показатели, които да са свързани с промени в кръвното налягане, сърдечната честота, главоболие, умора, раздразнителност.

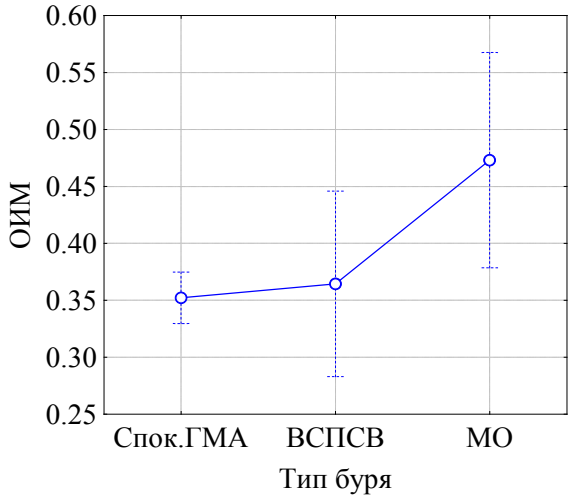
Другият тип драйвер, който също може да предизвика геомагнитна буря са т. нар. високоскоростни потоци слънчев вятър (ВСПСВ). Те произтичат от коронарните дупки на слънцето. Това са области на отворени магнитни силови линии, по които слънчевият вятър свободно изтича. Те могат да просъществуват месеци наред и затова този тип бури се повтаря на 27 дни. След 27 дни, когато Слънцето се завърти в същото положение по отношение на Земята, може отново изтичащият бърз слънчев вятър да достигне магнитосферата на Земята и да предизвика геомагнитна буря. Тези бури обикновено са по-слаби и по-рядко водят до физиологични реакции от страна на човека (Dimitrova et al., 2008a, 2008b, 2009b, 2009c). За илюстрация на тези различия са приведени четири фигури.



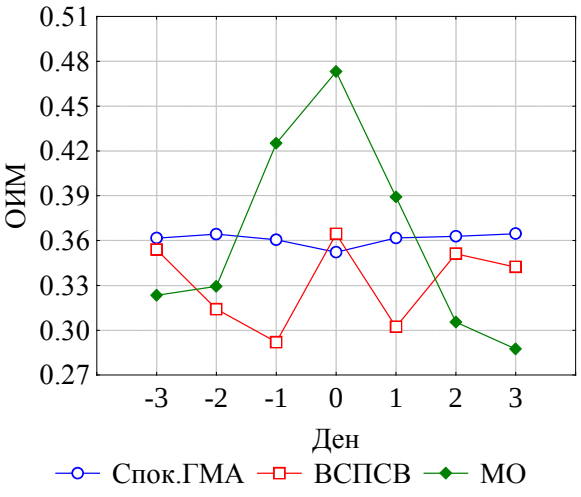
Фиг. 1. Влияние на ГМА върху систоличното и диастоличното кръвно налягане



Фиг. 2. Влияние на ГМА върху систоличното кръвно налягане преди, по време и след различни видове геомагнитни бури



Фиг. 3. Влияние на ГМА върху броя случаи с ОИМ, данни за София, 1995-2004



Фиг. 4. Влияние на ГМА върху ОИМ, преди, по време и след развитието на геомагнитни бури, данни за София, 1995-2004

Фиг. 1 показва резултати от групата изследвани доброволци по време на максимална СА. Показани са средните стойности на систоличното и диастоличното кръвно налягане на групата при спокойна ГМА, при бури вследствие на ВСПСВ и бури, предизвикани от МО. На фиг. 2 са представени резултатите за систоличното кръвно налягане на същата група лица в дните непосредствено преди, по време и след развитието на двата вида бури, както и по време на спокойна ГМА. От двете фигури се вижда, че кръвното налягане се повишава слабо в дните с бури, причинени от ВСПСВ и значително по-изразено в дните на бури, чийто драйвер са МО. Динамиката на кръвното налягане при МО е отново по-голяма в дните непосредствено около развитието на бурите, предизвикани от тях.

Фиг. 3 и фиг. 4 показват динамиката на броя случаи с остър инфаркт на миокарда (ОИМ) по данни за София от УМБАЛ св. Анна за периода 1995-2004. Отново е налице зависимост, показваща повишаване на броя инциденти от ОИМ около периодите на бури, предизвикани от МО.

Литература:

1. Babayev, E., A. Allahverdiyeva, 2007. Effects of geomagnetic activity variations on the physiological and psychological state of functionally healthy humans: Some results of Azerbaijani studies. Advances in Space Research, 40(12), pp. 1941–1951.
2. Baevsky, R. M., V. M. Petrov, G. Cornelissen, F. Halberg, K. Orth-Gomer, T. Akerstedt, K. Otsuka, T. Breus, T. Siegelova, J. Dusek, J. Fiser, B. 1997. Meta-analyzed heart rate variability, exposure to geomagnetic storms, and the risk of ischemic heart disease. Scripta Medica, 70(4-5), pp. 201-206.
3. Baevsky, R. M., V. M. Petrov, A. G. Chemikova, 1998. Regulation of autonomic nervous system in space and magnetic storms. Adv. Space Res., Vol. 22(2) pp. 227-234.
4. Braune, S., C. Wrocklage, J. Raczek, T. Gailus, C.H. Lucking 1998. Resting blood pressure increase during exposure to a radiofrequency electromagnetic field. Lancet, Vol. 351(9119), pp.1857-1858.
5. Cornelissen, G., F. L. Halberg, T. Gheonjian, P. Paatashvili, Y. Faraone, K. Watanabe, R.B. Otsuka, T.Sothern, T.Breus, R. Baevsky, M. Engebretson, W.Schroeder, 2000. Schwabe's 10.5- and Hale's 21-year cycles in human pathology and physiology. In: Schroder W. (Ed.), Long- and Short-Term Variability in Sun's History and Global Change, Science Edition, Bremen, pp. 79–88.
6. Cornelissen, G., F. Halberg, T. Breus, E. Syutkina, R. Baevsky, A. Weydahl, Y. Watanabe, K. Otsuka, J. Siegelova, B. Fiser, E.Bakken, 2002. Non-photic solar associations of heart rate variability and myocardial infarction. Journal of atmospheric and solar-terrestrial physics, Vol. 64, pp. 707-720.
7. Dimitrova, S., I. Stoilova, I. Cholakov, 2004a. Influence of local geomagnetic storms on arterial blood pressure. Bioelectromagnetics, Vol. 25(6), 2004, pp. 408-414.
8. Dimitrova, S., I. Stoilova, T. Yanev, I. Cholakov, 2004b. Effect of local and global geomagnetic activity on human cardiovascular homeostasis. Archives of Environmental Health. Vol. 59(2), 2004, pp. 84-90.
9. Dimitrova, S. Relationship between human physiological parameters and geomagnetic variations of solar origin. Advances in Space Research, Vol. 37 (6), 2006, pp. 1251-1257.
10. Dimitrova, S. Different geomagnetic indices as an indicator for geo-effective solar storms and human physiological state. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, Vol. 70, 2008, pp. 420-427.
11. Dimitrova, S., I. Stoilova, T. Taseva, K. Georgieva, E. Babayev, T. Breus, T. Zenchenko, 2008a. Heliogeophysical variations and acute myocardial infarction in Bulgaria. Proceedings of Conference "Fundamental Space Research", Sunny Beach, Bulgaria, 21-28 Sept 2008, pp. 279-282.
12. Dimitrova, S., Mustafa F.R., Stoilova I., Babayev, E.S., Obridko, V.N., Georgieva K., Taseva T., Aliyeva S.S. 2008b. Heliogeophysical activity and mortality from acute myocardial infarction: Results of studies based on data from Bulgaria and Azerbaijan. Solar-Terrestrial Physics 12(2), pp. 344-349.
13. Dimitrova, S., F.R. Mustafa, I. Stoilova, E.S. Babayev, E.A. Kazimov, 2009a. Possible influence of solar extreme events and related geomagnetic disturbances on human cardio-vascular state: results of collaborative Bulgarian-Azerbaijani studies. Advances in Space Research, pp.641-648.
14. Dimitrova, S., E.S. Babayev, F.R. Mustafa, I. Stoilova, T. Taseva, K. Georgieva, 2009b. Geomagnetic storms and acute myocardial infarctions morbidity in middle latitudes. Sun and Geosphere, 4(2), pp. 72-78.
15. Dimitrova, S., E.S. Babayev, K. Georgieva, V.N. Obridko, F.R. Mustafa, 2009c. Possible effects of solar and geomagnetic activity on sudden cardiac death in middle latitudes. Sun and Geosphere, 4(2), pp. 84-88.
16. Dimitrova, S., E.S. Babayev, N.B. Crosby, 2009d. Space weather changes and human cardio-vascular health state in middle latitudes. Global Telemedicine and eHealth Updates: Knowledge Resources, Vol. 2, Eds.: M. Jordanova, F. Lievens, Luxemburg, pp. 399-405.
17. Dimitrova, S., I. Angelov, E. Petrova. Solar and geomagnetic activity effects on heart rate variability. Natural Hazards 2013; 69: 25-37.
18. Dimitrova, S., K. Georgieva, 2015. Geomagnetic storms, solar drivers and human physiological state, SES 2014, pp. 100-105.
19. Frey, A.H., 1995. On the nature of electromagnetic field interactions with biological systems. Publ. Springer-Verlag, New York and R.G. Landes Co, Austin.
20. Ghione, S., L.Mezzasalma, C.Del Seppia, F.Papi, 1998. Do geomagnetic disturbances of solar origin affect arterial blood pressure? Journal of human hypertension, 12, 749-754.

21. Gmitrov, J., A. Gmitrova, 1994. Geomagnetic field and artificial 0.2 T static magnetic field combined effect on blood pressure. Electro- and Magnetobiology Vol. 13, pp. 117–122.
22. Gmitrov, J., C.Ohkubo. 2002. Artificial static and geomagnetic field interrelated impact on cardiovascular regulation. Bioelectromagnetics, Vol. 23, pp. 329-338.
23. Gmitrov, J. 2005. Geomagnetic disturbance worsen microcirculation impairing arterial baroreflex vascular regulatory mechanism. Electromagnetic biology and medicine, Vol. 24(1), pp. 31-37.
24. Gurfinkel, Yu.I., V.V. Liubimov, V.N. Oraevskii, L.M. Parfenova, A.S. Iur'ev, 1995. The effect of geomagnetic disturbances in capillary blood flow in ischemic heart disease patients. Biophysics, Vol. 40(4), pp. 793-799.
25. Gurfinkel, Iu.I., V.P.Kuleshova, V.N.Oraevskii 1998. Assessment of the effect of a geomagnetic storm on the frequency of appearance of acute cardiovascular pathology. Biofizika, 43(4), 654-658.
26. Halberg, F., G.Cornelissen, K. Otsuka, Y.Watanabe, G.S. Katinas, N. Burioka, A. Delyukov, Y. Gorgo, Z.Y.Zhao, A.Weydahl, R.B.Sothern, J. Siegelova, B.Fiser, J. Dusek, E.V.Syutkina, F. Perfetto, R. Tarquini, R. B. Singh, B. Rhees, D.Lofstrom, P. Lofstrom, P.W.C. Johnson, O. Schwartzkop, 2000. Cross-spectrally coherent 10.5- and 21-year biological and physical cycles, magnetic storms and myocardial infarctions. Neuroendocrinology Letters 21, pp. 233–258.
27. Khabarova, O. V., Dimitrova S., 2008. Some proves of integrated influence of geomagnetic activity and weather changes on human health. Proceedings of Conference “Fundamental Space Research”, Sunny Beach, Bulgaria, 21-28 Sept 2008, pp. 306-309.
28. Khabarova, O., S. Dimitrova, 2009, On the Nature of People’s Reaction to Space Weather and Meteorological Weather Changes Sun and Geosphere, 2009; 4(2): 60 – 71.
29. Mavromichalaki, H., Papailiou, M., Dimitrova, S., Babayev, E.S., Loucas, P. Space weather hazards and their impact on human cardio-health state parameters on Earth. Springer, Natural Hazards 64(2), 2012, pp. 1447-1459.
30. Mulligan, B. P., M. D. Hunter, M. A. Persinger, 2010. Effects of geomagnetic activity and atmospheric power variations on quantitative measures of brain activity: Replication of the Azerbaijani studies. Advances in Space Research, 45(7), pp. 940-948.
31. Oinuma, S., Y. Kubo, K. Otsuka, T. Yamanakata, S. Murakami, O. Matsuoka, S. Ohkawa, G. Cornelissen, A. Weydahl, B. Holmeslet, C. Hall, F. Halberg, 2002. Graded response of heart rate variability, associated with an alterartion of geomagnetic activity in a subarctic area. Biomedicine & pharmacotherapy, Vol. 56 (sup 2), pp. 284-288.
32. Okano, H., 2008. Effects of static magnetic fields on blood pressure in animals and humans. Current hypertension reviews, Vol. 4(1), pp. 63-72.
33. Oraevskii, V.N., V.P.Kuleshova, Iu.F.Gurfinkel, A.V.Guseva, S.I Rapoport, 1998. Medico-biological effect of natural electromagnetic variations. Biofizika, 43(5), 844-848.
34. Otsuka, K., G.Cornélissen, A.Weydahl, B.Holmeslet, T.L.Hansen, M.Shinagawa, Y.Kubo, Y. Nishimura, K.Omori, S.Yano, F.Halberg, 2001. Geomagnetic disturbance associated with decrease in heart rate variability in a subarctic area. Biomedicine and pharmacotherapy, 55, pp. 51-56.
35. Otsuka, K., R. Izumi, N.Ishioka, H.Ohshima, C.Mukai, 2009. Chronomics of heart rate variability on Earth and in space. Respiratory Physiology & Neurobiology, Vol. 169, Suppl. 1, pp. 69-72.
36. Palmer, S. J., M. J. Rycroft, M. Cermack, 2006. Solar and geomagnetic activity, extremely low frequency magnetic and electric fields and human health at the Earth’s Surface, Surv. Geophys., vol. 27, pp. 557-595.
37. Papailiou, M., H. Mavromichalaki, K. Kudela, J. Stetiarova, S. Dimitrova, 2011. Effect of geomagnetic disturbances on physiological parameters: an investigation on aviators. Advances in Space Research, 48(9), pp. 1545-1550.
38. Papailiou, M., H. Mavromichalaki, K. Kudela, J. Stetiarova, S. Dimitrova, 2012. Cosmic radiation influence on the physiological state of aviators. Natural Hazards, 61 (2), pp. 719-727.
39. Persinger, M. A. 1987. Geopsychology and geopsychopathology: mental processes and disorders associated with geochemical and geophysical factors. Experientia Vol. 43(1), pp. 92-104.
40. Stoupel, E., C.Wittenberg, J.Zabludowski, G.Boner, 1995. Ambulatory blood pressure monitoring in patients with hypertension on days of high and low geomagnetic activity. Journal of human hypertension, Vol. 9, pp. 293-294.
41. Stoupel, E., E. Babayev, F. R. Mustafa, E. Abramson, P. Israelevich, J. Sulkes, 2007. Acute myocardial infarction occurrence: environmental links – Baku 2003–2005 data, Med. Sci. Monit., 2007, vol.13, No.8, pp.175-179.
42. Task Force, 1996. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task force of the European society of cardiology and the North American society of pacing and electrophysiology. Eur Heart J 17:354–381.
43. Villoresi, G., N.G.Ptitsyna, M.I.Tiasto, N.Iucci, 1998. Myocardial infarct and geomagnetic disturbances: analysis of data on morbidity and mortality. Biofizika, 43(4), pp. 623-631.
44. Zhadin, M. N. 2001. Review of Russian literature on biological action of DC and low-frequency AC magnetic fields. Bioelectromagnetics Vol. 22(1), pp. 27-45.

ОРГАНИЧНИ МОЛЕКУЛИ В КОСМОСА

Радина Николова, Вилма Петкова

Нов български университет
e-mail: vpetkova@nbu.bg

Ключови думи: *органични молекули, Космос, астрохимия*

Резюме: *Настоящата работа е свързана с проявлението на органичната материя в космоса. В последните пет години се наблюдава сериозен напредък в областта на астрохимията, благодарение на изследванията на учени от цял свят. Цел на тези изследвания е установяването на химичния състав на междузвездния прах и молекулярните облаци и изучаването на химичните реакции, протичащи между атомите и молекулите в междузвездното пространство. На фокус са и резултатите от изследвания, които посочват разликите между сложни молекули, в допълнение с техните предполагаеми свойства. Това включва още хипотезите, свързани със зараждането на аминокиселини в космоса и предполагаемите химични реакции, които могат да доведат до образуването им. Аминокиселините са предпоставка за формирането на белтъците, които са основни градивни елементи на живата клетка.*

ORGANIC CHEMISTRY IN SPACE

Radina Nikolova, Vilma Petkova

New BulgarianUniversity
e-mail: vpetkova@nbu.bg

Keywords: *organic molecules, Space, astrochemistry*

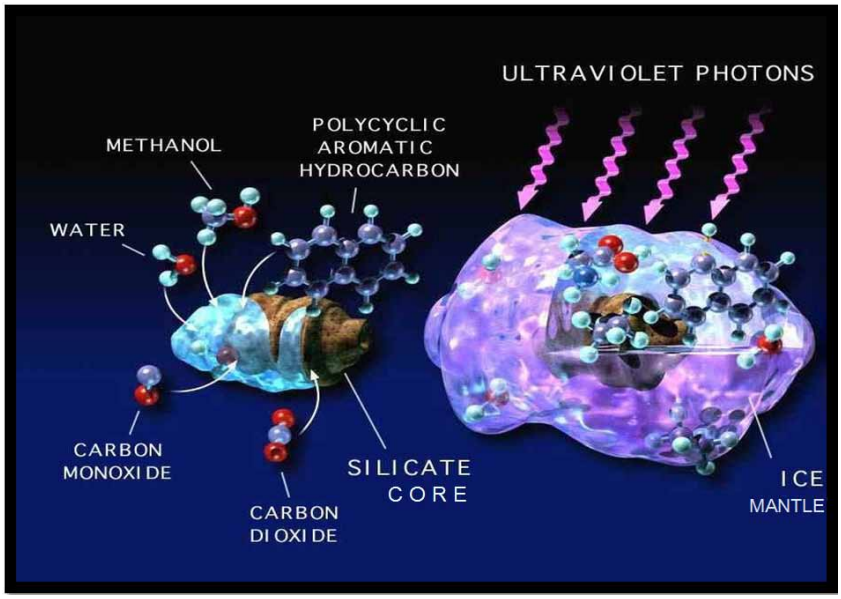
Abstract: *The following article is related to the manifestation of the organic matter in space. A significant advancement in the field of astrochemistry is being observed during the last five years. This is happening because of the research of scientists across the world. The goal of those studies is to determine the chemical makeup of the cosmic dust and molecular clouds as well as the study of chemical reactions between atoms and molecules in the interstellar space. The focus also falls on the results of researches that show the differences between complex molecules, in addition to their alleged qualities. This includes the hypotheses concerning the birth of amino acids in space and the probable chemical reactions that could cause it. Amino acids are a ground basis for the formation of proteins - the main building blocks of the living cell.*

Въведение

Базирано на наблюдения на реликтовото излъчване може да се направи заключението, че приблизителната възраст на Вселената е 3,73±0,12 милиарда години. Това е динамично пространство, съдържащо необичайни и неравновесни системи. Много галактики претърпяват интензивни периоди на звездообразуване, по време на които, чрез термоядрен синтез, се образуват тежки елементи. В допълнение на това, голямо количество сложни органични молекули са били идентифицирани в междузвездното пространство, като нашата галактика Млечен път не прави изключение. Органичната материя е предимно съсредоточена в бурни региони на звездообразуване, наречени молекулярни облаци. Въпреки това, изненадващо голям брой органични молекули, използвани в съвременната биохимия на Земята, са открити по поръхността на комети, астероиди, метеороити и частици междузвезден прах. Познанието по химична реактивност в астрофизични условия е важен способ за изследванията на органичната материя в молекулярните облаци.

Органични молекули в молекулярните облаци

Молекулярните облаци са облаци, чиито размери и плътност позволяват образуването на молекули, най-често – молекулярен водород H_2. Съставени са от газ и междузвезден прах, който от своя страна съдържа космически зърна, повечето, от които имат размери от порядъка на един микрон. Температурите в газовите облаци са много близки до абсолютната нула, следователно повечето молекули в газова фаза замръзват, образувайки ледена мантия, обгръщаща силикатното ядро на зърната прах. Съставът на ледената мантия варира според местоположението на звездния прах в Космоса (фигура 1). Обикновено по-голяма част от състава е вода (H_2O), докато останалата част съдържа прости молекули като въглероден оксид (CO), въглероден диоксид (CO_2), метанол (CH_3OH), пропанол (C_3H_8O), метан (CH_4), формалдехид (H_2CO) и т.н. (Winkler, 2015).



Фиг. 1. Състав на космическите зърна прах

Съществувайки в газовите облаци, тези зърна прах са изложени под въздействието на високо енергийно лъчение, под формата на космически и ултравиолетови лъчи. Тези лъчи могат да предизвикват разкъсването на химичните връзки на молекулите в ледените мантии, в резултат на което се образуват йони, радикали и други реактивни химични молекули. Те могат да реагират веднага в рамките на ледената мантия или да реагират по-късно, когато получат някакъв източник на топлина (най-често при близкото избухване на звезда). По този начин се формират нови химични съединения, които преди това не са съществували в ледената мантия [1].

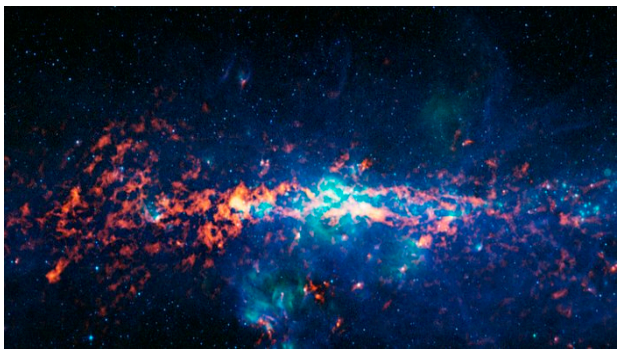
Два от най-интересните и достъпни газови облаци в нашата галактика са Стрелец B2 [Sagittarius B2 (Sgr B2)], намиращ се в близост до галактическия център, и мъглявината Орион [Orion Nebula (M42)] – в един от спиралните ръкави.

Орион (фигура 3) се намира на 1344 ± 20 светлинни години от Земята, което я прави най-близко разположения регион на звездообразуване до нашата планета. Сравнително близкото й разполложение до Земята дава възможност на учените да наблюдават най-различни динамични процеси, каквито са образуването на планетни и звездни системи. Масата на M42 се равнява на 2000 слънчеви.

Стрелец B2 (фигура 4) е най-големият молекулярен облак, намиращ се в близост до галактическия център (360 светлинни години от него и 27,000 светлинни години от Земята). Диаметърът му е 150 светлинни години, масата – 3 милиона слънчеви маси, средната плътност на водорода – 3000 атома на cm^3, което го прави 20-40 пъти по-плътен от типичните газови облаци. Химичният състав на Стрелец B2 е предимно водород, но в състава му влизат различни видове сложни органични молекули. Предизвикващи особен интерес са алкохолите: етанол (C_2H_5OH) и най-елементарният алкохол – метанол (CH_3OH). Етиленгликол – най-простият представител на поливалентните алкохоли. Други: формалдехид (H_2CO), метиламин (CH_3NH_2), мравчена (метанова CH_2O_2) и оцетна (етанова CH_3COOH) киселина.



Фиг. 3. Орион
(заснет от космическия телескоп Хъбъл)



Фиг. 4. Стрелец B2
(заснет от радиотелескопа APEX)

Фигура 4 [1] демонстрира примери за няколкото молекули, идентифицирани в междузвездното пространство (най-вече в Орион и Стрелец B2):

Молекула	**Наименование**
CH_4	Метан
CH_3O	Метилоксиданил
c-C_3H_2	Циклопропенилидин
H_2CCN	Цианометил
H_2C_2O	Кетен
H2CNH	Метиленимин
HNCNH	Цианамид
C_4H	Бутадинил
HCC-NC	Цианоацетилен
HCOOH	Мравчена киселина
NH_2CN	Цианамид
HC(O)CN	Формил цианид

Органични молекули по повърхността на комети/метеорити/астероиди

Благодарение на различни механизми, използвани при богати на въглерод CM хондрити и ахондрити, са изследвани подробно аминокиселините по повърхността на метеоритите. Въпросът, който за момента остава без отговор е дали тези аминокиселини са образувани в Космоса или са синтезирани след падането на метеорита на Земята. Въпреки че на пръв поглед втората хипотеза е далеч по-вероятна, изследвания на химичния състав на метеорите демонстрират наличието на съединения в аминокиселините, които са рядко срещани или несъществуващи в земната биосфера [2]. В следствие на предишни анализи чрез течна хроматография масспектроскопия (LC-ToF-MS) в комбинация с УВ флуоресценция за детекция на аминокиселини, е идентифициран извънземният произход на молекулите при метеорита ALH84001/Алън Хилс, LEW90500 и Мърчисън [3]. При CM2 хондритът Мърчисън, обект на многобройни изследвания, паднал през 1969 година до град Мърчисън, Австралия, са определени над 80 различни вида аминокиселини, непознати за Земята [3]. При ахондрита ALH84001, открит 1984 година в Антарктида, и CM2 метеорита LEW90500, паднал също в Антарктида вероятно преди хиляди години, са открити аминокиселини и органични съединения неприсъщи за антарктическия лед, включително и глицин, аланин, β-аланин, гама-аминобутирова киселина и α-аминоизомаслена киселина с концентрации, вариращи между 250 и 340 на милиард [3]. Концентрациите са ниски в сравнение с тези при ALH84001: 440 – 3200 на милиард, но числеността на изовалин е по-малобройна, отколкото при другите два споменати метеорита.

Измервания на изотопния въглероден състав при метеорита Мърчисън на отделни въглеводороди и функционалните групи на аминокиселините – карбоксилните киселини – подтвърждават извънземния произход на блоковете, изграждащи белтъците на живите клетки,

по повърхността на метеорита. Като доказателство служи фактът, че почти всички летливи органични съединения се оказват изотопно по-тежки от земните си еквиваленти [4].

В края на 2014 година човечеството отбеляза успех по отношение на 67P/Чурюмов/Герасименко (фигура 5) [5], комета от Юпитеровото семейство, с потенциален първоначален произход – поясът на Кайпер. Важността на изследванията на мисия Розета е показателна, понеже корелира с различни хипотези. Двата главни компонента на космическия апарат „Розета“ са сонда, притежаваща същото име, и спускаем апарат, наречен „Филе“. На 12.11.14г. след успешно приземяване на „Филе“, химичният състав на комета 67P/Чурюмов-Герасименко е изследван. Индетифицирани са 16 органични съединения, разпределени в 6 групи (алкохоли, карбонили, нитрили, амиди, амини и изоцианати). Четири органични съединения от тях са открити за първи път в Космоса именно на тази комета: метилизоцианат CH_3NCO, ацетон C_3H_6O – най-простият кетон, пропионалдехид CH_3CH_2CHO и ацетамид – най-простият амид CH_3CONH_2. Почти всички открити съединения са потенциални прекурсори, продукти и комбинации, съставени един от други. В хода на изследването не е установено наличието на аминокиселини по повърхността на кометата.



Фиг. 5. Комета 67P/Чурюмов-Герасименко, заснета от „Розета“ на 07.07.2015г. [5]

Друга основна цел на сондата е анализ на водните проби от кометата. Водещ фактор за определянето на произхода на водата е изотопното съотношение между деутерий и водород. В случая на 67P/Чурюмов-Герасименко данните, касаещи съотношението са измерени от орбиталния спектрометър за йонен и неутрален анализ на „Розета“, като апаратът може да измерва всички водни съотношения (D/H, $^{17}O/^{16}O$ и $^{18}O/^{16}O$). Апаратът открива редки видове съединения, какъвто е изотопът $HD^{18}O$ [5]. Сравнение между данните на 67P/Чурюмов-Герасименко и 103P/Хартли (чийто произход на водата е много сходен със земната) показва стойности, засягащи съотношението D/H, които са над три пъти по-високи при комета 67P. Направеният анализ изглежда сякаш опровергава водещата хипотеза, че водата, формирала се на „Земята“ е с външен за планетата произход, заради установени различия в състава ѝ. Въпросът, обаче, остава отворен, в следствие на миналогодишни изследвания на комета 103P/Хартли, също от семейството на Юпитер, чиято изотопна принадлежност е близка до тази на земната вода. Представителните извадки не са достатъчно, за да се приеме или отхвърли на този етап теорията, но констатират различния първоначален произход на кометите от Юпитеротово семейство.

Възможно ли е органичната астрохимия да образува сложни разклонени вериги

Друг аргумент в подкрепа на теорията за извънземно зараждане на аминокиселини е откриването на органичната молекула изопропил цианид ($i\text{-}C_3H_7CN$) през 2014 година, чиято разклонена структура предизвиква интерес. Молекулата е открита в Стрелец B2, заедно с изомера ѝ с права верига – пропил цианида ($n\text{-}C_3H_7CN$), благодарение на изследване на международна група учени от института „Макс Планк“, Кьолнския университет и Корнелския университет, което дало красноречиви резултати – междузвездната химия е сбособна да произвежда органични молекули със сложни разклонени вериги, точно каквато е тази на

изопропил цианида. Въпреки че в хода на откритието аминокиселините не са установени, идетифицирането на молекулата предполага съществуването на изобилие от други форми на органична материя с разклонена верига в междузвездното пространство. Наблюденията над Стрелец B2, направени с помощта на радиотелескопичната система ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array), улавяща електромагнитното излъчване в милиметровия и субмилиметровия вълнов спектър, позволяват идентифицирането на други органични молекули каквито са етил формиат ($C_3H_6O_2$) и аминоацетонитрил ($C_2H_4N_2$), потенциален прекурсор на аминокиселината глицин [6]. ALMA е използвана за проучване на спектралните линии на Стелец B2 (N) между 84 и 114,4 GHz. Резултатът е определяне чрез спектроскопия на изотопната маса в съотношението $^{12}C/^{13}C$ в откритите метанол и етанол [7]. Съотношението $^{12}C/^{13}C$ и за двата вида молекули е около ~25, а съотношението $^{13}CH_3OH/CH^{18}OH$ ~7,5, както и молекулата $CH_3{}^{18}OH$ със съотношение $^{16}O/^{18}O$ ~180 [7]. Според астрохимичните модели значителни количества метантиол (CH_3SH) и етантиол (C_2H_5SH) могат да бъдат синтезирани по повърхността на космическите зърна прах. Съотношението CH_3SH/C_2H_5SH ~21, респективно C_2H_5SH/ CH_3SH ~ 125 [7]. Коефицентите на плътност относно етанола, метанола и метантиола в Стрелец B2 са близки до стойностите в най-бурния регион на звездообразуване на мъглявината Орион – Kleinmann-Low (Orion KL), докато коефицентите на плътност на етантиола са различни и на този етап несигурни [7].

Механизми за синтез на аминокиселини

Многобройните наблюдения показват, че образуването на аминокиселини в ледената мантия на зърната космически прах не е тясно зависима от състава й, а зависи от различни условия, касаещи разпределянето на молекулите в рамките на леда [2].

Съществуват няколко предполагаеми реакции, които могат да осъществят формирането на аминокиселини в Космоса. Аминоацетонитрилът, открит в Стрелец B2, прекурсор за образуването на глицин, може да бъде получен чрез синтеза на Щрекер. Чрез различни експерименти е установено, че нитрилите биха могли да доведат до образуването на аминокиселини в астрофизични условия [8]. Два от възможните експериментални механизми на синтез са представенина следващата схема:

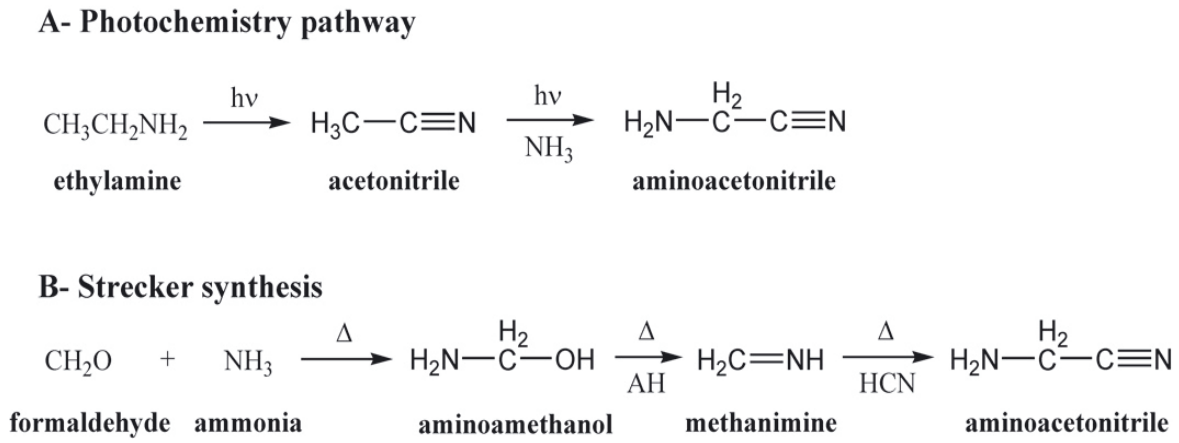


Схема [8] на образуване на аминоацетонитрил при облъчване от вакуумно УВ лъчение на аналози на космическия лед. При фотохимичния път (A) облъчването на леда, включващ ацетонитрил (метил цианид) и амоняк се случва при 20 K. При синтеза на Щрекер (B) ледът се нагрява от 20 K до 300 K.

Кондензацията на формалдехид с амоняк може да доведе до образуването на аминоалкохол в такива условия [9], който след това може да дехидратира в присъствието на киселина (най-често циановодород) за получаването на имин. Образуването на аминоацетонитрил се получава чрез термична обработка на аналози на космически лед, съдържащи метанимин (CH_3N), циановодород (HCN) и амоняк (NH_3) [8].

Радикал-радикал механизмът на Woon [10] отново разглежда нитрилите като потенциален прекурсор на аминокиселините. Основава се на взаимодействие между метанол (CH_3OH) и циановодород (HCN) след УВ фотолиза на ледената мантия на космическия прах и предполага, че въглеродът в аминокиселините серин и глицин произлиза от циановодорода.

Откриването на метанимин (CH_3N) и етанимин (C_2H_5N) в междузвездното пространство също е от съществено значение за синтеза на аминокиселини. Двете молекули са

предполагаеми предшественици на глицин и аланин [1]. Метаниминът е основен междинен продукт от синтеза на Щрекер на аминоацетонитрил и глицин [11].

Изводи

Въглерод в свързано или несвързано състояние, попаднал на Земята от Космоса, навярно е дал началото на биохимичните пътища, довели до образуване на жива материя на Земята. Разширени познания в тази област биха ни позволили да прогнозираме по-точно дали отдалечени на светлинни години от нас светове са обитаеми. Събраните данни до момента дават основание да считаме,че изобилието от органични молекули и органична материя е предпоставка за възникването на различни форми на живот във Вселената. Навярно, при други екстремни, от наша гледна точка, условия и съпътстващи неблагоприятни фактори, Вселената все пак може да осигури потенциална форма на живот. Съвременната наука не може на този етап да подкрепи или отрече тази дедукция и да даде отговор на въпроса защо органичната форма на земните видове е такава каквато е, въпреки огромното разнообразие на аминокиселини.

Литература:

1. Winkler, David A., Chemistry space—time, Perspectives in Science, 6:2—14, 2015
2. Elsila, J. E., Dworkin, J.P., Bernstein, M.P., Martin, M.P., and Sandford, S.A., Mechanisms of amino acid formation in interstellar ice analogs, The Astrophysical Journal, 660(1): 911, 2007
3. Glavin, D. P., Dworkin, J. P., Aubrey, A., Botta, O., Doty, J. H., Martins, Z., and Bada, J. L., Amino acid analyses of Antarctic CM2 meteorites using liquid chromatography–time of flight–mass spectrometry, Meteoritics & Planetary Science. 41:889-902, 2006
4. Yuen, G., Blair, N., Des Marais, D. J., Chang, S., Carbon isotope composition of low molecular weight hydrocarbons and monocarboxylic acids from Murchison meteorite, Nature, 307:252 – 254, 1984
5. Altwegg, K., Balsiger, H., Bar-Nun, A., Berthelier, J. J., Bieler, A., Bochsler, P., Briois, C., Calmonte, U., Combi, M., De Keyser, J., Eberhardt, P., Fiethe, B., Fuselier, S., Gasc, S., Gombosi, T. I., Hansen, K. C., Hässig, M., Jäckel, A., Kopp, E., Korth, A., LeRoy, L., Mall, U., Marty, B., Mousis, O., Neefs, E., Owen, T., Rème, H., Rubin, M., Sémon, T., Tzou, C.-Y., Waite, H., and Wurz, P., 67P/Churyumov-Gerasimenko, a Jupiter family comet with a high D/H ratio,Science, 347: 347(6220): aaa3905, 2015
6. Belloche, A., Garrod, R. T., Müller, H. S. P., Menten, K. M., 2014. Detection of a branched alkyl molecule in the interstellar medium: iso-propyl cyanide, Science. 345(6204):1584-7, 2014
7. Müller, H. S. P., Belloche, A., Xu, L., Lees, R. M., Garrod, R. T., Walters, A., Wijngaarden, J., Lewen, F., Schlemmer, S., and Menten, K. M., Exploring molecular complexity with ALMA (EMoCA): Alkanethiols and alkanols in Sagittarius B2(N2), A&A 587, A92, 2016
8. Danger, G., Borget, F., Chomat, M., Duvernay, F., Theulé, P., Guillemin, J.-C., Le Sergeant d'Hendecourt, L., and Chiavassa, T., Experimental investigation of aminoacetonitrile formation through the Strecker synthesis in astrophysical-like conditions: reactivity of methanimine (CH_2NH), ammonia (NH_3), and hydrogen cyanide (HCN), A&A 535, A47, 2011
9. Rimola, A., Sodupe, M., Ugliengo, P., Deep-space glycine formation via Strecker-type reactions activated by ice water dust mantles. A computational approach, Phys Chem Chem Phys., 12(20):5285-94, 2010
10. Woon, David E., Pathways to Glycine and Other Amino Acids in Ultraviolet-irradiated Astrophysical Ices Determined via Quantum Chemical Modeling, The Astrophysical Journal, 571:L177–L180, 2002
11. Skouteris, D., Balucani, N., Faginas-Lago, N., Falcinelli, S., and Rosi, M., Dimerization of methanimine and its charged species in the atmosphere of Titan and interstellar/cometary ice analogs, A&A, 584: A76, 2015

Session 5

Space Material Science and Nanotechnology

Chairman: Prof. Dimitar Teodossiev
Secretary: Assoc. Prof. Zdravka Karaguiozova

S E S 2 0 1 6
Twelfth Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, SAFETY
2– 4 November 2016, Sofia, Bulgaria

MAGNESIUM APPLICATION IN AEROSPACE INDUSTRY

Zdravka Karaguiozova[1], Adelina Miteva[1], Aleksander Ciski[2], Grzegorz Cieślak[2]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Institute of Precision Mechanics, Warsaw, Poland
e-mails: karazuzi@yahoo.com; ad.miteva@gmail.com; aleksander.ciski@imp.edu.pl; grzegorz.cieslak@imp.edu.p

Key words: *magnesium, magnesium alloys, magnesium based alloys, aerospace and space applications, light alloys, manufacturing methods of magnesium, coatins*

Abstract: *At present magnesium and magnesium alloys are the subject of growing interest from scientists mainly due to his lightness combined with strength. This is the main reason magnesium and its alloys to be widely applicable in areas of the industries such as aerospace and aircraft production, automotive and missile construction, electronic, projectiles, powertrain and army applications. Application of magnesium and magnesium alloys leads to reduced weight, and consequently to fuel economy, and consequently decreasing the output of environmentally harmful substances. In this literature review we will briefly focused the attention on increasing applications of magnesium and magnesium alloys in aerospace and allied industries.*

ПРИЛОЖЕНИЕ НА МАГНЕЗИЯ В АЕРОКОСМИЧЕСКАТА ИНДУСТРИЯ

Здравка Карагьозова[1], Аделина Митева[1], Александър Циски[2], Гжегож Чешлак[2]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Институт по прецизна механика, Варшава, Полша
e-mail: karazuzi@yahoo.com; ad.miteva@gmail.com; aleksander.ciski@imp.edu.pl; grzegorz.cieslak@imp.edu.pl

Ключови думи: *магнезий, магнезиеви сплави, аерокосмически и космически приложения, леки сплави, производство на Mg*

Резюме: *В наши дни магнезият и магнезиевите сплави са обект на засилен интерес от учените, главно поради комбинацията на две техни основни свойства: те са леки и ковки. Това е причината, магнезият и неговите сплави, да бъдат широко приложими в области от индустриите като космическите изследвания и самолетостроенето, автомобилостроенето и ракетостроенето, електрониката, задвижващи системи и приложения в армията. Приложението на магнезия и магнезиевите сплави води до намаляване на теглото, и следователно до икономията на гориво, и като следствие - намаляване на продукцията на вредни за околната среда вещества. В този литературен обзор ние накратко ще фокусираме вниманието върху увеличаването на приложенията на магнезия и магнезиевите сплави в аерокосмическите изследвания и свързаните с тях промишлености.*

Introduction

The aerospace industry has a long history of using magnesium and magnesium alloys in many applications both civil and military. It is of prime importance to lower the weight of air and space craft, as well as projectiles, to aid in decreasing emissions and increasing fuel efficiency. These changes will result in a lower operational cost as well. Magnesium is an ideal material for use in these applications due to limited continuing improvements on aluminum weight reduction, the high cost of fiber metal laminates, and the poor impact, and damage properties of low density plastics when subjected to extreme temperatures. Magnesium can be found in the thrust reversers for the Boeing 737, 747, 757, and 767 as well as in engines and aircraft and helicopter transmission casings [1,2]. Spacecraft and missiles also contain magnesium and its alloys. Lift-off weight reduction is of high importance in design and a material is needed that can withstand the extreme conditions faced during operation.

Magnesium is capable of withstanding the extreme elevated temperatures, exposure to ozone and the impact of high energy particles and matter. It is also used in large quantity in intercontinental ballistic missiles such as Titan, Atlas and Agena.

As of 2013, magnesium alloy consumption was less than one million tons per year, compared with 50 million tons of aluminum alloys. Its use has been historically limited by its tendency to corrode, high-temperature deformation, and flammability [3]. For the chemical resistance improvement of magnesium and its alloys research and development are carried out an expanding the application areas to be achieved. One preferred method for surface properties improvement is metal deposition by electroless or electrochemical methods. The study [2] presents a short overview for some surface treatments of magnesium and magnesium alloys for achieving the better corrosion and wear resistance of the surface. Many authors focus their attention on the electroless and electrochemical plating methods for production of high quality coatings to expand the application areas of these materials.

Magnesium and its alloys serve as an alternative substitution to aluminum alloys (are widely used as a major structural material), titanium alloys, iron, plastics and steel due to their attractive technical and environmental properties [4]. Their major advantages are:

Lightest structural material,
Higher strength-to-weight ratio,
Good castability,
Good machinability,
Acceptable weldability under controlled atmosphere,
Recyclable and thus fewer raw resources are consumed.

However, the use of magnesium and its alloys is still restricted, due to the following drawbacks:

Low elastic modulus,
Limited cold workability and toughness,
Restricted high strength and creep resistance at high temperature,
Poor corrosion resistance (in some applications).

The most significant and economically competitive used magnesium alloys are based on the magnesium-aluminum system, such as AZ91 (Mg-Al-Zn) and A50/60 (Mg-Al-Mn). They offer good die-castability, reasonable room temperature strength or ductility, and even good corrosion resistance, but they have poor mechanical properties at elevated temperatures [4].

Magnesium is the lightest of all commonly used metals and is therefore very attractive for many industries. Several studies were undertaken in order to develop new magnesium alloys. As a result, various Mg-alloys were recently introduced to replace competitive lightweight materials. However, there is still a need to increase the quantity and variety of both cast and wrought Mg alloys. The aim of the study [4] was to develop new high temperature creep resistant Mg alloys based on Mg-Sn system with calcium (Ca) as a ternary alloying element. The series of the selected alloys Mg-Sn-Ca (TX-alloys) contain Sn and Ca in the ranges of 2-6 wt.-% and 0-3 wt.-%, respectively. They should exhibit better creep properties than the mostly used AZ91D-alloy and the high temperature creep resistant AE42-alloy. Therefore, AZ91D- and AE42-alloys supplied by Hydro were also cast as benchmark for this purpose. In addition, a participation of a development of ternary Mg-Sn-Ca phase diagram was raised after DTA and DSC measurements. The results of creep investigations show that a number of TX-alloys, which have a Sn:Ca ratio below 3:1 (in particular less than 2:1) exhibit better creep properties than cast AZ91D alloy and even better than AE42-alloy. On the other hand, the corrosion behavior and mechanical properties of these alloys need further improvement. Finally, the results of this work, in particular creep results, indicated that some of TX-alloys can be used in automobile industry and thus a contribution will help to develop new class of Al-free Mg-alloys. This development will enable to expand the use of Mg-alloys in elevated temperature airspace applications [4].

Magnesium is also used in conventional aircraft and helicopter engines and, to a lesser extent, in airframes and landing wheels [5]. However, these levels are well below potential usage because of real and perceived corrosion problems and the resultant construction mandates against magnesium. Use in helicopters, such as in the MD600 main transmission (Figure 2 [5]), has led to power increases in the rotor system when adequate corrosion- protection coatings have been applied, and, generally, the aerospace industry is taking a fresh look at magnesium. The use of magnesium in missiles and space applications has been widespread because of magnesium’s strength and rigidity at minimum weight coupled with ease of fabrication. However, it possesses other characteristics, such as the ability to withstand temperature extremes; proximity of some components to liquefied fuels; exposure to ozone and free radicals in the upper atmosphere; and bombardment by shortwave electromagnetic radiation, high-energy particles, and small meteorites.

AZ91C has widespread use in both commercial and aerospace applications where lightweight and moderate strength are required. found a place in less critical aerospace castings. The availability of the highly corrosion resistant AZ91E offers obvious advantages for direct substitution, to improve corrosion resistance, although no improvement in mechanical properties or castability ensue. A wide range of properties can be achieved by the addition of a range of alloying elements. Although Al is incompatible with Zr, typical additions to Mg-Zr alloys include Zn, Ag and rare earth elements. These alloys have so far fulfilled the major requirements of aerospace applications. They have excellent castability, and can be cast into complex shapes virtually free of microporosity. The most widely used alloy is currently ZE41 (4.2% Zn, 1.3% Ce 0.6% Zr) which has moderate strength with a simple T5 heat treatment (cast then aged). Strength is maintained up to around 150 °C. ZE41 has been the preferred material for helicopter transmission applications for almost 20 years, where its combination of tensile properties, stiffness and good fatigue resistance are all fully utilised. It is also used in many other aerospace and similar high quality castings. More recently, properties have been further increased by the replacement of Zn and Ce with Ag and Nd/Pr, the improved solubility of which permits the alloy to be fully heat treated (T6) by solution, quenching then precipitation treatment. The higher mechanical properties achieved from these alloys are well maintained to 200 °C. In answer to these demands, Magnesium Elektron Ltd (MEL) have developed a new family of alloys based upon the Mg-Y-Nd RE system (R.E. = Rare Earths). Due to its combination of superior stability at temperature, and excellent mechanical properties, the alloy considered most suitable for aerospace applications is WE43 (4% Y, 2.25% Nd, 1% HRE*, 0.6% Zr). When WE43 is compared to commonly used aerospace Aluminium based alloys, such as A356 (Fig 7 [6]) and high temperature A203, it competes directly on a volume to volume basis, and can prove even better at elevated temperatures, with a dramatic potential weight saving of around 30%. In summary, WE43 should be very attractive to designers who wish to uprate current applications, where improved corrosion resistance is required compared to other Mg-Zr alloys and for new applications where all the benefits of high strength, high temperature capabilities and corrosion resistance need to be combined with minimum weight. New materials such as WE43, AZ91E and R.S.T. alloys have greatly improved resistance to general corrosion to the level of Aluminium base alloys, but protection is still necessary, for aerospace applications. Two main areas of corrosion protection must be addressed namely general surface protection and galvanic protection. Magnesium alloys and related processes are now available to the designer offering improved mechanical properties, high corrosion resistance and high temperature capabilities.

The development of more corrosion-resistant lightweight alloys, such as those based on magnesium, is critical for the extensive use of such materials in transport, infrastructure and airspace applications [7]. The magnesium alloy ZE41 is an aerospace alloy typically used for helicopter gear boxes because of its high castability and excellent strength up to 160 °C. In [7] the reactivity of two phosphonium cation based ILs with a ZE41 magnesium aerospace alloy was investigated using a combination of microscopy, electrochemical, and spectroscopic techniques. This will impact the further design of IL systems for application in tribology and corrosion engineering where the interphase that develops on the metal alloy surface is critical in extending the lifetime of metal-based structures.

AZ91D Mg alloys are popular and offer 20-25% weight saving over Al in transmission casings [8]. With the price trends of magnesium since 2001, magnesium gravity cast or low-pressure parts are also becoming cost-effective [9]. Despite the low creep resistance of pure magnesium, it is known that alloying has been quite successful in developing magnesium alloys for high temperature service for aerospace applications. This is evident in comparing the “maximum usefulness temperature” of various metals [9]. For magnesium, it can be observed that the best alloys (mainly rare earth containing and in the past thorium containing) can compete very well with aluminum alloys.

Mg alloys are extremely attractive structural materials for application in automotive and aerospace industries because they have unique combination of light weight, high specific strength and stiffness and high recycling capability. In [10] deformation behavior of pure Mg and Mg alloy were studied in the temperature range of 423 to 773K and at strain rates of 10^{-4} –10^{-2} s^{-1}. Plastic deformation can give wider implementation of sheet and extruded products from Mg-based alloys into commercial use can lead to new age of Mg in automotive and aerospace industries.

Today, magnesium application in the aerospace industry take place as sand cast (ZE41, EZ33, or WE43) or forged (AZ80 or ZK60) helicopter transmission housings [11]. The potential for new sand-casting alloys of exceptional creep resistance looks very promising.

In the study [12], the current advantages, limitations, technological barriers and future prospects of Mg alloys in the automotive and other industries are given. The usage of magnesium in automotive and airspace applications is also assessed for the impact on environmental conservation. Recent developments in coating and alloying of Mg improved the creep and corrosion resistance properties of magnesium alloys for elevated temperature and corrosive environments. The results of

the study [12] conclude that reasonable prices and improved properties of Mg and its alloys will lead to massive use of magnesium. Compared to using alternative materials, using Mg alloys results in a 22% to 70% weight reduction. Lastly, the use of magnesium in various components is increasing as knowledge of forming processes of Mg alloys increases. Weight reduction has always been an important objective for aerospace industry. Aluminium is a traditional light metal for airborne structures. The alloys used today for aerospace applications are already optimized concerning aeronautic requirements such as strength, fatigue and damage tolerance properties. Therefore weight reduction is more and more difficult to be reached with small advances in aluminium material development. The family of magnesium materials and especially magnesium wrought materials could be an excellent alternative to aluminium because of their low density, rather good mechanical properties and metallic behaviour [13].

Magnesium was commonly defined as the metal of airborne construction. Historically, magnesium has been used in aircraft since the thirties of the last century. In the fifties, magnesium passed a “boom” when it was broadly used in aircraft structures and components. Military aircrafts and helicopters that were built in that period included hundreds kilograms of magnesium products (see Fig.1 from [13]). The aerospace industry of former Soviet Union also broadly used magnesium in military aircrafts. The significant difference of magnesium application in former Soviet Union from the Western countries is the relatively big amount of magnesium components in civil aircrafts. This fact may be explained by utilization of military plane structures for prototyping of civil aeroplanes. For example, if Boeing 737 (start of manufacturing in 1967) had only several small magnesium components in wing structures and door, Tupolev TU-134 (start of manufacturing in 1963) had 1325 magnesium components with total weight 780 kg (Fig. 5 [13]). Regarding the Western aerospace industry, up to now magnesium has not been used in structural applications by major aircraft manufacturers: Airbus, Boeing and Embraer. The situation is different for helicopter industry where magnesium is used in cast gearboxes and transmissions and some other non-structural elements.

Magnesium meets requirements of all active aerospace standards for material flammability resistance. Corrosion on magnesium alloys was the real main reason for decrease in magnesium applications [13]. The situation has changed with significant improvement of magnesium production technologies, as well as with developments in the last decade, of new magnesium surface treatment technologies such as PGA ALGAN 2M and composite coating Gardobond X4729 from Chemetall GmbH; and Magoxide and Magpass from AHC Oberflächentechnik. The technologies provide magnesium with similar to aluminum level of protection. Recently Magnesium Elektron Ltd. (UK) developed new high-strength alloys Elektron 21 and Elektron 675 which have mechanical properties comparable to aerospace aluminium structural alloys [13]. The above mentioned developments, as well as, strong demand for aircraft weight reduction and some dissatisfaction of aerospace industry with composite materials led to the beginning of serious investigation of magnesium comeback to aerospace industry.

The paper [14] provides an overview of various processes used for producing magnesium castings. Magnesium alloys have some unique solidification characteristics such as excellent fluidity and less susceptibility to hydrogen porosity, and thus, better castability over other cast metals such as aluminum and copper. Casting has been the dominant manufacturing process for magnesium components, representing about 98% of structural applications of magnesium. Gravity sand and permanent mold processes are used to produce high-performance aerospace and defense components. Emerging processes such as low pressure casting, squeeze casting, semi-solid casting, lost foam casting and ablation casting are also discussed. Magnesium is the third most-commonly used structural metal, following steel and aluminum. Structural applications of magnesium castings in automotive, aerospace and power tools industries are reviewed in this paper. The opportunities and challenges of magnesium alloys for structural applications are discussed at the end of [14].

Laser welding will be an important joining technique for magnesium alloys with their increasing applications in aerospace, aircraft, automotive, electronics and other industries. In the document [15] the research and progress in laser welding of magnesium alloys are critically reviewed from different perspectives. The aim of the report was to review the recent progress in laser welding of magnesium alloys and to provide a basis for follow-on research. Laser welding will probably become an important joining technique for magnesium alloys and can promote their wider uses in aerospace, aircraft, automotive, electronics and other industries.

Carbon fibre and textile reinforced lightweight materials with selected magnesium alloy matrices have been strongly considered nowadays [16] for lightweight applications under complex dynamic and static operating loads, e.g. in automotive engineering. Thereby, especially continuous fibre reinforcement increases the application potential of this novel material group considerably. The priority objectives of the reinforcement of magnesium are to increase the stiffness and strengths of the material and to reduce its pronounced tendency to creep, whereas the inserted fibre reinforcement

effect directional-controlled material properties. Despite high manufacturing costs metal matrix composites (MMC) like carbon fibre reinforced magnesium are interesting materials for components with good wear resistance and high specific strength at low weight and advantageous thermal behaviors. Thereby, a potential field of application would be within robotic high-precision machining tools and positioning systems, textile techniques, aerospace industry and high-performance electronics.

Eco-friendly vanadia based chemical conversion coating was applied [17] for improving the corrosion resistance of a newly developed magnesium AZ31 HP–O alloy. The advanced magnesium alloys that are being developed and used in modern automotive and aerospace industries require high performance and more durable coating systems. The coating formed due to such a technique is characterized by a self healing ability. It is necessary to take into account that the vanadia surface treatment designed in this study would be only a pre-treatment trying to provide a self-healing functionality, and a final organic topcoat will be crucial to reach an adequate corrosion protection.

Magnesium and its alloys have wide applications in automotive and aerospace industries because of their low density and high specific strength. However, their poor resistance to corrosion is a serious impediment against their wider applications. Thus, many surface treatments, such as chemical conversion coating, anodizing, plating, sputtering compound coating, and laser surface melting, have been applied in Mg and its alloys to improve their corrosion resistance. On the other hand, aluminum and its alloys have high specific strength and good surface decoration characteristic, and they usually show excellent corrosion resistance. Therefore, it is of practical significance to coat Mg with Al, which may provide an alternative to improve the corrosion resistance of Mg [18]. To demonstrate the potential application of the Mg–Al eutectic alloy solder, magnesium plate was coated with aluminum foil by this process and its corrosion resistance was evaluated by electrochemical test. It shows that the corrosion resistance of the magnesium plate with aluminum coating was remarkably improved, which exhibits a similar corrosion behavior to that of aluminum. Mg and Al can be bonded conveniently by using Mg–Al eutectic alloy as the solder under pressure at 450℃ in atmosphere. The presence of eutectic solder with low melting point promotes the atom diffusion greatly and hence facilitates the bonding between Mg and Al. The bond strength increased obviously with the increasing of the holding pressure, and a bend strength as high as 22 MPa was obtained. In this way, Al-foil can be easily coated onto Mg and the Al-coated Mg exhibits a much improved corrosion resistance, than that of Al.

Since the 1940's Mg-alloys have been used for military applications, from aircraft components to ground vehicles. The drive for usage was primarily availability and lightweighting of military systems. This review paper [19] covers historical, current and potential future applications with a focus on scientific, engineering and social barriers relevant to integration of Mg alloy. It has also presented mechanical and physical property improvements solutions which are currently being developed to address these issues.

Future of magnesium in aerospace industry

The future application of magnesium in aerospace industry will be probably based on present and future running R&D projects. Such kinds of projects are running at the present time in European Union, USA, Israel, France and Austria. European Framework Program 6th has three magnesium related projects in Aeronautic Priority: IDEA, AEROMAG and MagForming [13]. These types of projects may significantly influence on magnesium future in aerospace industry due to the active participation of major European aerospace companies and scientific communities. Major European aerospace industries seriously investigate magnesium as weight-reduction alternative for aluminum. New high-strength alloys and advanced surface treatment technologies are the real and reasonable base for magnesium comeback in aerospace industry.

Conclusions

Magnesium is the lightest of all the commonly used metals and is, thus, very attractive for aerospace applications. It also has a number of other desirable features, including good ductility, better damping characteristics than aluminum, and excellent castability.

Considering magnesium lightness combined with strength it is too promising to investigate novel protective coatings with improved properties in order to increase its applications in areas of the industry as aircraft production, automotive and missile construction, also space technology. With appropriate protection techniques, magnesium offers the aerospace engineer a valuable material choice now and into the 21st century.

Magnesium alloys have been used for many years, primarily because of their light weight (specific gravity 1.8), only 2/3 as dense as aluminium. Improvements in properties and castability

achieved by magnesium in the last 30 years make magnesium alloys a prime choice for further application within the aerospace industry.

The advancements which have been made will further increase the use of magnesium in the aerospace industry where magnesium major advantage of light weight continues to be of paramount importance. To build a sustainable society in the future it will be necessary to reduce the weight of structural materials on earth and in the space, both to conserve energy and to minimize global warming. Today magnesium (Mg) alloys are recognized as present and future alternatives to iron and aluminium to reduce the weight of structural materials.

Our achievements [2] in recent years concerning improved properties of electroless nickel and composite nickel coatings give us a reason to be optimistic about possibilities for a bright future of protective coatings in magnesium and its alloys aerospace applications.

Acknowledgments

This survey was partially supported through the bilateral scientific cooperation project “Influence of nanosized additives on the physical and mechanical properties of the composite materials and coatings” (2015 - 2017), between the Bulgarian Academy of Sciences (Space Research and Technology Institute) and the Polish Academy of Sciences (Institute of Metallurgy and Materials Science of Polish Academy of Sciences (with support of the Institute of Precision Mechanics)).

References:

1. http://www.intlmag.org/page/app_aerospace_ima
2. Karaguiozova, Z., Electroless Deposition of Metalic Coatings on Magnesium Alloys, SES 2015, 2016, 376-382.
3. Ddodson, B. "Stainless magnesium breakthrough bodes well for manufacturing industries". Gizmag.com, Retrieved 29 08.2013.
4. Abu Leil, T., (2009), Development of New Magnesium Alloys for High Temperature Applications. Doctoral Thesis approved by the Faculty of Natural and Materials Sciences, Clausthal University of Technology. http://www.gbv.de/dms/clausthal/E_DISS/2010/db109602.pdf.
5. Froes, F.H., D. Eliezer, E. Aghion, The Science, Technology, and Applications of Magnesium, Light Metals, JOM, 1998, 30-34.
6. Lyon, P., J. F. King, G. A. Fowler, Developments in magnesium based materials and processes, ASME 1991 International Gas Turbine and Aeroengine Congress and Exposition. American Society of Mechanical Engineers, 1991, 1-8,
7. Forsyth, M., W. C. Neil, P. C. Howlett, D. R. Macfarlane, B. R. W. Hinton, N. Rocher, T. F. Kemp, M. E. Smith, New Insights into the Fundamental Chemical Nature of Ionic Liquid Film Formation on Magnesium Alloy Surfaces, Applied materials&interfaces, v. 1, No. 5, 2009, 1045–1052.
8. http://www.magnesium-elektron.com/
9. Pekguleryuz, M. O., A. Arslan Kaya, Creep Resistant Magnesium Alloys for Powertrain Applications, Magnesium: Proceedings of the 6th International Conference Magnesium Alloys and Their Applications. Edited by K.U. Kainer, Copyright ⅄ 2004 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, ISBN: 3-527-30975-6, 74-93.
10. Galiyev, A., O. Sitdikov, R. Kaibyshev, Deformation Behavior and Controlling Mechanisms for Plastic Flow of Magnesium and Magnesium Alloy, Materials Transactions, v. 44, No. 4, 2003, 426 to 435.
11. Agnew, S. R., Wrought Magnesium: A 21st Century Outlook, JOM, May, 2004, 20-21.
12. Kulekci, M. K., Magnesium and its alloys applications in automotive industry, Int J Adv Manuf Technol, 39, 2008, 851–865.
13. Ostrovsky, I., Y. Henn, Present state and future of magnesium application in aerospace industry, International Conference “NEW CHALLENGES IN AERONAUTICS”, ASTEC’07, August 19-22, 2007, Moscow.
14. Luo, A. A., Magnesium casting technology for structural applications, Journal of Magnesium and Alloys, 1, 2013, 2-22.
15. Cao, X., M. Jahazi, J. P. Immarigeon, W. Wallace, A review of laser welding techniques for magnesium alloys, Journal of Materials Processing Technology, 171, 2006, 188–204.
16. Hufenbach, W., M. Andrich, A. Langkamp, A. Czulak, Fabrication technology and material characterization of carbon fibre reinforced magnesium, Journal of Materials Processing Technology, 175, 2006, 218–224.
17. Hamdy, A. S., I. Doench, H. Möhwald, Smart self-healing anti-corrosion vanadia coating for magnesium alloys, Progress in Organic Coatings, 72, 2011, 387– 393.
18. Li, X., W. Liang, X. Zhao, Y. Zhang, X. Fu, F. Liu, Bonding of Mg and Al with Mg–Al eutectic alloy and its application in aluminum coating on magnesium, Journal of Alloys and Compounds, 471, 2009, 408–411.
19. Mathaudhu, S. N., E. A. Nyberg, Magnesium alloys in U.S. military applications: past, current and future solutions, Essential Readings In Magnesium Technology, Edited by Suveen N. Mathaudhu, Alan A. Luo, Neale R. Neelameggham, Eric A. Nyberg, and Wim H. Sillekens, 2014 The Minerals, Metals & Materials Society, Published 2014 by John Wiley & Sons, Inc.

HYDROGEN PEROXIDE/SULPHURIC ACID ETCHING SOLUTION

Zdravka Karaguiozova

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: karazuzi@yahoo.com

Keywords: *Hydrogen peroxide, sulphuric acid, etching, copper.*

Abstract: *Copper dissolution known also as a copper etching is a process essential in the electronics industry, particularly in the fabrication of printed circuit board. Recently the focus of the researchers is on the system ensures high etch rate at a lower consumption of the solution components. In this study, a copper etchant on the base of H_2SO_4/H_2O_2 solution is used and the influence of the various effects on the main etching parameters is investigated. The impact of the etching temperature and different chemical additives to main etchant are examined. The chemical additives with a stabilizing and accelerating effect are tested. The additives independent impact also their synergetic effect on the H_2O_2 decomposition is studied.*

ЕЦВАЩ РАЗТВОР НА ОСНОВАТА НА ВОДОРОДЕН ПРЕКИС/СЯРНА КИСЕЛИНА

Здравка Карагьозова

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: karazuzi@yahoo.com

Ключови думи: *Водороден прекис, сярна киселина, ецване, мед*

Резюме: *Разтварянето на мед, известно още като ецване на мед, е съществен процес в електронната индустрия, по-конкретно в производството на печатни платки. Напоследък изследванията са фокусирани върху разработване на разтвори за ецване, осигуряващи висока скорост на процеса при слабо изчерпване на компонентите на разтвора. Представената работа разглежда ецващ разтвор на основата на H_2SO_4/H_2O_2 като описва влиянието на различни фактори (температура на разтвора, добавка на различни съединения към ецващия разтвор) върху параметрите на ецващия процес. Тествано е въздействието на добавки със стабилизиращ и ускоряващ ефект.*

Introduction

[1] The process of great importance in the manufacture of printed circuit boards for the electronics industry is the etching of the unwanted copper metal the formation of the conductive pattern on the board to be exhibited. One of the efficiently etching copper solutions without material adverse side effects is based on the aqueous ferric chloride. In more recent times its usage become a problem due to environmental and cost perspective. A new approach to the refinement of the etching technologies brings forth new acid and alkaline systems. Each of these etching systems has advantages and disadvantages. Concerning the significance in terms of practice more important considerations are the etching rate, control of the etching solution, stability and efficiency of the etchant, time and temperature conditions, effect of the etchant on the materials forming the printed circuit board, and effect on the equipment and masking material employed in the etching process. Recently an attractive etchant in regard to its relatively low cost and ability to recover copper electrolytically from the etchant solution is aqueous hydrogen peroxide. The problems caused during the copper dissolution at unpredictable rates and the hydrogen peroxide instability resulting in the rapidly solution exhaustion are under consideration by the scientists.

In [1,2] authors provide a new and improved highly efficient hydrogen peroxide etchant capable of dissolving large amounts of metal before effective exhaustion allowing an etch rate to an impractical level in the manufacture of printed circuits. In accordance with the invention it is found that the addition to acid-hydrogen peroxide solutions of a small amount of phenacetin, sulfathiazole, or silver ion, preferably a mixture of phenacetin with sulfathiazole or silver ions, results in the provision of compositions by which metal may be dissolved for constructive purposes in a practical and most efficient manner.

Investigation in [3] is focused on the study of the influence of the undercut inhibitor, added to the a typical formulation of a standard aqueous alkaline ammoniacal cupric etching bath described in [4]. The solution, including cupric ions, an ammonium salt such as chloride, ammonium hydroxide to achieve a pH between about 8 and about 10.5, water, and, if desired, some ammonium phosphate, the organic undercut inhibitor (in the form of be either 5-nitro-1 H indazole or pyrazole) is examined. It is defined a decrease in the amount of undercutting obtained with 5-nitro-1 H indazole between about 13 and about 34% less than the amount of undercutting present when using a conventional bath.

Another aqueous alkaline ammoniacal cupric chloride etching bath [5] is compared with the new one with addition of copper (I) stabilizers leading to increase the etch rate by at least 40 percent. The suitable copper stabilizers are compounds containing an iodide salt, a thiocyanate ion, and a thiosulfate ion. A 90-130% increase in the etch rate is achieved adding potassium iodide, ammonium thiocyanate, and sodium thiosulfate in concentrations up to approximately 600 mg/L of any one of these compounds.

Research of the scientist [6] provides a new and improved etchant of copper based on acid solution of hydrogen peroxide having a total free chloride and bromide ions content less than 2 parts per million. Authors advise to proceed the etching process in water having a total free chloride and bromide ion content less than about 2 parts per million, preferably less than 1 part per million for a constructive purpose.

[7] avoids instability of the etching composition of printed circuit boards in the presence of chloride ions and ensures a uniform and rapid etch rate. The etchant consists of an aqueous solution of sulfuric acid, hydrogen peroxide, a thiosulfate salt to overcome the depressing effect of chloride ion, preferably at a concentration of 0.05% to 0.1%; and a hydrogen peroxide stabilizer system including an amino methylene phosphoric acid and an unsaturated organic hydroxyl compound such as phenol or allyl alcohol.

In [8] O. Cakir underlines the advantages of the application of cupric chloride (CuCl2) as an etchant in the manufacturing process of PCB's. (CuCl2) produces a stable and high etch rate and low undercut. Not only all important factors for efficient process flow are studied, but also the regeneration/recycle and etched metal recovery of waste etchant is determined. It is defined the four times higher etch rate by using (15% NH4Cl) to CuCl2 solution and the same copper dissolve capacity by HCl addition [9]. As etch rate accelerants the other chemical additives such as monomethanol amine, ethanol, acetonitrile, aceton, dimethyl formamide to CuCl2 etchant are also used [10]. Another advantage of the utilization of CuCl2 as an etchant is observation of minimization or elimination of the disposal products influence on the environment, which would also reduce operational costs.

The incorporation of the effective amount of both a triazole compound and either an aliphatic water soluble monoalcohol or a glycol monoether in the solution including a mixture of an acid selected from the group consisting of sulfuric acid, nitric acid, sulfamic acid, and phosphoric acid; hydrogen peroxide; and water provides a faster etching rate[11].. The stabilization of the hydrogen peroxide is performed with a compound selected from the group consisting essentially of a phenol, a phenol phosphoric acid, or a phosphonate. For the initial start-up of the etching process hydrated copper sulfate is included acting as a slight or mild accelerator. Preferably, the monoalcohol is selected from the group consisting of isopropanol, n-butyl alcohol, and t-butyl alcohol and the glycol monoether is selected from the group consisting of diethylene glycol monobutyl ether, and dipropylene glycol monoethyl ether and the triazole compound is mixed with the monoalcohol or the glycol monoether prior to incorporation in the solution.

In this study, copper etching using H_2SO_4/H_2O_2 etchant solution is studied. The effects of etching temperature and different chemical additions to main etchant are investigated. The used chemical additions are stabilizers and accelerants. The additives independent impact also their synergetic effect on the H_2O_2 decomposition is studied.

Experimental and test methods

Commercial circuit board sided glass size 1mm, Copper - foiled of 35 microns thickness samples (2,0x2,5sm) are used as substrates. The specimens are degreased ultrasonically in acetone. The following pretreatments including both degreasing and micro etching in an acid solution

composition 100 ml/l H_2SO_4 and nonionic surfactant 0,1 g/l at room temperature for 2-3 min, and carefully washing with distilled water are performed.

The etchant composition of Hydrogen Peroxide/Sulfuric acid is listed in Table 1.

Table 1. Etchant composition of Hydrogen Peroxide/Sulfuric Acid

Bath components	Quantity	Bath parameters	Quantity
Sulphuric acid	0.3M to 1.0M	Wetting agent	0,1 to 1,0 g/l
Hydrogen peroxide	0.1M to 0.5M		
Stabilizer: sulfosalicylic acid (SS), 8-oxyquinoline (8-OQ), chromotropic acid (CTR), Sulphaminic acid (SA), amino pyridine (AP),	1,0 to 8,0 g/l	Temperature	45°±5°C
Accelerant: Na- molybdate, NH4- molybdate	5 to 25 g/l		

A few etchant solutions of different composition are studied to observe its effect on the etchant performance. Due to instability of Hydrogen Peroxide in the presence of Copper ions a stabilizing effect of organic components (as a sulfonic acid with concentration of 1 to 8 g/l) is investigated to avoid the etchant solution decomposition. To eliminate the stabilizers retarding action accelerants are used (as Mo_2O7_2 ions) with concentration of 5 to 25 g/l. The used wetting agents are anionic or non-ionic compounds with concentration of 0, 1 to 1, 0 g/l.

The influence of the above mentioned on the etchant performance is investigated studying the dependence on the amount of hydrogen peroxide spent from the surface of the dissolved copper.

The weight of dissolved copper is precisely measured by a chemical method by titration with 0, 1 M Titriplex III in the presence of the PAN [1-(2-Pyridylazo)-Naphthol-2] or PAR [4-(2-Pyridylazo)-Resorcinol] indicator. The Hydrogen Peroxide quantity is measured also by titration with 0,1N potassium permanganate.

Results and discussion

The dependence on the etching rate (dissolved amount of the Copper per minute) from the working temperature is shown in the Table 1 and Figure 1. The study is performed in the H_2O_2/H_2SO_4 solution without any additives.

Table 1. Dependence on the dissolved copper from the working temperature

T°C	10	20	30	40	48
Cu, µm/min	0,9	1,8	2,5	3,8	5,3

The tests carried out confirm the dependence on the etch rate by the working temperature. The dissolved copper quantity per unit time is higher at higher temperature. The decomposition of the H_2O_2 is observed at temperature higher than 50°C. The suitable working temperature is defined at 45±5°C.

The influence of different stabilizers and accelerants on the etchant performance defined by investigation of the dependence on the amount of hydrogen peroxide consumption [H_2O_2, ml] from the surface of the dissolved copper [S, dm2] is presented in the Table 2 and in the Figures 2.

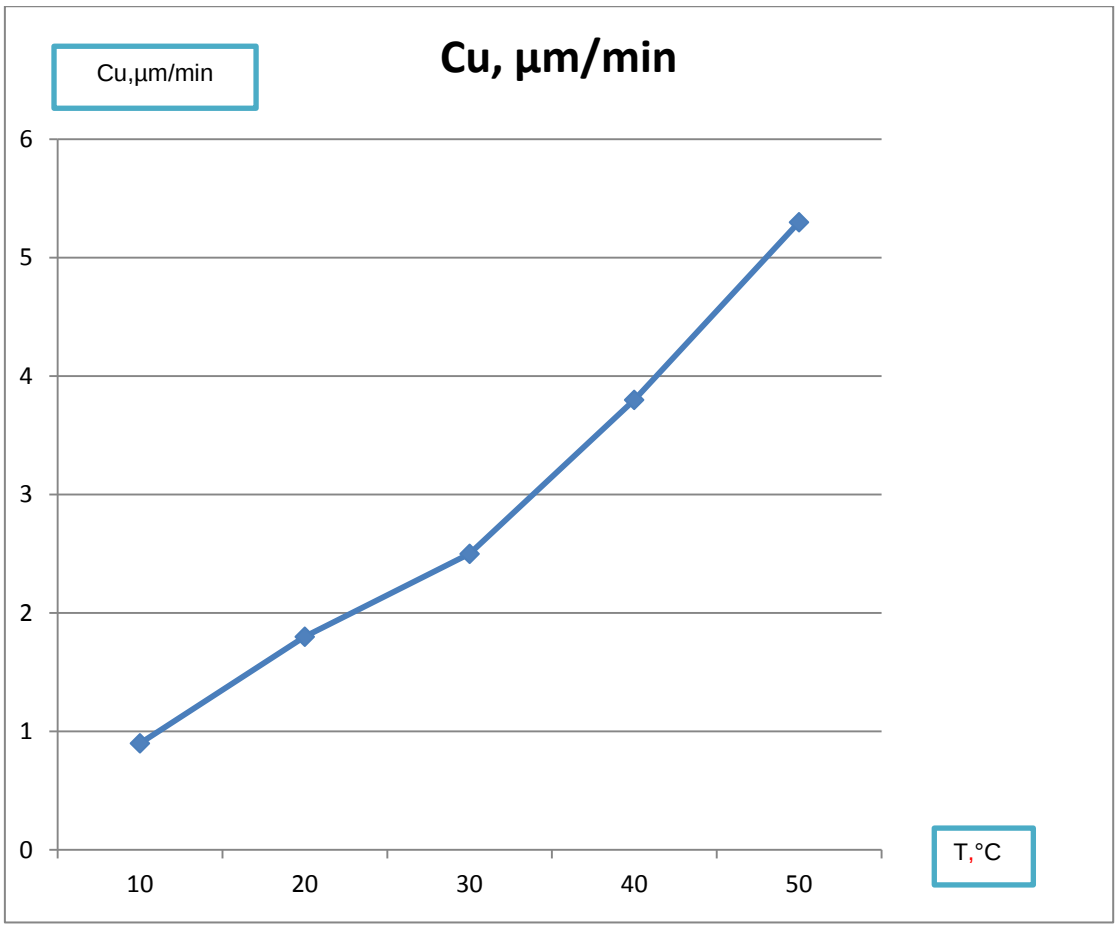


Fig. 1. Dependence on the etching rate (dissolved amount of the Copper per minute) from the working temperature

Table 2. Dependence on the H_2O_2 consumption from the surface of the dissolved copper

S,dm^2	H_2O_2, ml							
	Sulfo-Salicy-lic acid (SS)	Na-molyb-date (Na-Mo)	Sulfosa-licylic acid (SS)+ Na-molyb-date (Na-Mo)	Sulfosa-licylic acid (SS)+ NH_4-Molybdate (NH_4-Mo)	chromotropic acid + NH_4+Mo-lybdate (NH_4-Mo)	amino pyridine+ NH_4-Molyb-date (NH_4-Mo)	Sulpha-minic acid (SA)+ NH_4-Molyb-date (NH_4-Mo)	8-oxy-quinoline (8-OQ)+ Na-molyb-date (Na-Mo)
5	95	92	32	40	88	38	40	38
10	155	188	66	80	176	80	168	80
15	302	264	184	140	264	208	206	121
20	358	362	260	268	352	248	238	162
25	432	446	444	344	452	292	272	200
30	511	525	468	430	518	336	308	332

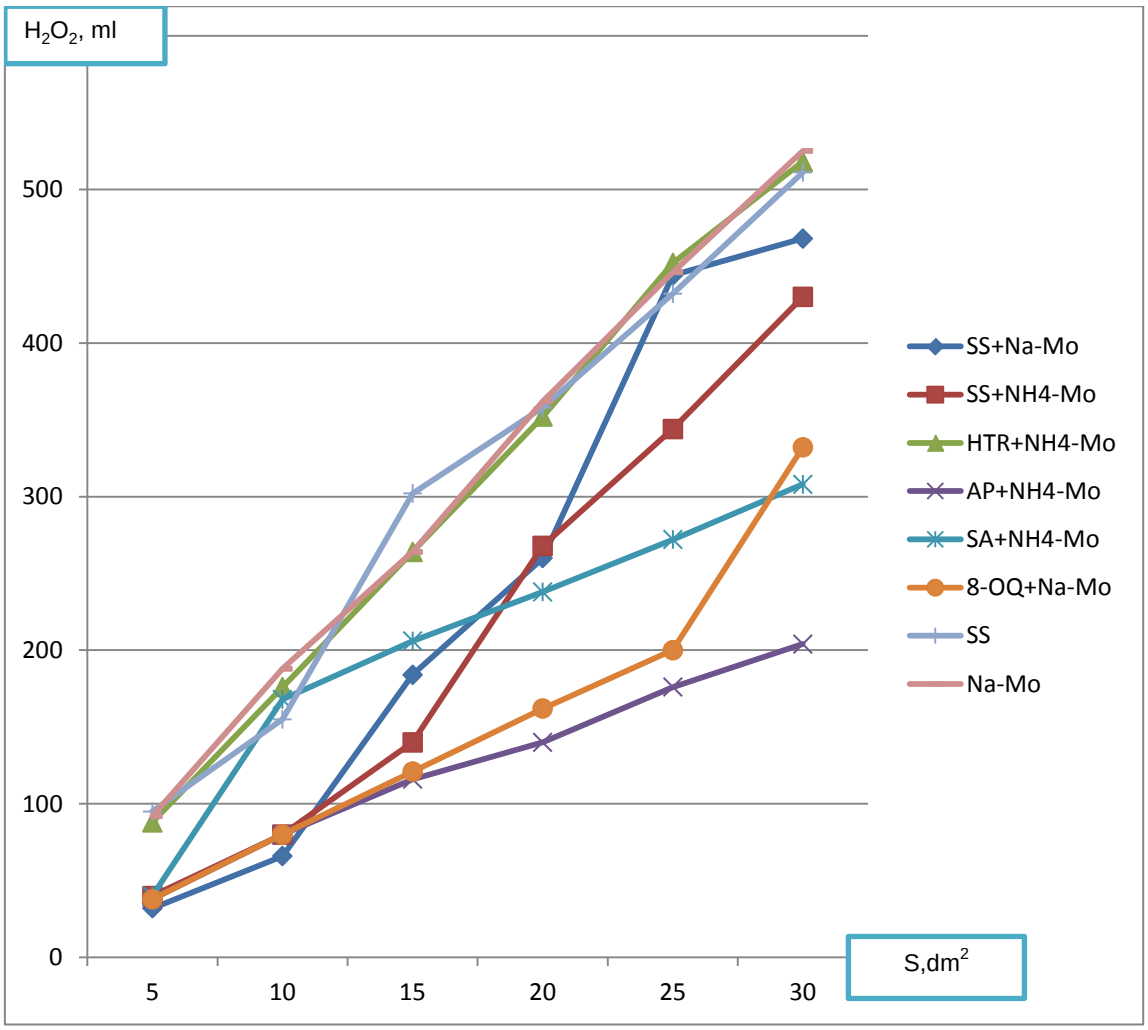


Fig. 2. Dependence on the H_2O_2 consumption from the surface of the dissolved copper

The H_2O_2 consumption during etching process by addition of different stabilizers and accelerants also their mixing shows a correlation with the amount of dissolved copper. Some of the curves represented in the Figure….. are steeper. This suggests that the H_2O_2 consumption is different in the presence of different additives. It is evident that the H_2O_2 consumption is highest in the etchant comprising only accelerant or stabilizer. The combined effect of mixing two different systems – stabilizer and accelerant is studied with the suggestion to exceed the effects of the individual impact of the used stabilizer or accelerant. The mixture of additives comprising accelerant and stabilizer leads to a positive effect to the quantity of the copper dissolution.

The result of the present study shows that between the used additions the higher impact on the copper dissolution and on the acceptable rate of the Hydrogen Peroxide decomposition possess the mixtures of amino pyridine with ammonium molybdate or 8-oxyquinoline with Na-molybdate.

Conclusions

A novel etching solution is developed on the base of H_2O_2 and H_2SO_4.

The increase of the etching rate at higher working temperature is determined. Decomposition of the etching solution is found out at 50°C.

Investigation of the effect of addition of stabilizers and accelerators on the Hydrogen Peroxide dissolution in the etchant is performed.

The results achieved show higher H_2O_2 decomposition in the presence only of the stabilizers or accelerants.

A synergistic effect is achieved using the mixing system composition of a stabilizer and accelerant.

Between the used additives the higher impact on the copper dissolution and on the acceptable rate of the Hydrogen Peroxide decomposition is observed by the system composition of amino pyridine with ammonium molybdate or 8-oxyquinoline with Na-molybdate.

References:

1. Gavrilov, G., Z. Karagiozova, G. Pjuskjulev, Author's certificate, A method for preparing and controlling of Copper etching solution, based on H_2SO_4/H_2O_2, N 66 441, 1984.
2. Carmelo Alderuccio L, Gould Lawrence P, Jones Harold F, Poor John G, Dissolution of metal with acidified hydrogen peroxide and use as copper etchant in manufacture of printed circuits, US 3293093 A, Dec 20, 1966.
3. Murski Kenneth J., Ammoniacal alkaline cupric etchant solution for and method of reducing etchant undercut, US 4319955 A, Mar 16, 1982.
4. King Edwin B., Continuous redox process for dissolving copper, U.S. Pat. No. 3,705,061, 5 Dec 1972.
5. Richardson Hugh W., Charles F. Jordan, Copper etchant solution additives, US 5431776 A, Jul 11, 1995.
6. Carmelo Alderuccio L, Gould Lawrence P, Jones Harold F, Hydrogen peroxide etching of copper in manufacture of printed circuits, US 3269881 A, Aug 30, 1966.
7. Richard Schellinger, Jr., Composition and process for printed circuit etching using a sulfuric acid solution containing hydrogen peroxide, US 4401509 A, Aug 30, 1983.
8. Cakir, O., Copper etching with cupric chloride and regeneration of waste etchant, Journal of Materials Processing Technology, Volume 175, Issues 1–3, 1 June 2006, Pages 63–68.
9. J.O.E. Clark, As an etch rate accelerants the other chemical additives such as monomethanol amine, ethanol, acetonitrile, aceton, dimethyl formamide to CuCl2 etchant are also used, Marconi Rev., 26 (1961), pp. 135–152.
10. Khobotova, E. B., S. D. Gorobels, V. I. Larin, Zashchita Metallov, 23 (1987), pp. 980–982.
11. Goltz Kurt, Etching of copper and copper bearing alloys, US 4859281 A, Aug 22, 1989.

СРАВНЕНИЕ НА ОТМЕСТВАНИЯТА НА ЩАРК НА ЕЛЕКТРОННИТЕ СЪСТОЯНИЯ В НЯКОИ ЕДИНИЧНИ ПРАВОЪГЪЛНИ И НЕПРАВОЪГЪЛНИ (ПАРАБОЛИЧНИ И ЛИНЕЙНИ) КВАНТОВИ ЯМИ: ПРЕСМЯТАНИЯ С МЕТОДА НА СИЛНАТА ВРЪЗКА

Аделина Митева

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: ad.miteva@gmail.com

Ключови думи: *полупроводникови квантови ями, квантово ограничен Щарк ефект, метод на силната връзка, AlGaAs, електронни състояния, електрично поле, квантови ями с променлив химичен състав, параболични и линейни квантови ями*

Резюме*: Пресметнати са електронните и дупчести състояния в полупроводникови квантови ями с постоянен и променлив химичен състав, а именно правоъгълни и параболични, и линейни квантови ями, без и при прилагане на надлъжно постоянно електрично поле. Пресметнати са също и енергиите на основните оптични преходи с и без поле, както и пространствените им разпределения. Целта на работата е да се сравнят пресметнатите квантови ями, които са с еднаква ширина, но с различен концентрационен профил в присъствието на постоянно електрично поле. Направено е сравнение с наличните експериментални данни за такива квантови ями.*

STARK SHIFTS COMPARISON OF ELECTRONIC STATES IN SOME RECTANGULAR AND NON-RECTANGULAR (PARABOLIC AND LINEAR) QUANTUM WELLS: TIGHT BINDING CALCULATIONS

Adelina Miteva

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: ad.miteva@gmail.com

Key words*: semiconductor quantum wells, quantum confined Stark effect, tight binding method, AlGaAs, electronic states, electric field, graded-gap quantum wells, parabolic quantum wells, linear quantum wells*

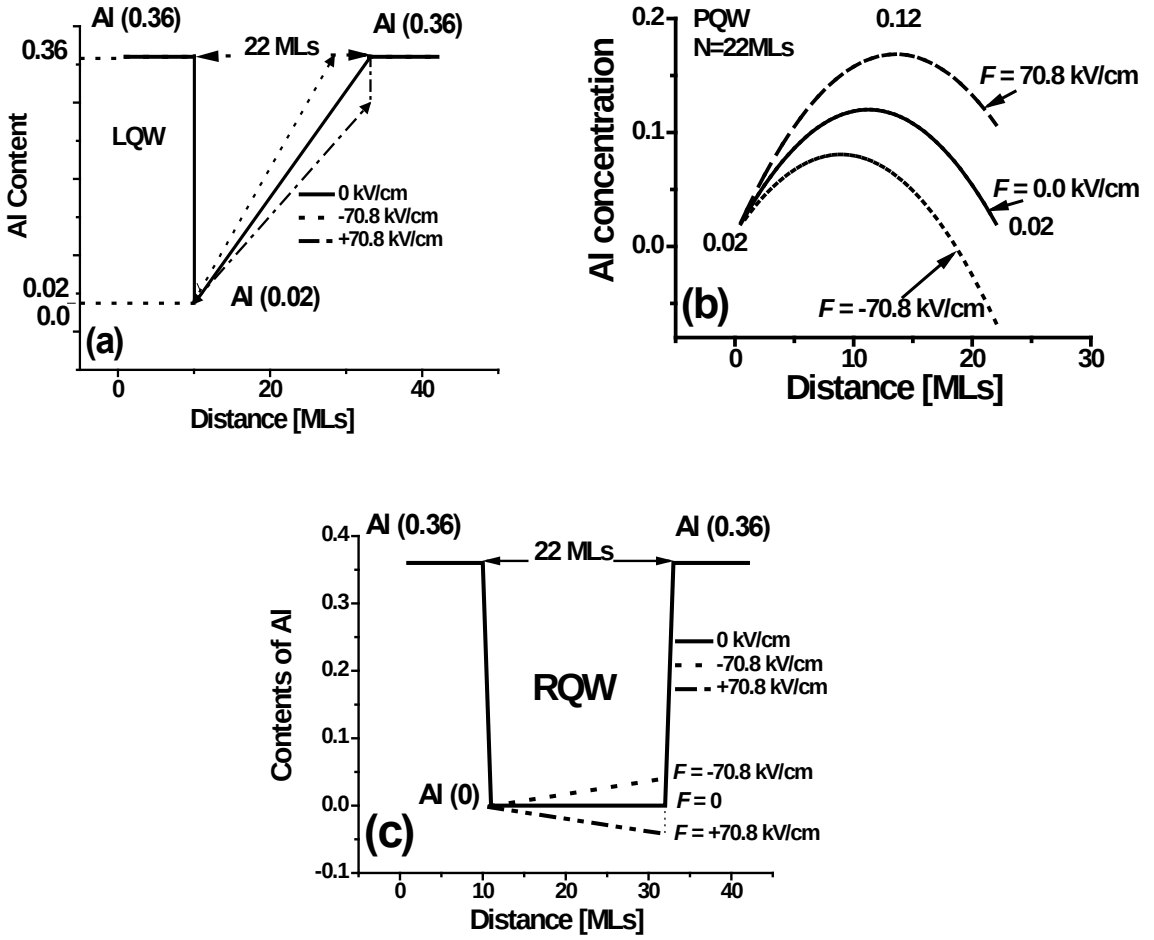
Abstract*: In this paper are calculated electronic and hole states in semiconductor quantum wells with constant and variable chemical composition (graded-gap quantum wells), namely rectangular and parabolic, and linear quantum wells, with and without the application of a longitudinal constant electric field. The energies of the main optical transitions and their spatial distributions are also calculated, with and without the application of electric field. The aim of this work is the comparison of these quantum wells (that are with the same width but with different concentration profiles) in the presence of an electric field. A comparison with the available experimental data for these quantum wells has been made.*

Въведение

Квантово ограниченият Щарк ефект (QCSE) е добре известен във физиката на кондензираната материя, в материалознанието, в електрониката, в технологията и във физиката на полупроводниковите нанохетероструктури [1-3]. Действието на много полупроводникови устройства се основава на този ефект [2,3]. Някои от основните характеристики на Щарк ефекта и основните характеристики на устройствата, базирани на този ефект, са изследвани в различни квантови структури и с помощта на различни експериментални техники и няколко теоретични методи [1-6]. В някои предишни работи, наши и на други автори [7-12], QCSE е изследван в квантови ями с различни правоъгълни и

неправоъгълни концентрационни профили в рамките на полу-емпиричния sp^3s^* метод на силната връзка. Има много работи върху електронните свойства на различни квантови ями с правоъгълни [13-18,7,21], линейни [14,17-19,21,22] и параболични [14,19,20] профили, дължащи се на особените характеристики, които тези квантови структури показват. В настоящата работа, ние извършваме подробно сравнение на QCSE в единични квантови ями, с еднаква ширина, но с различни (правоъгълни, параболични и линейни) профили на концентрацията. За числените пресмятания ние сме прилагали методиката, описана и прилагана в [7-12,21,22]. Обърнато е специално внимание на отразяването на величината на отместванията на Щарк и критичните стойности на електричното поле, които се изчисляват и сравняват в различните видове квантови ями с еднаква ширина. Направено е сравнение и с наличните теоретични и експериментални данни за Щарк ефекта в такива или близки квантови ями.

Модел и метод



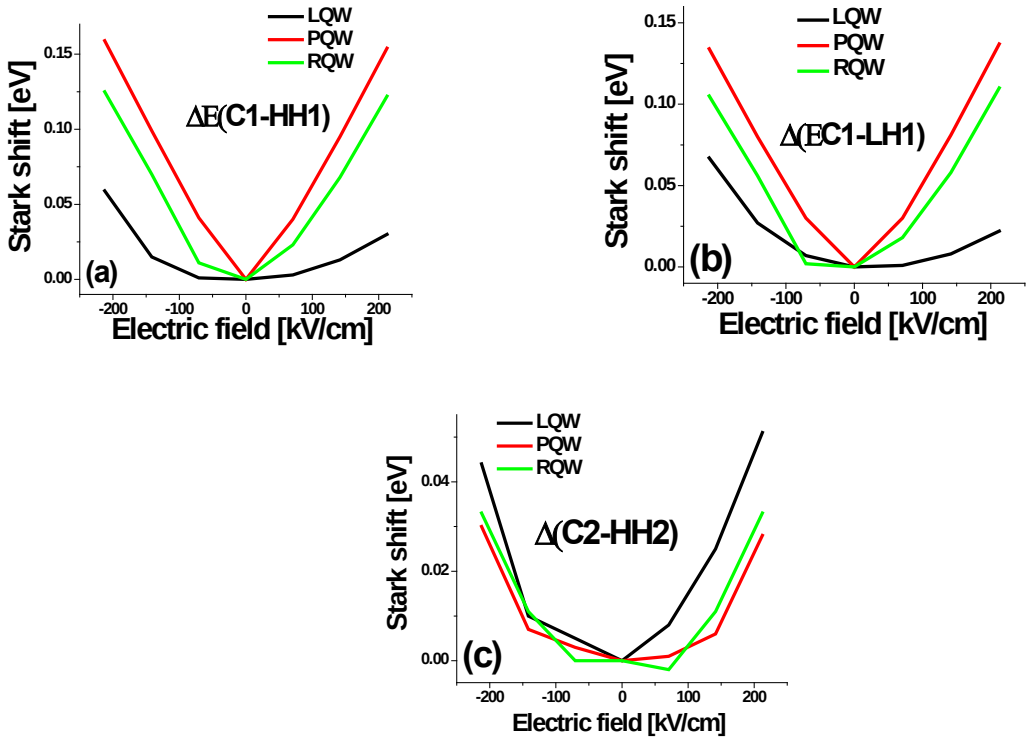
Фиг. 1. Схематична зонна диаграма на профила на концентрацията *x* за QWs с ширина 22 MLs, без и с прилагане на постоянно електрическо поле *F*. Фиг. 1 (a) – LQW; Фиг. 1 (b) – PQW; Фиг. 1 (c) – RQW. С плътна линия е QW без поле *F*. С линия от точки е профилът на QW при прилагане на отрицателно поле. С линия с тирета и точки е профилът на QW при прилагане на положително поле.

В тази работа представяме резултатите от численото пресмятане на единични квантови ями (QWs) от тип $Al_xGa_{1-x}As$, с линеен концентрационен профил (LQW), с параболичен концентрационен профил (PQW) и с правоъгълен концентрационен профил (RQW), при прилагане на постоянно електрично поле *F* успоредно на посоката на кристално израстване z [001]. Концентрацията на Al, *x*, е константа във всеки слой, но зависи от индекса на слоя *n* (който нараства от 1 до N в направлението на растеж). Концентрацията *x* зависи от координатата z, *x*(z), съответно линейно, параболично или не зависи (постоянна е) в съответните QWs. Всички QWs, с един и същ концентрационен профил, са с ширини (N) равни на 11, 22 и 44 монослоя (MLs). Като един монослой е равен на 2.825 x 10^{-10} м, или равен на два атомни слоя. Концентрацията *x* на Al в бариерите $Al_xGa_{1-x}As$ за всички разглеждани ями е

постоянна и равна на 0.36. Т.е. всички бариери са полубезкрайни със състав $Al_{0.36}Ga_{0.64}As$. Концентрацията *x* на Al в областта на самата яма се променя линейно от 0.02 в левия край на ямата до 0.12 в десния край на ямата, съответно за трите разглеждани LQWs. В RQWs *x* е *x*=0. В PQWs *x* се променя параболично от 0.02 в краищата на ямите, т.е. при бариерите, до 0.12 в средата на QW за всичките три изследвани PQWs. На фигура 1 са представени схематично зонните диаграми на профила на концентрацията *x* за QWs с ширина N=22 MLs (виж фиг. 1), без и с прилагане на постоянно електрическо поле *F*. Пресмятанията са направени за температура T = 0 K.

За числените пресмятания сме използвали полуемпиричното приближение на силната връзка (ТВ) и алгоритъма описан в [23-26]. Той дава възможност да се прилага метода на съшиване на Гриновите функции на крайна нехомогенна област (slab) с полубезкрайни хомогенни области [23,24]. Освен това позволява реалистични ТВ пресмятания на електронните състояния в квантови ями с променлив концентрационен профил в присъствие на постоянно електрично поле *F*. Описваме присъствието на външното постоянно електрично поле перпендикулярно на интерфейсите чрез отместване на диагоналните членове на матрицата на емпиричния хамилтониан на силната връзка по оста на кристален растеж в съгласие с линейното изменение на потенциала [24]. Електричното поле сме прилагали между първия и последния монослой на QW в посока на кристалното израстване. В бариерните области във всички QWs електричното поле е равно на нула. За пресмятане на ТВ параметрите на тройната сплав използваме приближението на виртуалния кристал. Навсякъде направлението на кристален растеж е [100]. Пресмятанията са направени за температура T = 0 K.

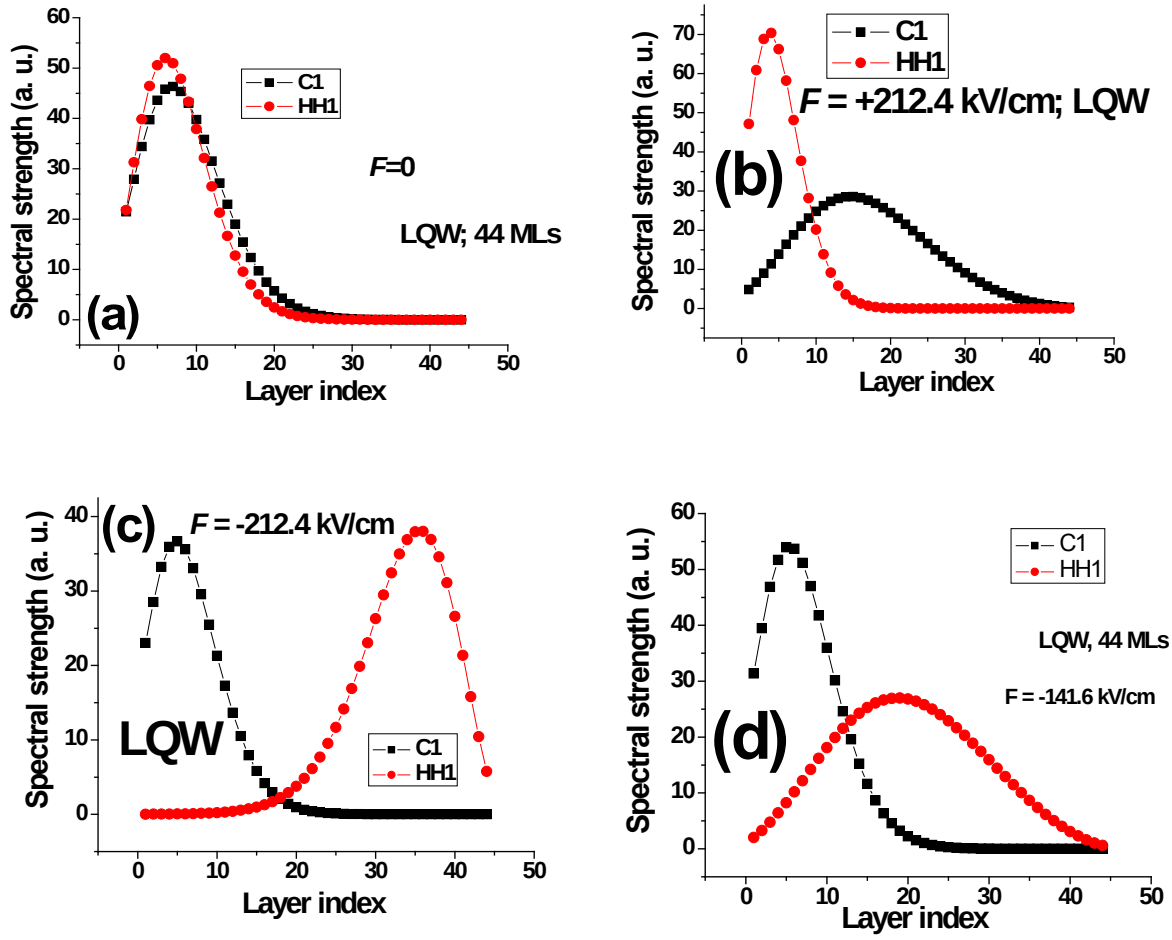
Резултати и дискусия



Фиг. 2. Пресметнатите стойности на отместванията на Щарк за основните оптични енергии на преход E(C1-HH1) – (a), E(C1-LH1) – (b) и E(C2-HH2) – (c) за три от изследваните QWs (LQW – черна линия, RQW – зелена линия и PQW – червена линия; и трите с еднаква ширина от 44 MLs) от приложеното електрично поле.

На фигура 2 са представени резултатите от пресметнатите стойности на отместванията на Щарк (по отношение на стойностите при поле нула) за енергиите на основните оптични преходи ΔE(C1-HH1), ΔE(C1-LH1) и ΔE(C2-HH2) за три от пресметнатите QWs (LQW, RQW и PQW; и трите с ширина N = 44 MLs) от приложеното електрично поле. Забелязва се, че влиянието на електричното поле *F* е еднакво и за трите разглеждани QWs: с нарастване на приложеното

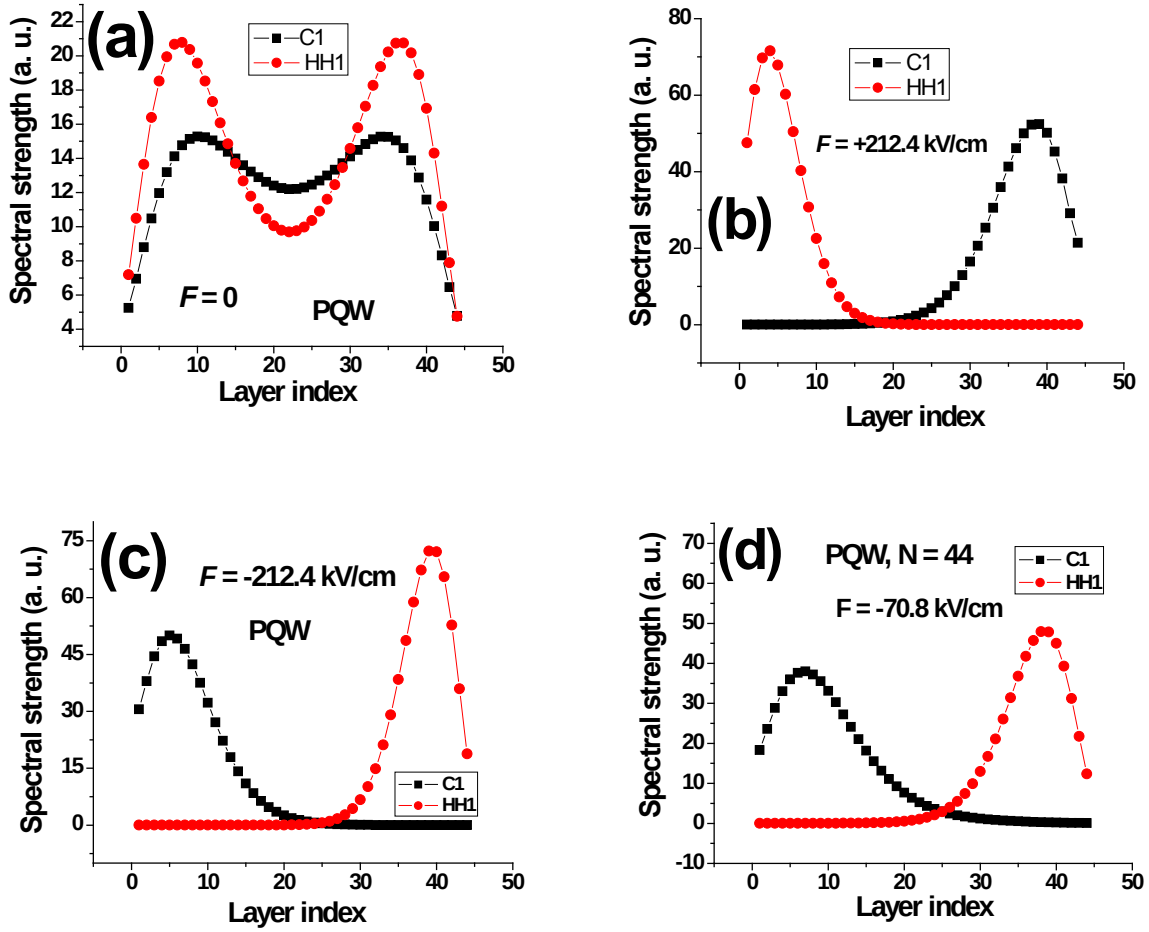
електрично поле отместванията на Щарк на енергиите на преход за трите QWs нарастват по абсолютна величина, но по различен начин в зависимост от концентрационния профил на Al в QW. И за трите QWs: при по-голямо поле нарастването е по-голямо за ΔE(C1-HH1) и ΔE(C1-LH1), отколкото за ΔE(C2-HH2). Нарастването на ΔE(C1-HH1) е по-бързо от това на ΔE(C1-LH1). Отместванията на Щарк за енергиите на преход ΔE(C1-HH1), ΔE(C1-LH1) (виж фиг. 2a и 2b) са най-големи за PQW, а най-малки за LQW. За Щарк отместването на ΔE(C2-HH2) за трите от пресметнатите QWs (LQW, RQW и PQW - виж фиг. 2c) наблюдаваме точно обратната зависимост на показаната на фиг. 2a и 2b, а именно тя намалява по реда съответно LQW, RQW и PQW. С други думи (фиг. 2c), то (Щарк отместването на ΔE(C2-HH2)) е най-силно повлияно от полето *F* в LQW.



Фиг. 3. Пространствените разпределения за LQW (N = 44 MLs) на общата спектрална сила за първите свързани състояния C1 (черни квадрати) и HH1 (червени кръгчета), съответно в зоната на проводимост и във валентната зона без (a) и в присъствието (b, c и d) на постоянно електрическо поле *F*. Полето на фигури (b), (c) и (d) е съответно
F = +212.4 kV/cm; *F* = -212.4 kV/cm и *F* = -141.6 kV/cm.

Ние сме изчислили пространствените разпределения на спектралната сила за всяко състояние в ямата и неговите орбитални компоненти във всички изследвани QWs, без и с приложено *F*. На фигури 3, 4 и 5 са показани пространствените разпределения на общата спектрална сила за първите свързани състояния C1 и HH1, съответно в зоната на проводимост и във валентната зона, без (a) и в присъствието (b, c и d) на постоянно електрическо поле *F* за QWs с N = 44 MLs. Полето на фигури (b) и (c) е максималното прилагано при пресмятанията поле *F*, съответно *F* = +212.4 kV/cm и *F* = -212.4 kV/cm. Полето на фигури (d) е по-малко от максимално прилаганото при пресмятанията поле *F*, и е съответно равно на *F* = -141.6 kV/cm, *F* = -70.8 kV/cm и *F* = -140.8 kV/cm, за съответно фиг.3, 4 и 5. И двете разпределения, на C1 и HH1, за всички изследвани и показани тук QWs (с еднаква ширина), имат пълно припокриване на амплитудите си при поле нула. И двете разпределения, на C1 и HH1, за всички изследвани и

показани тук QWs (с еднаква ширина), имат изместване на амплитудите си в същата посока, в присъствието на електрическо поле, но изместването на параболичната QW (PQW) е най-голямо, отколкото за RQW и за линейната QW (LQW), което е резултат от разликата в профилите им на концентрация. Второто по големина изместване е на RQWs, а най-малко изместване на амплитудите имат LQWs.



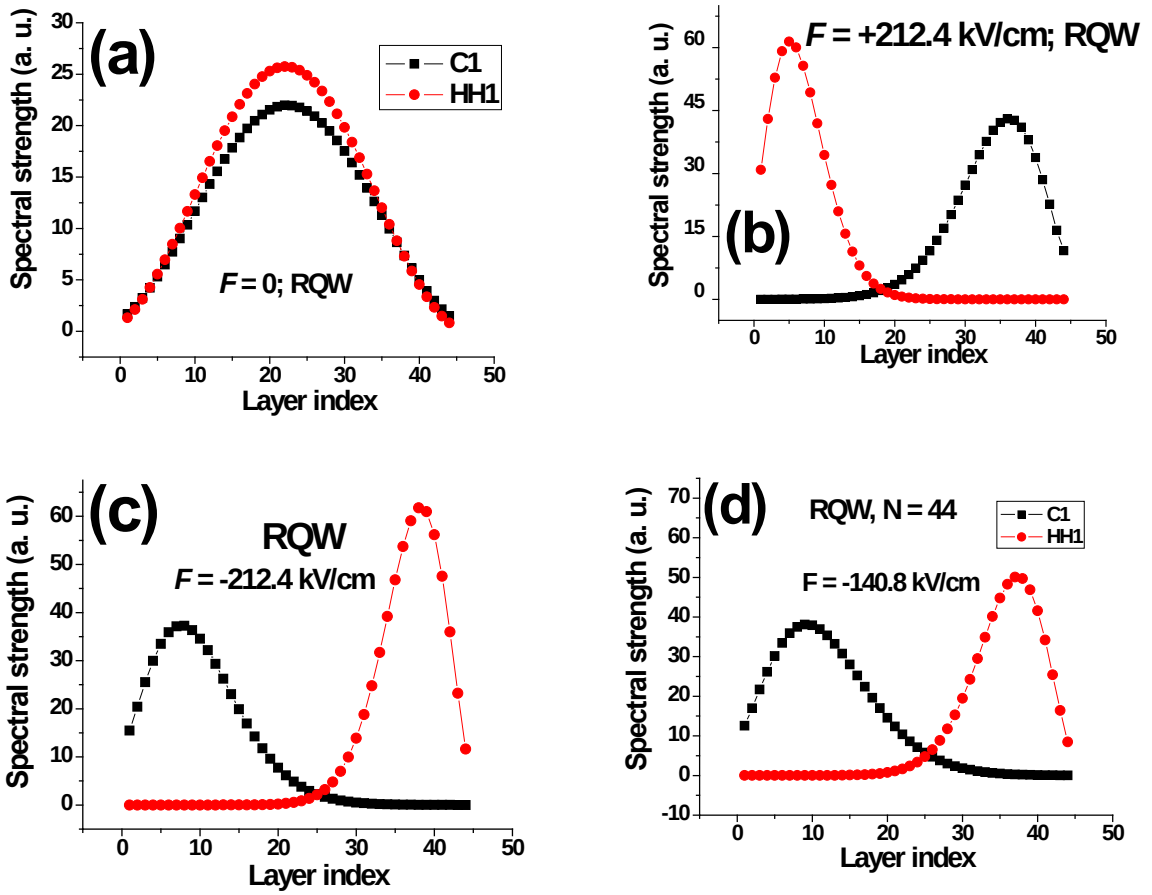
Фиг. 4. Пространствените разпределения за PQW (44 MLs) на общата спектрална сила за първите свързани състояния C1 (черни квадрати) и HH1 (червени кръгчета), съответно в зоната на проводимост и във валентната зона без (a) и в присъствието (b и c) на постоянно електрическо поле *F*. Полето на фигури (b), (c) и (d) е съответно *F* = +212.4 kV/cm, *F* = -212.4 kV/cm и *F* = -70.8 kV/cm.

От фигурите 3, 4 и 5 се вижда, че за QWs с ширини 44 MLs се достига критичната стойност на *F* (виж фиг. 3c, 4b, 4c, 4d, 5b, 5c и 5d). Критичната стойност на електричното поле е тази стойност на *F*, при която интензитетът на оптичния преход клони към нула, поради липса на пространствено припокриване между състоянията. От фиг. 3b се вижда, че за LQW с ширина 44 MLs не се достига критичната стойност на *F*. От фиг. 3d се вижда, че за LQW с ширина 44 MLs не се достига критичната стойност на *F*, при *F* = -141.6 kV/cm.

От нашите пресмятания се вижда, че критичната стойност на *F* се достига най-бързо при PQW, т.е. при 70 kV/cm за PQW нямаме вече припокриване. Докато при това поле, т.е. при 70 kV/cm за RQW и за LQW все още критичната стойност на *F* не се достига, все още имаме частично припокриване на разпределенията за C1 и HH1, което за LQW е значително по-голямо отколкото за RQW. Но от фиг. 5b и 5c се вижда, че за RQW критичната стойност на *F* се достига при по-високи стойности на електричното поле, по сравнение с PQW с ширина 44 MLs. За показаните LQW се установява, че критичната стойност на *F* се достига само за едно от направленията на *F*, като отново стойността на това поле е по-висока от тази за PQW. Но за другото отрицателното (наречено от нас) направление на *F,* имаме за LQW значително припокриване и при *F* = -141.6 kV/cm. LQW, с отрицателното направление на *F*, има най-добри показатели за приборни приложения, ако съдим по припокриванията на показаните състояния.

Отместванията на Щарк, както и критичната стойност на F са основни характеристики за избор на QWs за определени приборни приложения. Желателно е отместванията на Щарк да са големи, като при това има припокриване, защото само при съществуващо припокриване приборът ще работи.

При сравнение на пресметнатите от нас данни за обсъдените горе QWs, с наличните експериментални и теоретични данни за RQWs, PQWs и LQWs с близък състав (виж таблици 1 в [21,22]), се установява добро съответствие. Някои несъответствия могат да се дължат на разликите в профилите на концентрацията и на екситонните ефекти (които не са били взети под внимание).



Фиг. 5. Пространствените разпределения за RQW (44 MLs) на общата спектрална сила за първите свързани състояния C1 (черни квадрати) и HH1 (червени кръгчета), съответно в зоната на проводимост и във валентната зона без (a) и в присъствието (b и c) на постоянно електрическо поле F. Полето на фигури (b), (c) и (d) е съответно F = +212.4 kV/cm, F = -212.4 kV/cm и F = -140.8 kV/cm.

Заключения и бъдеща работа

Пресметнати са енергиите на основните електронни и дупчести състояния в три типа полупроводникови квантови ями с постоянен и с променлив химичен състав, а именно правоъгълни и параболични, и линейни квантови ями, без и при прилагане на надлъжно постоянно електрично поле. Прилагали сме постоянно електрично поле от F = +212.4 kV/cm и до F = -212.4 kV/cm. Изследван е квантово ограничения Щарк ефект в квантови ями от типа $Al_xGa_{1-x}As$ с три ширини (11, 22 и 44 MLs) за всеки тип яма. Пресметнати са също и енергиите на основните оптични преходи с и без поле, както и пространствените им разпределения. Целта на работата е да се сравнят пресметнатите 9 квантови ями, като се сравняват само тези, които са с еднаква ширина, но с различен концентрационен профил без и в присъствието на постоянно електрично поле. Направено е сравнение с наличните експериментални и теоретични данни за такива квантови ями с близък състав. Специално са отразени величината на Щарк отместванията и критичните стойности на електричното поле, които се изчисляват и сравняват в различните видове квантови ями с еднаква ширина. Целта е да се установи кои ями имат по-

добри характеристики на Щарк ефекта, с цел приборни оптоелектронни приложения.

В заключение може да се каже, че подобни като тук пресмятания с метода на силната връзка на квантово ограничения ефект на Щарк в различни QWs с различни концентрационни потенциали помагат да се изучи детайлно влиянието на електричното поле при различни концентрации и интензивности на електричното поле. Това много би помогнало в търсенето на структури с добри показатели на ефекта на Щарк за потенциални приборни приложения или подобряване на вече съществуващите. Това е предмет на бъдеща дейност и такава работа е в ход. Числените пресмятания са в ход и за квантово ограничения Щарк ефект в полупроводникови квантови ями с различен променлив химичен състав (например двойни QWs), което ще позволи да се получи качествена и количествена представа за техните характеристики на Щарк ефекта, с цел търсене на нови приборни приложения.

Литература:

1. Alferov, Z. I., The double heterostructure concept and its applications in physics, electronics and technology, Rev. Mod. Phys., v. 73, 2001, 769-782.
2. Bastard, G., *Wave Mechanics Applied to Semiconductor Heterostructures*, Les Editions de Physique, 1988.
3. Singh, J., *Semiconductor Devices: An Introduction*, McGraw-Hill Inc., 1994.
4. Di Carlo, A., Microscopic theory of nanostructured semiconductor devices: beyond the envelope-function approximation, Semicond. Sci. Technol., v. 18, 2003, R1-R31.
5. Miteva, A., V. Stoyanova, On Some Experimental Studies of the Quantum Confined Stark Effect in Semiconductor Nanostructures, Ninth Scientific Conference with International Participation, SES 2013, Proceedings, 2014, ISSN 1313 – 3888, 530-535.
6. Miteva, A., V. Stoyanova, Quantum-Confined Stark Effect in Semiconductor Nanostructures and Its Device Applications, Ninth Scientific Conference with International Participation, SES 2013, Proceedings, 2014, ISSN 1313 – 3888, 536-541.
7. Vlaev, S. J., A. M. Miteva, D. A. Contreras-Solorio, V. R. Velasco, Stark shift effects in rectangular and graded gap quantum wells *Surf. Sci.* **424**, 1999, 331–339.
8. Vlaev, S. J., A. M. Miteva, D. A. Contreras-Solorio, V. R. Velasco, Stark effect in diffused quantum wells, *Superlattice Microst.* **26**, 1999, 325–332.
9. Miteva, A. M., S. J. Vlaev, V. T. Donchev, L. M. Gaggero-Sager, Quantum confined Stark effect in n-type delta-doped quantum wells, Rev. Mex. Fis. S **53**, 2007, 74–77.
10. Miteva, A. M., S. J. Vlaev, V. Donchev, Stark Effect in p-type Delta-doped Quantum Wells, Progress In Electromagnetics Research Letters, ISSN1937-6480; Vol. 2, 2008, 45-52.
11. Miteva, A. M., S. J. Vlaev, Electric field influence on the electronic states of digital versus analog graded –gap quantum wells, Nanoscience&Nanotechnology, v. 9, eds. E. Balabanova, I. Dragieva, Heron Press, Sofia, 2009, ISSN: 1313-8995, 21-23.
12. Ramírez-Morales, A., J. C. Martínez-Orozco, I. Rodríguez-Vargas, Quantum confined Stark effect in Gaussian quantum wells: A tight-binding studyp In AIP Conference Proceedings, edited by Isaac Hernández-Calderón, and Mohamed Henini, vol. 1598, no. 1, AIP, 2014, 150-153.
13. Polland, H.-J., L. Schultheis, J. Kuhl, E. O. Gobel, C. W. Tu, In: Ultrafast Phenomena (Ed. G. R. Fleming and A. E. Siegmann), Berlin, Springer Verlag, 1986, 234 - 237.
14. Polland, H.-J., L. Schultheis, J. Kuhl, E. O. Gobel, C. W. Tu, Phys. Rev. Lett., 23, 1985, No 23, 2610 - 2613.
15. Chen, W., T. G. Andersson, S. Wang, Jpn. J. Appl. Phys., 33, 1994, No 1B, 896 - 899.
16. Nishi, K., T. Hiroshima, Appl. Phys. Lett., 51, 1987, No 5, 320-322.
17. Ishikawa, T., K. Tada, Jpn. J. Appl. Phys., 28, 1989, No 11, L1982-L1984.
18. Hiroshima, T., K. Nishi, J. Appl. Phys., 62, 1987, No 8, 3360-3365.
19. Ishikawa, T., S. Nishimura, K. Tada, Quantum-confined Stark effect in a parabolic-potential quantum well, Jpn. J. Appl. Phys. 29, 1990, 1466-1473.
20. Chen, W.Q., S. M. Wang, T. G. Andersson, J. Thordson, Phys. Rev. B, 48, 14264, 1993-I.
21. Miteva, A., Electric Field Influence on the Electronic States in Rectangular Quantum Wells, Доклади на БАН /Comptes Rendus de l"Akademie Bulgare des Sciences/, vol. 51, No 9-10, 1998, 69-72.
22. Vlaev, S., A. Miteva, V. Donchev, Electronic states in graded composition quantum wells under a constant electric field, in "Advanced Electronic Technologies and Systems Based on Low-Dimensional Quantum Devices", M. Balkanski and N. Andreev (eds.), 1998, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 55-58 [NATO ASI 3 HIGH TECH 42: 55-58, 1997]
23. García-Moliner, F., V. R. Velasco, Theory of Single and Multiple Interfaces. The Method of Surface Green Function Matching,World Scientific, Singapore, 1993.
24. Vlaev, S., V. R. Velasco, F. García-Moliner, Phys. Rev. B **49**, 1994, 11222–11229.
25. Vogl, P., P. H. Hjalmarson, J. D. Dow, J. Phys. Chem. Solids **44**, 1983, 365–378.
26. M. Graf, P. Vogl, Phys. Rev. B **51**, 1995, 4940–4949.

ИЗСЛЕДВАНЕ НА МИКРОБНАТА ОБСЕМЕНЕНОСТ НА ПРОБИ ИЗЛОЖЕНИ ЗА 30 МЕСЕЦА В ОТКРИТИЯ КОСМОС

Анна Бузекова-Пенкова[1], Юлиян Караджов[1], Яна Евстатиева[2], Диляна Николова[2], Валентин Савов[2]

[1]Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
[2]Катедра Биотехнология, Биологически факултет, СУ "Св. Климент Охридски"
e-mail: a_bouzekova@abv.bg, doctorka@abv.bg

Ключови думи: *алуминиеви сплави, нанодиамант, микробна обсемененост*

Резюме: *В рамките на експеримент "ОБСТАНОВКА", проби от различни материали са изложени в подължение на 30 месеца от външната страна на МКС. Тук, ние докладваме предварителни данни за микробното замърсяване на тези образци.*

INVESTIGATION OF THE MICROBIAL CONTAMINATION OF SAMPLES THAT HAVE BEEN EXPOSED FOR 30 MONTHS IN SPACE

Anna Buzekova-Penkova[1], Julian Karadjov[1], Yana Evstatieva[2], Dilyana Nikolova[2], Valentin Savov[2]

[1]Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
[2]Biotechnology Department, Biological Faculty, Sofia University "St. Kliment Ochridski"
e-mail: a_bouzekova@abv.bg, doctorka@abv.bg

Keywords: *aluminum alloys, nanodiamond, mikrobial contamination*

Abstract: *In the frame of the OBSTANOVKA experiment, samples of different materials were exposed for 30 months to open space conditions on the surface of ISS. Here, we report preliminary data on the microbial contamination of these samples.*

Микробиологията в орбита около Земята

В последните години се забелязва все по-силен научно-практически интерес към микроорганизмите в и върху Международната космическа станция (МКС). Тази „микробиология на околоземна орбита" има няколко аспекта.

На първо място това са микроорганизмите във вътрешността на МКС, които биха могли да влияят негативно на здравето на космонавтите или върху свойствата на различни материали, използвани при направата на МКС и апаратурата в нея. Изключително важно е да се минимизират всички фактори, които биха довели до възможната поява на инфекциозна болест в специфичните условия на МКС [1].

Различни автори са изследвали в наземни условия влиянието на симулирана микрогравитация върху вирулентността на различни микроорганизми. Те установяват, че микрогравитацията влияе различно на различните микроорганизми: тя прави едни по-вирулентни, докато при други микроорганизми тя намалява. Това означава, че земните оценки за вирулентността на един или друг микроорганизъм могат съществено да се променят в условията на орбитален полет [2] .

Възможността за възникване и разпространяване на инфекция винаги е реално, затова редица автори са изследвали микробната обсемененост на повърхностите, праха и въздуха в МКС [3—5]. Микроорганизмите могат да бъдат опасни не само за хората на МКС. Още на космическата станция „Мир" възникват сериозни проблеми, причинени от микроорганизми,

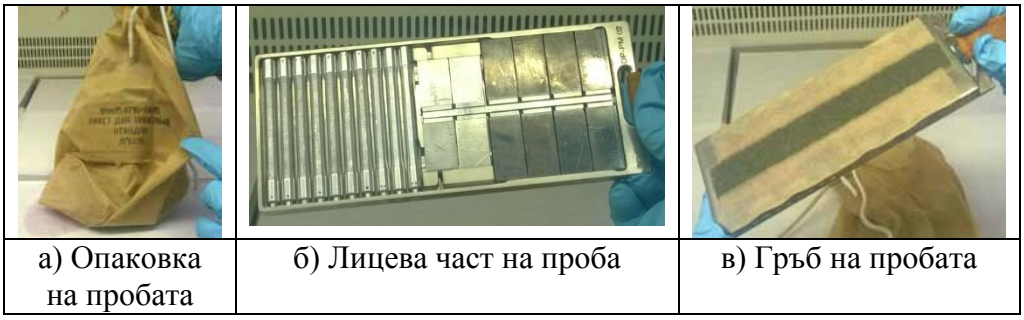
които колонизират повърхността на метали и полимери и водят до опасна корозия и деградация на материалите. Опитът на „Мир“ показва, че, особено при дълги орбитални мисии, е необходима система за постоянен микробиологичен мониторинг, който да предупреждава за потенциален проблем [6]. На МКС е изградена такава система [7, 8].

Има ли микроорганими на външната повърхност на МКС? Намирането на земни морски бактерии там повдига интересни въпроси. Някои автори търсят отговор на въпроса как микроорганизми могат да попаднат там в предложения от тях „йоносферен лифт“ [9]. Предложеното обяснение е само хипотеза, но чрез изследване на ледените късчета, падащи при град, са открити микроорганизми в атмосферата на височина до 40 км [10]. Напълно е възможно микроорганизми да попадат и на много по-голяма височина, включително до орбитата на МКС. Накрая, върху оборудването за космически експерименти, изнасяно на външната повърхност на МКС, ако не са взети специални мерки, присъстват земни микроорганизми. Как им се отразява престоят във вакуум, силните колебания на температурата и космическата радиация, са въпроси търсещи все още отговори.

В рамките на експеримент “ОБСТАНОВКА” на външната страна на МКС бе монтиран блок ДП-ПМ, съдържащ образци от алуминиева сплав с добавка на Волфрам и нанодиамант, както и други образци, покрити със стъкловъглерод. Тези проби и техният контейнер бяха изложени на космически условия в течение на 30 месеца. Тук ние докладваме предварителни данни за микробното замърсяване на тези проби.

Вземане на проби за микробна обсемененост

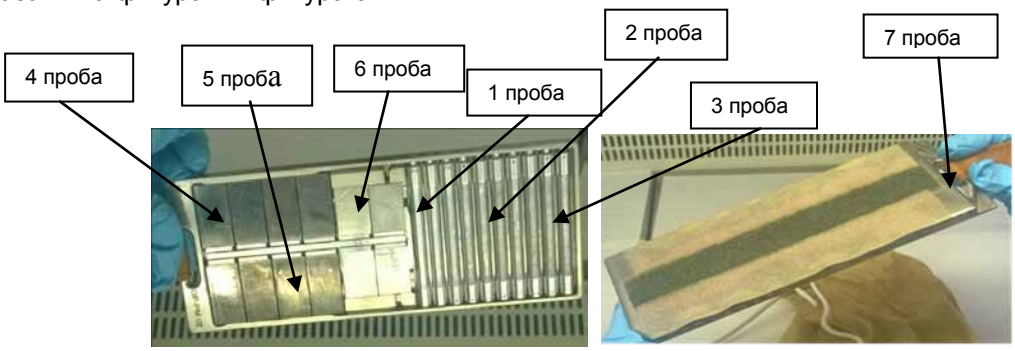
Отварянето на херметичния контейнер и изваждането на блока е осъществено в стерилни условия. (фигура 1 а, б и в).



а) Опаковка на пробата	б) Лицева част на проба	в) Гръб на пробата

Фиг. 1

Вземане на проби за анализ - 7 броя проби за микробна обсемененост от местата показани на фигура 2 и фигура 3.



Фиг. 2 Фиг. 3

Места, откъдето са взети пробите за микробиологичен анализ:

Проба 1– от първата ламела на изследваната пластина (от т. нар. цилиндричен образец);
Проба 2 – от петата ламела на изследваната пластина;
Проба 3 - от деветата ламела на изследваната пластина;
Проба 4 - от първия черен плосък образец;
Проба 5 - от седмия черен плосък образец;

Проба 6 - от първия плосък образец от Al сплав;
Проба 7- от гърба на пластината в близост до велкрото;
Проба 8 - от ухото на пластината.

Използваните по-нататък методи за микробиологичен анализ и хранителните среди са стандартни и са описани в литературата [11—14]

Микробиологични изследвания на взетите проби

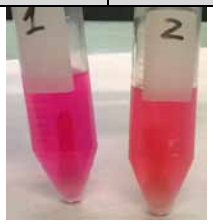
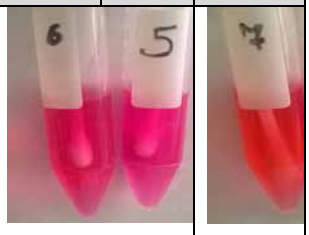
Изследване за набогатяване на течна хранителна среда и върху твърди хранителни среди.

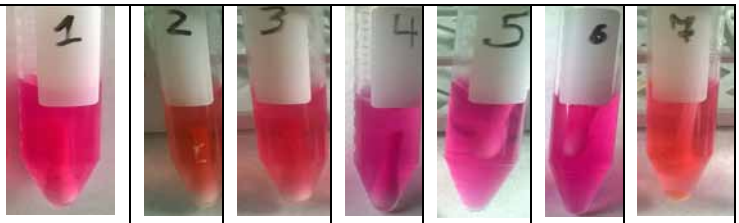
Извършени са натривки със стерилен овлажнен тампон, които са внесени в богата течна хранителна среда DMEM (без антибиотик) и са инкубирани при 30°C. През 24 часа в продължение на 14 денонощия е отчитано изменението в мътността и оцветяването на средите (фиг. 4). установено е, че при проба 7 още на 48-ми час се наблюдава помътняване на средата с изменение на оцветяването, а на 120-я час помътняване с формиране на утайка и изменение в оцветяването се наблюдава и при проби 2 и 3.

Успоредно за всяка една от позициите са извършени натривки със стерилен овлажнен тампон и са инокулирани повърхностно на три вида хранителни среди в две повторения с цел развитие на микроорганизми от групата на плесените (КДА), дрождите и актиномицетите (МЕА) и бактериите (МПА). Пробите са инкубирани при два различни температурни режима – при 30°C и 15°C, с цел развитие на предполагаема психрофилна или мезофилна микрофлора. На определени часове е отчетено наличието или отсъствието на растеж от изследваните проби при двата температурни режима за период от 14 дни.

Установено е, че при 15°C за период от 14 дни при всички варианти на твърди хранителни среди не се наблюдава развитие на микроорганизми. При температурен режим 30°C върху твърди хранителни среди повърхностно развитие на колонии е отчетено само при проба 7 на среда МЕА, подходяща за развитие на дрожди и някои актиномицети. Получените резултати са показани на фигура 4.

Обобщено за изследваните позиции е установено развитие на микрофлора в проби 2, 3 и 7 на течна среда при 30°C и в проба 7 на твърда среда МЕА при 30°C.

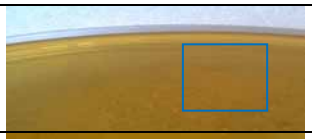
час	**Инкубиране на среда DMEM (без антибиотик) при 30°C**						
0 час (вземане на пробите)	 Проби от 1 до 7						
48 час							
резултат	-	-	-	-	-	-	+/-
120 час							
резултат	-	+	+	-	-	-	+

192 час							
резултат	-	+	+	-	-	-	+
14 ден	Аналогични резултати						
резултат	При проби 2, 3 и 7 се наблюдава помътняване на средата, формиране на утайка и промяна в оцветяването.						

Фиг. 4

На фигура 4 са показани резултати от изследване на пробите в течна среда DMEM при 30°C, като:

- отсъствие на растеж; **+/-** минимален растеж с лека промяна на цвета на средата; **+** наличие на растеж с утайка на дъното на епруветките.

час	**Проби на различни типове твърди хранителни среди**			
	КДА	МПА	МЕА	
48 час.	-	-	Проба 7 +	
120 час.	-	-	Проба 7 +	
192 час.	-	-	Проба 7 +	
14 ден	Аналогичен резултат			
резултат	Само при проба 7 се наблюдава развитие на колонии на среда МЕА.			

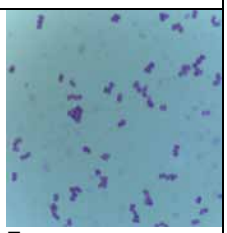
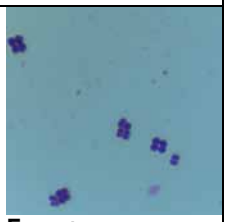
Фиг. 5

На фигура 5 са показани резултати от изследваните проби на твърди хранителни среди при 30°C.

Изследване на проби 2, 3 и 7, набогатени в течна хранителната среда и охарактеризирането им по Грам.

От проби 2, 3 и 7, в които има развитие на микроорганизми (помътняване и формиране на утайка) са заложени серия от експерименти с щрихов посев на твърди хранителни среди и култивиране при 30°C. Резултатите от култивирането на пробите върху твърди хранителни среди са отчитани на всеки 72 часа в рамките на 10 дни. При всяка от пробите се наблюдава развитие на хомогенни колонии само на среда МПА. Успоредно са направени свежи и трайни, оцветени по Грам микроскопски препарати на трите проби с развитие на микроорганизми. Получените резултати са представени на фигура 6.

И при трите проби, изследвани с този метод (2, 3 и 7), се наблюдава развитие на среда МПА, подходяща за развитието на бактериални култури. Въз основа на микроскопските препарати може да се посочи, че в трите проби са изолирани три различни бактериални култури – две коковидни и една пръчковидна Грам + бактерии.

Изследва-на проба	Растеж на твърда хранителна среда	Свежи микроскопски препарати	Оцветяване по Грам
Проба 2	 Развитие на среда МПА	 Хомогенна култура от коковидни (сферични) клетки, предимно групирани по двойки.	 **Грам+**
Проба 3	 Развитие на среда МПА	 Хомогенна култура от летки с пръчковидна форма (средни до дълги пръчици), подвижни.	 **Грам+**
Проба 7	 Развитие на среда МПА	 Хомогенна култура от коковидни (сферични) клетки, групирани основно по четворки.	 **Грам+**

Фиг. 6

На фигура 6 са показани макро- и микроскопски характеристики на развитите микробни култури от проби 2, 3 и 7 набогатени в течна хранителната среда.

Предоставената проба за изследване от МКС и съответните торби за съхранение, според стандартната процедура, бяха стерилизирани чрез автоклавиране с цел унищожаване на съществуващата микрофлора в продължение на 1,5 часа при температура 121°C±2. Така стерилизирана проба бе предадена от екипа от БАН за по-нататъшните структурни и механични изпитания на изложените в космоса образци, които ще бъдат предмет на други публикации.

Изводи и препоръки:

Така направените биологични изследвания водят до следния извод: Неспецифичните условия на развитие на изолатите и микроскопските морфологични характеристики на микроорганизмите в проби 2, 3 и 7 предполагат по-скоро случайно и неспецифично контаминиране на цялостната проба в процеса на прехвърляне, идентификация и обработка след доставяне от МКС. Основна причина за това е фактът, че при подготовката на блок ДП-ПМ все още нямаше условие процедурата за качване и сваляне на блока да е съобразена с възможността за микробиологично изследване на образците.

МКС дава уникалната възможност изнасянето и излагането на оборудване на повърхността на станцията да се използва, освен за основната му задача, и като „контейнер“ за неизбежните по повърхността му земни микроорганизми. Затова е целесъобразно в ИКИТ-БАН процедурите за изнасяне и внасяне на оборудване в космоса да осигуряват тази възможност. За тази цел оборудването би трябвало да се транспортира до орбита и до космоса по такъв начин, така че да е изолирано от атмосферата на МКС; след сваляне от повърхността на МКС, преди да се внесе в МКС, то трябва отново да се изолира – до момента на отваряне от квалифицирани микробиолози. По този начин лесно би могло да се изследва какво става с различни земни микроорганизми, изложени на екстремалните условия на космоса.

Литература:

1. Klaus, D. M. and Howard, H. N., Antibiotic efficacy and microbial virulence during space flight, Trends in Biotechnology, 2006, 24 (3), pp. 131–136
2. Rosenzweig JA, Ahmed S, Eunson J Jr, Chopra AK, Low-shear force associated with modeled microgravity and spaceflight does not similarly impact the virulence of notable bacterial pathogens, Appl Microbiol Biotechnol. 2014, 98(21): 8797-807.
3. Checinska A, Probst AJ, Vaishampayan P, White JR, Kumar D, Stepanov VG, Fox GE, Nilsson HR, Pierson DL, Perry J, Venkateswaran K, Microbiomes of the dust particles collected from the International Space Station and Spacecraft Assembly Facilities, Microbiome. 2015; 3:50.
4. Mora M, Perras A, Alekhova TA, Wink L, Krause R, Aleksandrova A, Novozhilova T, Moissl-Eichinger C, Resilient microorganisms in dust samples of the International Space Station-survival of the adaptation specialists, Microbiome. 2016, 20; 4(1):65.
5. Knox BP, Blachowicz A, Palmer JM, Romsdahl J, Huttenlocher A, Wang CC, Keller NP, Venkateswaran K, Characterization of Aspergillus fumigatus Isolates from Air and Surfaces of the International Space Station, mSphere. 2016; 1(5). pp. e00227-16.
6. Klintworth, R. and Reher, H. J., Biological induced corrosion of materials II: New test methods and experiences from Mir station, Acta Astronautica, 1999, 44(7-12):569-78.
7. Gunter, D., Flores, G., Effinger, M., Maule, J., Wainwright, N., Steele, A., Damon, M., Wells, M., Williams, S., Morris, H. and Monaco, L., Rapid Monitoring of Bacteria and Fungi aboard the International Space Station (ISS), NASA Technical Reports Server (NTRS), 2009, http://naca.larc.nasa.gov/search.jsp?R=20090017684&qs=N%3D4294950110%2B4294848119
8. Project MERCCURI, NASA, http://spacemicrobes.org/
9. Сыроешкин, А. В., Т. В. Гребенникова, В. Б. Лапшин, А. Г.Южаков, Г. В. Садыкова, О. С. Цыганков, Е.В.Шубралова, В.А.Шувалов, М.А. Морозова, М.А. Чичаева, А.В. Головко, Бактерии Мирового океана и суши Земли в космической пыли на международной космической станции: панспермия или йоносферны „лифт“, гелиогеофизические исследования выпуск 5, 2013, Исследования средней и верхней атмосферы, взаимодействия геосфер, 124 – 132, УДК 550.47
10. Tina Šantl-Temkiv, Kai Finster, Thorsten Dittmar, Bjarne Munk Hansen, Runar Thyrhaug, Niels Woetmann Nielsen, Ulrich Gosewinkel Karlson, Hailstones: a window into the microbial and chemical inventory of a storm cloud, 2013, PloS one, Volume 8, Issue 1, Pages e53550
11. Estatieva, Y., Nikolova D., Teofilova P., Ilieva S., Savov V., Characterization of Enzyme Endoxylanase Produced by Mutants Strains of Aspergillus Awamori K-1, Biotechnolody & Biotechnological Eguipment, 23: sup1, 914-918
12. Estatieva, Y., Nikolova D., Ilieva S., Getov L., Savov V., Identification and Characterization of α- Amylase and Endoxylanase, Produced by Aspergillus Mutant Strains, Biotechnolody & Biotechnological Eguipment, 24: sup1, 613-617
13. Bratkova, S., Nikolova D., Evstatieva Y., Dimitrov I., Nikolova K., Analysis of rfizospheric bacterial community in soils affected by the formation of calcrete, Journal of Geochemical Exploration, pp. 44-50
14. Georgieva, T., Nikolova D., Estatieva Y., Licheva Ts., Savov V., Growth characteristics of pseudomonas putida strains and effect of humic substances on cell density during batch cultivation, Bulgarian Journal of Agricultural Science, 2014, pp. 82-86

ВЪРХУ НЯКОИ АСПЕКТИ НА НАНОИНФОРМАТИКАТА. ОСНОВНИ ИЗИСКВАНИЯ.

Мила Илиева – Обретенова

МГУ „Св. Иван Рилски", София
e-mail: milailieva@abv.bg

Ключови думи: *наноинформатика, нанотехнология, наноматериали,*

ON SOME NANOINFORMATICS ASPECTS. BASIC REQUIREMENTS.

Mila ILieva-Obretenova

University if Mining and Geology 'St. I. Rilski", Sofia
e-mail: milailieva@abv.bg

Key words: *nanoinformatics, nanotechnology, nanomaterials.*

Abstract*: Nanoinformatics is a mathematical science, which represents preparation for transfer and management of nanothechnology results in big data bases. This newly developed research area consider standardization and srtucturibng df nanotechnology data. The final development of nanoinformasion will support the creation of unified register for nanomaterilas and legislation for nanotechnologies in EU.*

Въведение

Наноинформатиката е математическа наука, която представлява подготовка за прехвърлянето на резултати от изследвания в областта на нанотехнологиите в големи бази данни.

Крайната цел е да се помогне на изследователите да придобият ново познание в сферата на човешкото здраве и околната среда. В списание по нанотехнология [2] учените дискутират стандартизирането на подреждането и структурирането на данните от областта на нанотехнологиите.

В статията си Кристиян Хендрен и съавтори [3] казват: "Ако ние се стремим да придвижим наноинформатиката напред, трябва да постигнем съгласие какви изследвания ще са необходими, кои свойства ще се измерват и кои данни ще се докладват". Предложената стратегия използва функционален анализ – с относително прости тестове, които се провеждат в стандартизираната, много добре описана околна среда, за да може да се измери поведението на наноматериала в естествени условия.

В последно време, обществото изследователи в областта на наноматериалите се опитва да използва измерените им свойства, за да прогнозира резултатите. Например, частици с какъв размер и какъв състав най-вероятно биха причинили заболяване от рак? Но, оказва се този въпрос е твърде сложен, за да му се намери понастоящем еднозначен отговор.

Националният научноизследователски съвет (NRC) за проучване на наноматериалите в САЩ и Групата за нанобезопасност към Европейския съюз, концентрират своето внимание относно влиянието им върху околната среда, здравето и риска.

Примери на проекти за специално финансирани хранилища за съхранение на данни включват: Международният регистър за наноматериали в САЩ [4], Националният онкологичен институт (NCI) [5] и Лабораторията за охарактеризиране на наноматериалите.

В Националния онкологичен институт се изпълнява Националната програма за ракова информатика (NCIP) с работна група по нанотехнологии (NanoWG) за научните работници,

проявяващи особен интерес в сферата на наноинформатиката и компютърните подходи. В допълнение на това, групата разработва и публикува стандарти за обмен на данни [6].

Изграждане на ефективни подходи в наноинформатиката

Структурирането на наноданните се определя като активно и текущо управление по време на целия им жизнен цикъл в интерес на науката, обучението, ерудицията. Дейностите по структурирането позволяват откриването и възстановяването на данни, поддържането на качество, прибавянето на стойности и осигуряването на повторната им употреба във времето. Способи като този, посочен по-горе, които се развиват с цел да се организират и анализират данни за наноматериалите, представляват усилия, които могат да се различават в широки граници по отношение на обхвата им, променящи се цели и етапи на развитие. Въпреки тези еднопосочни аспекти, едно сходство е присъщо на всички ресурси на наноинформатиката и това е, че данните трябва да бъдат подложени на структуриране в рамките на тези ресурси.

Тази посока на развитие на наноинформатиката, се очертава особено добре в проекта NDCI – Инициативата за структуриране на данни за наноматериалите в САЩ. Той си поставя задачите: 1. Да представи и даде оценка за състоянието на структурирането на данни за нановеществата в контекста на множеството резултати за тях и 2. Да се обърне внимание на детайлите от интерактивни изисквания и работни потоци за потребителите, създателите и анализаторите на тези данни.

Конкретните цели на проекта NDCI включват:

- Да се покаже моментното състояние на текущите практики и последици от структурирането на данни за наноматериали.
- Да се разработят стандарти за структурирането.
- Да се улесни сътрудничеството между научни работници и практиката, които използват общи набори от данни за трансгранична дейност. Например, при прилагането на данни от една академична институция в разработката на нанотехнологичен продукт от индустрията.

Структурирането на научни данни представлява съществен интерес за изследователската работа върху наноматериалите и свързаните с нея групи по наноинформатика. Методите, протоколите и параметрите,водещи до генерация на данни в тази млада област от науката се развиват паралелно с резултатите, които характеризират новите наноматериали, тяхното действие и потенциални въздействия. Бурното развитие на научните инвестиции в рамките на общността дава възможност да се установи интерактивна обратна връзка между отраслите и секторите, необходима, за да се отговори на по-големи предизвикателства, свързани с комерсиализирането на нанотехнологиите. Общността, работеща в областта на наноинформатиката, може да помогне за намаляване на времето за придвижването на нанопродукта от разработката му до пазара и да намали страничните негативни въздействия на нанотехнологиите, позволяващи образуването на свободни наночастици.

В таблица 1 са показни теми и подтеми, свързани с информационни подходи при структурирането на данни за наноматериали.

Табл. 1. Основни въпроси при структуриране в проекта NDCI

Подтеми	Планирани акценти
1. Работни потоци при структурира -нето	Разглеждат се аспектите на работните потоци, като например протоколите за структуриране при консумиране на данни от първоначалните литературни източници, а също и при трансфер на данни между хранилищата или между клиенти и потребители. Обсъждат се механизмите за първоначалното структуриране на данните в хранилищата и оперативно съвместимото споделяне на ресурсите. Прякото сравнение на официално документирани и/или неформално институционализирани протоколи на структуриране ще предоставят ясна основа и ще конкретизират дискусията върху следващите стъпки за стандартизиране на протоколите.
2. Количество и качество на данните.	Количеството на данните е мярка за данните в първоначален вид, опитните данни, обработените и извлечените от хранилищата. Високото качество на данните все още се среща рядко или „ненапълно". Тази подтема обхваща въпросите: прецизност, грешка, достатъчност на методичните данни за възпроизводство. Могат ли да се сравняват резултатите от базата данни с тези от първичната литература?
3. Междинни данни.	Начинът, по който се борави с междинните данни в рамките на една база данни и в обсега на записите е от решаващо значение за всяка тема при структурирането на нанотехнологичните данни. Например, охарактеризирането на околната среда и по-специално на биологичната среда е от решаващо значение при интерпретацията и сравняването на данните. Временните междинни данни също са ключови.

Тук се поставя въпросът за структуриране на съпътстващите биологични данни, паралелно с тези на наноматериалите. Специално внимание е необходимо да се отдели и на новите нанопродукти и тяхната специфична употреба.

В таблица 2 е направен опит да се разгледа интегрирането на масиви от данни между организации с по-специфични и такива с по-общи сфери на дейност:

Табл. 2. Интегриране на масиви от данни, между организации с различни сфери на дейност

Институция, организация, проект	Обхват на работа за структуриране на данни
1. DANA – данни наноматериали.	DANA е акроним на Данни Наноматериали, но по-често се среща като база данни на Познанието за наноматериалите. Важна е оценката на различните аспекти за безопасността на наноматериалите. Необходимо е да се събират не само случайни данни, но преди всичко – научно доказано знание.
2. Нанотехнологии Потребители Продукти Инвентаризация (CPI)	Програмата за инвентаризация на нанотехнологични продукти за потребление (CPI) е разработена през 2005 г. от Научния център Woodrow Wilson International Center of Scholars и представлява най-подробният и пълен списък на продукти за потребление, които съдържат наноматериали. Дава съвременна и точна информация за потребителските продукти, които спомагат за образуването на наночастици и наноматериалите, които се съдържат в тях.
3. CEINTNIKC Център за екологични последици от нанотехнологиите. Знания по наноинформатика за общо ползване	Фокусират се върху сложните екологични взаимодействия, трансформациите и въздействията върху биологичния континуум , включващи широкомащабни мерки за запазване на екосистемата. Главните научни цели при интегрирането на данни са: 1. Да се използват взаимодействията между механизмите за свойствата на материал и система и техните комбинирани ефекти върху съдбата на наноматериалите и въздействието им върху околната среда; 2. Така да се организират данните, че да показват насочваща посока за лицата, които оценяват риска. Предлагат да се изгради киберструктура, която улавя данните по начин, който позволява тяхната възпроизводимост и контрол на качеството. Да се разработят подходящи инструменти, за да могат учените да структурират своите данни и да ги сравняват с други бази.

Институция, организация, проект	Обхват на работа за структуриране на данни
4. Nanosifter (наносито) Университет в Юта	Целта на проекта Nanosifter е да създаде средство за обработка на естествен език (естествен лингвистичен продукт NLP), който да извлича данните за наночастиците и свойствата им директно от първичната литература. Понастоящем могат да се извличат данни за хидродинамичния диаметър, диаметъра на частицата, молекулното тегло, зета-потенциала, цитотоксичността, жизнеспособността на клетката, ефективността от капсулиране, зареждане и трансфекция. Планира се разширяване на информацията, като Nanosifter може да извлича данни, като се увеличава прецизността и обновяването на този инструмент.

Казаното до тук за наноинформатиката поставя въпроса за връзката й със законодателството за нанотехнологиите. В редица европейски страни, включително и в България, няма регистър на наноматериалите. В ЕС работи група по нанобезопасност, но не е създадено единно законодателство за нанотехнологиите [1]. Окончателното разработване на наноинформатиката ще подпомогне тези процеси.

Заключение

В новопоявилата се научна област наноинформатика се разглежда стандартизирането и структурирането на данните от областта на нанотехнологиите. Изследователите, разработващи нови наноматериали се опитват да използват измерените им свойства, за да прогнозират резултатите.

Разгледан е проект на работна група по нанотехнологии към програмата за онкологична информатика в САЩ. Друг проект – Инициатива за структуриране на данните за наноматериалите, разработван от Националния институт за нанотехнологии, разглежда детайлно проблемите при структурирането им.

Разработването на наноинформатиката като нова наука в сферата на човешкото здраве, околната среда и оценка на риска, ще подпомогне създаването на единен регистър за наноматериалите и законодателство за нанотехнологиите в ЕС.

Литература:

1. Коцилков, С. Нанотехнологиите – предизвикателство в европейското законодателство. Сп. Наука, кн.2/2016, т.1.
2. Beilsten Journal of Nanotechnology “The Nanomaterial Data Curation Initiative: A collaborative approach to assessing, evaluating and advancing the state of the field”, 10 August, 2015.
3. Hendren, K, et al., A functional assang-based strategy for nanomaterial risk forecasting”,J, Science of the Total Environment, July 16, 2015.
4. /http://www.nanomaterilsregistry.org/
5. /http://mcl.cancer.gov/
6. /ISA-TAB-Nano; ASTM International E2909-13/
7. http://www.nanopartikel.info/fields/methadik/Dana-literature-Criteria-Checklist.Metodology.pdf/